

# XI ENCUENTRO DE ECONOMÍA APLICADA

## Salamanca (5, 6 y 7 de junio de 2007)

### *“Análisis de la productividad a través de estadísticos de rangos. Aplicación al caso de los servicios”*

**AUTOR:** MAROTO SÁNCHEZ, ANDRÉS (\*)

#### **RESUMEN:**

La productividad está presente en la actualidad en casi cualquier debate de ámbito académico o político-económico, por la importancia que tiene en el desarrollo de las economías modernas a largo plazo. En este sentido, el diferencial de productividad entre los países europeos, y en especial, la economía española, con respecto a EE.UU. es uno de los temas más analizados en los últimos años.

Por esta razón, este trabajo presenta dos aplicaciones a través de estadísticos de rangos ordinales para evaluar el comportamiento intertemporal de la productividad, utilizando índices derivados de modelos DEA. El objetivo es, por un lado, analizar, con confianza y robustez estadística, la evolución de la productividad a nivel internacional. Segundo, establecer criterios no paramétricos para obtener inferencia estadística en dicho análisis y así poder estudiar la evolución intertemporal y las diferencias individuales dentro de la muestra escogida.

Para ello se utilizarán técnicas de inferencia estadística o evaluación continua, basados en aplicaciones DEA, a través de estadísticos de rangos. Igualmente, y como complemento a dicho método, en el trabajo también se incluyen contrastes de Friedman y Kruskal-Wallis.

Estas técnicas se aplican al caso del sector servicios, que contabiliza entre el 60 y el 70 por 100 de la actividad económica de cualquier economía desarrollada en nuestros días. Para ello, se utilizan datos sobre el comportamiento macroeconómico de una muestra de países de la OCDE durante el período 1980-2003. Los resultados de dicha aplicación serán contrastados con los análisis anteriores en este campo de reciente introducción en la literatura económica.

#### **PALABRAS CLAVE:**

Productividad, Estadísticos de rangos, Análisis intertemporal, DEA, Índices macroeconómicos, Sector servicios

**CLASIFICACIÓN JEL:** O11, O47, C14, C61, L80

---

(\*) Profesor Visitante de la Universidad Autónoma de Madrid e investigador del Instituto de Análisis Económico y Social –SERVILAB–.

Plaza de la Victoria, 2; 28802 Alcalá de Henares (Madrid)

Tfo: 918855225

Fax: 918855211

E-mail: andres.maroto@uah.es

## **Introducción.**

Desde la introducción de los primeros modelos de Análisis Envolvente de Datos (DEA) (Charnes, Cooper y Rhodes, 1981), la literatura al respecto de este tipo de metodología no paramétrica ha proliferado rápidamente<sup>1</sup> y estas técnicas se han extendido en muchas áreas de aplicación (Seiford, 1995). Sin embargo, sólo en algunos casos se trata de trabajos con el objetivo de establecer sistemas de evaluación continua basados en técnicas DEA. Una de las razones de este hecho es que, para que dichos sistemas tengan éxito, es necesario incorporar el motor analítico del DEA dentro de un sistema de información completo y extenso (Golany y Roll, 1989). En contraste con las técnicas paramétricas habituales, este tipo de modelos DEA deben ir mejorando de forma continua en el tiempo. Esto significa que al final de cada período los datos pertenecientes al mismo deben incorporarse a los datos ya existentes (posiblemente reemplazando aquellos datos más obsoletos) y evaluarse siguiendo la metodología DEA. Este tipo de análisis a lo largo del tiempo es mucho más apropiado para la toma de decisiones.

La construcción de modelos de producción y crecimiento es un caso típico de razonamiento deductivo: se establecen hipótesis respecto al mecanismo generador de los datos y con ellas se deducen las probabilidades de los valores posibles. La *inferencia estadística* realiza el proceso inverso: dadas las frecuencias observadas de una variable, inferir el modelo probabilístico que ha generado los datos (Peña, 2001). Los procedimientos de inferencia estadística pueden clasificarse en diferentes categorías según el objetivo de estudio, método utilizado o la información considerada. En este trabajo nos centraremos en métodos de diseño no paramétricos de enfoque clásico<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> El DEA fue introducido por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y Banker, Charnes y Cooper (1984). Una revisión detallada sobre la metodología utilizada por dicho procedimiento puede verse en Seiford y Thrall (1990), Lovell (1993, 1994), Ali y Seiford (1993), Charnes et al. (1994) y Seiford (1996). Entre los trabajos más importantes sobre medición de la productividad mediante este tipo de metodología, se pueden nombrar los de Fried, Lovell y Schmidt (1993); Färe, Grosskopf y Russell (1998); Kumbhakar y Lovell (2000); Coelli, Rao y Battese (1998); Coelli et al. (2005); y, en España, el de Álvarez Pinilla (2001). Igualmente, también se puede profundizar en este tema consultando, por ejemplo, los manuales de Färe, Grosskopf y Lovell (1985, 1994), y Cooper, Seiford y Tone (2000), así como los trabajos de Forsund y Sarafoglou (1999) y Sarafoglou (1998).

<sup>2</sup> Frente a los modelos de *diseño experimental*, cuyo objetivo es contrastar relaciones entre las variables y predecir sus valores futuros, está la posibilidad de utilizar *técnicas de muestreo*. Igualmente se puede escoger entre métodos paramétricos o no paramétricos. Finalmente, según la información considerada, se puede optar por un *enfoque clásico*, que utiliza únicamente información sobre los datos muestrales, o un

Muchos autores en los últimos años han afirmado que las técnicas DEA no tienen base estadística, debido a que no permiten la inferencia sobre sus resultados. Sin embargo, la especificación de las funciones asintóticas de los estimadores DEA (Gijbels et al., 1999), así como la introducción de técnicas de remuestreo, como la metodología *bootstrap*<sup>3</sup> (Simar y Wilson, 1998a,b y 1999a, 2000b, entre otros), han hecho posible recientemente solventar dicha crítica, incluso para bs estudios a partir de índices de Malmquist (Simar y Wilson, 1999b), como los que aquí vamos a utilizar, permitiendo la inferencia estadística dentro de este tipo de aproximaciones (Simar y Wilson, 2000a). Igualmente, los contrastes no paramétricos a partir de estadísticos de rangos también pueden utilizarse en contextos no paramétricos con la misma finalidad.

Estos contrastes de significación no paramétricos, núcleo de la presente comunicación, fueron desarrollados para ser usados en aquellos casos en los que no se conocen los parámetros de la variable de interés, como es el caso de la función de producción y los índices de productividad derivados de la misma que generalmente se utilizan en los trabajos empíricos sobre crecimiento y productividad. En general, existe al menos un tipo de contraste no paramétrico equivalente a cada paramétrico. Así, por ejemplo, la alternativa del contraste de la *t* para muestras dependientes e independientes, respectivamente, son los contrastes de Friedman y de Kruskal-Wallis, que se utilizarán en la parte empírica de este trabajo.

Esta comunicación tratará de cubrir dos categorías de *estudios intertemporales* que pueden aplicarse dentro de las técnicas DEA en el ámbito de la metodología no paramétrica. En primer lugar, se determinará la tendencia en la productividad de las distintas unidades de decisión – países en nuestro caso - a lo largo del tiempo. Con ello se puede afirmar si dichas tendencias son o no estadísticamente significativas en el tiempo. El objetivo de esta primera parte será, por tanto, contrastar estadísticamente si la variable productividad ha presentado una tendencia en el horizonte temporal estudiado – ya sea creciente, decreciente o ambas –, o si, por el contrario, no hay evidencia empírica de la existencia de dicha tendencia en el tiempo.

Seguidamente, se analizará la estabilidad de cada unidad de decisión en relación con su posición o clasificación ordinal durante los diferentes períodos temporales – a partir de los rangos de los índices de productividad calculados a través de la metodología DEA. El objetivo en este caso será contrastar si una determinada unidad siempre domina al resto independientemente de la

---

*enfoque bayesiano*, que permite introducir información adicional sobre la distribución a priori de los parámetros del modelo.

<sup>3</sup> Metodología introducida por Efron en 1979 y 1982.

tendencia de actuación general, o no. Es decir, si las posiciones individuales dentro del conjunto se mantienen en el tiempo, o si, por el contrario, se han producido cambios en las posiciones relativas (pudiendo determinar a su vez los comportamientos *outliers* o *outperformers*). Este tipo de análisis puede realizarse de forma contemporánea o intertemporal. En el primer tipo de aproximación, se evaluaría cada período de forma separada, guardando los rankings resultantes para cada unidad y, posteriormente, se compararían dichos rangos con los de otras unidades que hubieran sido generados de forma similar. En la segunda aproximación, un mismo conjunto de unidades se analizan conjuntamente durante un horizonte temporal y sus índices de eficiencia son transformados en rangos a lo largo del tiempo. Posteriormente, se aplican distintas técnicas estadísticas para la interpretación de los resultados en ambos procedimientos.

Se trata de ampliar los trabajos anteriores de Banker (1984), Brockett y Golany (1996), Brockett, Golany y Li (1998) y Pastor, Ruiz y Sirvent (1996) en los que también se usan técnicas estadísticas de rangos no paramétricas en contextos DEA. En particular, Brockett y Golany (1996) desarrollaron un contraste de significación para aplicaciones DEA utilizando métodos de clasificación o ranking estadísticos. Posteriormente, Brockett, Golany y Li en 1998 aplican este tipo de herramientas para el análisis del crecimiento de la productividad en un conjunto de 17 países de la OCDE. Estos autores dan muchas razones que les llevan a utilizar este tipo de contrastes, en lugar de los métodos paramétricos tradicionales. En primer lugar, estos métodos son más consistentes con el método de construcción de la frontera de producción – también no paramétrico – que se ha utilizado para calcular los índices de productividad. Segundo, la distribución estadística de los índices de eficiencia generalmente no se conoce, sin embargo, al transformar dichos índices en sus correspondientes rangos ordinales se tiene acceso a contrastes estadísticos no paramétricos robustos que posibilitan el conocimiento de sus distribuciones asintóticas. Por último, las diferentes formulaciones de los modelos DEA, aplicadas al mismo conjunto de datos, puede producir diferentes índices de eficiencia y rangos, haciendo que los métodos paramétricos sean más susceptibles al modelo elegido para el análisis.

La comunicación se estructura de la siguiente manera. Tras esta breve introducción, la primera sección describe la metodología y fuentes estadísticas utilizadas para el posterior análisis empírico. Dicho análisis empírico se divide, a su vez, en dos secciones. La sección 2 estudia el primero de los dos enfoques anteriormente descritos: el estudio de tendencias intertemporales en la evolución de la productividad a nivel internacional. El segundo de los enfoques posibles: la estabilidad individual en términos de productividad es el núcleo de la sección 3. Finalmente, se concluye el trabajo con algunas consideraciones finales y posibles líneas de investigación futuras.

## 1. Datos y metodología

El análisis de la productividad y, en concreto, de la del sector servicios, tiene una serie de dificultades a la hora de definir, medir o estimar ciertas variables relacionadas con él<sup>4</sup>. Además, el sector terciario ha sufrido una relativa falta de estadísticas suficientes y fiables hasta hace pocos años. Por estas razones, la búsqueda de una base de datos disponibles, robustos y fiables para esta investigación no ha sido tarea sencilla.

La base de datos finalmente utilizada en este trabajo tiene su origen en dos bases de datos de carácter internacional. El análisis de la evolución de la productividad, con la máxima desagregación posible, tiene su origen en la *60-Industry Database* del *Groningen Growth and Development Centre* (GGDC), de la Universidad de Groningen, y *The Conference Board*. Dicha base ofrece series anuales sobre población, empleo, producción, renta y productividad, comparables internacionalmente a nivel sectorial para un conjunto de países desarrollados de la OCDE. Cubre 56 ramas de actividad para el período 1980-2003, de las cuales 22 corresponden a actividades del sector servicios<sup>5</sup>. Estas 22 ramas terciarias se han agregado en once subsectores (comercio, hoteles y restauración, transportes, comunicaciones, finanzas, actividades inmobiliarias, servicios a empresas, AA.PP., educación, sanidad, y otros servicios). La base del GGDC es comparable con otras bases de carácter internacional, como las de la OCDE, ya que se trata de estimaciones que tienen su origen en estas. Una de esas bases, la *OECD STAN Database* es la segunda fuente en la que se asienta esta investigación. Aunque dicha base tiene disponible un conjunto amplio de variables para un grupo de países de la OCDE, en particular, nos hemos quedado únicamente con la variable de stock de capital bruto como indicador del factor capital. Debido al nivel de desagregación al que llega este trabajo, así como las necesidades sobre datos que tienen algunas de las técnicas no paramétricas utilizadas, la muestra

---

<sup>4</sup> Véase, entre otros, Siegel (1994), Schreyer (1998 y 2001), Pilat, Lee y van Ark (2002), Ahmad et al. (2003), Griliches (1992), van Ark (1996), Wölfl (2003), Maroto y Cuadrado (2006), Cuadrado y Maroto (2006), Maroto (2007) y Maroto y Rubalcaba (2007 y 2008).

<sup>5</sup> Comercio al por mayor (código 50); comercio minorista (51); reparación (52); hoteles y restaurantes (55); transporte terrestre (60); transporte marítimo (61); transporte aéreo (62); actividades auxiliares de transporte (63); comunicaciones (64); servicios financieros (65); seguros (66); servicios auxiliares de financiación (67); alquileres inmobiliarios (70); alquiler de equipamiento (71); servicios informáticos (72); I+D (73); servicios legales, técnicos y de publicidad (741); otros servicios a empresas (749); AA.PP. (75); educación e investigación (80); sanidad y servicios sociales (85); otros servicios sociales, personales y comunitarios (90-93). También incluye el sector de trabajo doméstico (95) y organismos extraterritoriales (99), aunque estos dos últimos no se incluyen en los análisis de esta investigación.

final se ha reducido únicamente a nueve países: Estados Unidos, Canadá, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Italia, España y Reino Unido<sup>6</sup>. El horizonte temporal será 1980-2003, aunque el año final de la muestra puede variar según la disponibilidad para cada país y variable.

Cuando se evalúan simultáneamente observaciones consecutivas en el tiempo de distintas unidades de decisión, puede ser importante detectar si existe una tendencia estadísticamente significativa en las posiciones o rangos en términos de productividad, eficiencia u otras variables de control. Este análisis intertemporal dentro del contexto del DEA fue introducido originalmente por Ali et al. en 1981. Sin embargo, dicho trabajo, así como otros estudios “*de ventana*” que le siguieron (Charnes et al., 1985) no condujeron a mejoras estadísticas en los contrastes de patrones específicos a partir de los resultados.

Este avance estadístico, sin embargo, fue desarrollado más tarde por Brockett, Golany y Li (1998) a partir del modelo introducido por Brockett y Kemperman en 1980 para la detección no paramétrica de tendencias en el caso de la existencia de datos *fuzzy*. Para conseguir la robustez de los estadísticos de rangos no paramétricos, estos autores introducen una *matriz de transformación de rangos* para transformar los índices originales, obtenidos mediante tecnología DEA, en datos ordenados. Posteriormente, muestran como la correlación entre el índice temporal y el valor del rango podría usarse para detectar tendencias conjuntas.

En primer lugar hay que especificar cómo se han calculado los índices de productividad que vamos a usar en la aplicación empírica ( $h_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, k$  años;  $j = 1, \dots, n$  países). Dichos índices de crecimiento se generan a través de un análisis DEA en el que se evalúan, como en otros trabajos similares (Brockett, Golany y Li, 1998), las  $n \cdot k$  unidades de decisión en un único análisis DEA. La utilización de una única frontera de eficiencia para todas las observaciones implica que no se han producido cambios tecnológicos que afecten a la eficiencia productiva en los  $k$  períodos de tiempo, con lo que cualquier aumento de la productividad se debe a cambios en variaciones en la eficiencia. Por otro lado, se ha utilizado la distancia respecto a la frontera de eficiencia (que aproxima la elasticidad necesaria para cambiar la clasificación de eficiencia ante cambios en los inputs), en lugar de los valores de eficiencia tal cual<sup>7</sup>. A partir de estas distancias, se construye el siguiente índice de productividad de tipo Malmquist<sup>8</sup>:

---

<sup>6</sup> Aunque también se tienen los datos para Alemania, como el horizonte temporal disponible para dicho país parte de 1991, no se ha incluido en los análisis finales.

<sup>7</sup> Como sólo se utilizan las características ordinales de los índices de productividad en el posterior análisis estadístico, dicho análisis es robusto a las diferentes versiones de DEA utilizadas, o a la elección entre los valores de eficiencia o la distancia respecto a la frontera, como se ha optado en este caso.

<sup>8</sup> El índice Malmquist fue introducido por Caves, Christensen y Diewert (1982a,b), a partir de la investigación seminal de Sten Malmquist (1953). Desde los trabajos de Färe et al. (1989, 1994), ha habido muchas propuestas de descomposición del índice de productividad de Malmquist en contextos DEA, entre los que destacan los de Ray y Desli (1997), Wheelock y Wilson (1999), Gilbert y Wilson (1999), Grifell-

$$M^t = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} = \frac{D(x^{t+1}, y^{t+1})}{D(x^t, y^t)} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} = M^{t+1}$$

Como la tecnología de referencia será única para todo el período de análisis, los dos índices introducidos por Caves, Christensen y Diewert (1982a,b) coinciden, y su media geométrica – denominada, generalmente, índice de Malmquist (Färe et al., 1994) – también. Por lo tanto, el índice de crecimiento de la productividad entre  $t$  y  $t+1$  será el cociente entre las funciones distancia medidas en  $t+1$  y  $t$  respectivamente. Tendrá un valor unitario, cuando no se haya producido crecimiento alguno; valor mayor que la unidad cuando se haya producido un crecimiento en la productividad; y un valor menor que la unidad cuando se haya experimentado un retroceso.

Siguiendo la metodología de Brockett y Kemperman (1980), se reemplazan los índices de productividad por su correspondiente rango estadístico ( $C_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, k$  años;  $j = 1, \dots, n$  países) obtenido simplemente al ordenar los valores en orden ascendente<sup>9</sup>. De esta forma, se obtiene una matriz de rangos que ordena temporalmente cada unidad de decisión. Cuando dos índices de eficiencia son iguales se reemplazan por el rango medio<sup>10</sup> de dichos valores (Lehman, 1975).

La hipótesis nula a contrastar será que el vector de los  $k$  rangos para cada unidad de decisión no depende del tiempo, es decir, que los  $C_{1j}$ ,  $C_{2j}, \dots, C_{kj}$  rangos observados son intercambiables ya que cualquier ordenación de los elementos de dicho vector tiene las mismas posibilidades de ocurrir. De la misma forma, podría construirse una hipótesis alternativa, tanto de una como de dos colas, incorporando la posibilidad de que la tendencia sea creciente, decreciente o ambas en el tiempo. Un importante supuesto que encierra dicho planteamiento es que los vectores originalmente observados  $h_j$  son independientes<sup>11</sup> de  $h_k$  para todo  $j$ . Este hecho, en el contexto de análisis de eficiencia DEA, fue investigado por Banker (1993) quien postuló que las desviaciones de productividad o eficiencia podían considerarse estadísticamente independientes entre sí. Bajo la anterior hipótesis nula, el vector de rangos para cada unidad de decisión ( $C_{1j}$ ,  $C_{2j}, \dots, C_{kj}$ ) se distribuye uniformemente a lo largo de las  $k!$  posibles ordenaciones de  $(1, 2, \dots, k)$ . Cada posible ordenación tiene la misma probabilidad de ocurrir, es decir,  $1/k!$ . A partir de este análisis, se puede construir el siguiente estadístico:

Tatje y Lovell (1999), o Zofio (2007). Resúmenes de todos ellos pueden encontrarse en Balk (2001), Lovell (2003) y Grosskopf (2003).

<sup>9</sup> Asignando el rango 1 al de menor eficiencia y el rango máximo al de mayor eficiencia.

<sup>10</sup> Existen otras opciones, como desempatar asignado rangos a cada unidad de decisión según el número de veces que dicha unidad ha ayudado a construir la frontera de producción o eficiencia (Charnes et al., 1985; Picazo et al., 2007). De esta forma, se asignará un rango mayor a aquella unidad que haya sido más veces referencia para el resto de la muestra, siguiendo criterios de *benchmarking*.

<sup>11</sup> Los componentes internos del vector  $h_j$  pueden, sin embargo, ser dependientes para un  $j$  fijo.

$$S = \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^k t \cdot C_{tj}$$

Cuando es posible los empates entre índices y se utiliza el rango medio para su clasificación, como en este trabajo, Brockett y Kemperman (1980) demostraron que, para una muestra suficientemente grande de  $n \cdot k$  (por ejemplo, por encima de 11), la distribución de dicho estadístico  $S$  es aproximadamente normal con la siguiente media y varianza:

$$\mathbf{m} = E(S) = \frac{n \cdot k}{4} (k+1)^2$$

$$\mathbf{s}^2 = Var(S) = \frac{n}{144} \cdot k^2 (k^2 - 1) (k+1) - \frac{k(k+1)}{144} \sum_{j=1}^n \sum_r (d_{jr}^3 - d_{jr})$$

En este análisis, el término  $d_{jr}$  denota el número de valores  $h_{ij}, \dots, h_{kj}$  que empatan dentro del  $r$ -ésimo grupo de empates<sup>12</sup>.

El siguiente paso sería transformar el estadístico  $S$  en una distribución normal estándar o normalizarlo, utilizando para ello el estadístico  $Z = (S - \mathbf{m}) / \mathbf{s}$ . La hipótesis nula de que no existe una tendencia significativa en los índices de productividad observados puede rechazarse, en el caso de una hipótesis alternativa de dos colas, a un nivel de significación  $\mathbf{a}$  cuando  $Z \leq -Z_{\mathbf{a}/2}$  o  $Z \geq Z_{\mathbf{a}/2}$ , donde  $Z_{\mathbf{a}/2}$  denota el percentil superior de la distribución normal que deja a la derecha una probabilidad de  $\mathbf{a} / 2$ . En el caso de hipótesis alternativas de una sola cola, la hipótesis nula se rechazará a un nivel de significación  $\mathbf{a}$  cuando  $Z \leq -Z_{\mathbf{a}}$  o  $Z \geq Z_{\mathbf{a}}$ . En ese caso, podremos concluir que existe una tendencia decreciente o creciente de la productividad<sup>13</sup>, respectivamente, estadísticamente significativa en el período analizado y para el conjunto de países escogidos. Como complemento de los resultados obtenidos a través del estadístico  $Z$ , en este trabajo también se exponen los resultados obtenidos a través del contraste de *Friedman*.

La misma información que tenemos sobre índices de productividad puede utilizarse para el estudio de la estabilidad intertemporal. Asignando rangos al conjunto de  $n \cdot k$  índices y observando la suma de rangos de cada unidad de decisión, se puede aprender sobre la posición

<sup>12</sup> El número de unidades de decisión en cada aplicación DEA es tal que la condición anterior está garantizada para cualquier  $k > 2$ .

<sup>13</sup> El contraste ANOVA de Friedman, que utiliza también estadísticos de rangos, es una alternativa no paramétrica para los contrastes ANOVA con repetición en la medición o intra grupos. La hipótesis nula de este test es que las diferentes columnas de datos – en nuestro caso los años de estudio – contienen muestras obtenidas de la misma población o, más concretamente, con la misma mediana. Si todas las muestras – años – tienen la misma mediana, entonces no podrá hablarse de que exista una tendencia creciente o decreciente significativa en la evolución de la variable estudio de este trabajo, la productividad.



relativa de cada una de las unidades frente al resto a lo largo de todo el período de análisis (no necesariamente en un momento particular). Mientras que en la aplicación anterior se analizaba si la actuación del grupo entero cambiaba en el tiempo (empeoraba, mejoraba o se mantenía estable), aquí se pretende investigar si puede decirse, con confianza estadística, que todas las unidades de decisión mantienen su posición relativa dentro del conjunto a lo largo del tiempo.

Para contrastar estadísticamente esta cuestión sobre estabilidad, se aplicará el *contraste ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis* (Brockett y Levine, 1984). Para dicho contraste se parte de  $n$  poblaciones y la hipótesis nula es que todas las  $n$  poblaciones (unidades de decisión en nuestra aplicación) tienen la misma distribución de rangos. Para aplicar esta metodología primero hay que ordenar el conjunto de  $n \cdot k$  índices de eficiencia en orden ascendente – como antes, los empates se deshacen con el rango medio – y, posteriormente, se denota por  $R_j$  a la suma de rangos correspondiente a cada unidad de decisión  $j$ . El estadístico Kruskal-Wallis será el siguiente:

$$H = \frac{12}{nk(nk+1)} \left( \frac{R_1^2}{k} + \frac{R_2^2}{k} + \dots + \frac{R_n^2}{k} \right) - 3(nk+1)$$

Dicho estadístico se distribuye según una  $\chi^2_{n-1}$ . Rechazar la hipótesis nula significa, en general, que las unidades de decisión mantienen sus posiciones relativas en materia de productividad en el tiempo. Es decir, al menos una de ellas es consistentemente mejor o peor que el resto. Los resultados del contraste de Kruskal-Wallis se complementarán con el *contraste de la mediana*<sup>14</sup>.

## 2. Análisis de tendencias intertemporales en la evolución de la productividad (1980-2003)

En esta sección se trata de implementar la primera de las opciones de análisis que permiten los estadísticos de rangos, cuya metodología se ha descrito en la sección anterior. Es decir, la determinación de tendencias temporales para el conjunto de datos muestrales. El objetivo será, por lo tanto, contrastar estadísticamente a través de métodos no paramétricos, basados en la transformación en rangos de los índices de productividad, si la productividad durante el período 1980-2002 ha presentado una tendencia creciente o decreciente o si, por el contrario, no hay evidencia empírica de que haya presentado tendencia alguna. Este tipo de técnica se aplicará

<sup>14</sup>

El Contraste de la Mediana es una versión del contraste Kruskal-Wallis en la que el marco de cálculo es una tabla de contingencia. En concreto, se trata de contabilizar el número de casos en los que cada unidad de decisión supera o queda por debajo de la mediana común a todas las poblaciones. Posteriormente se calcula el valor de la  $\chi^2$  para las  $2 \cdot k$  muestras de la tabla de contingencia. Bajo la hipótesis nula (todas las muestras proceden de poblaciones con igual mediana), cabe esperar que aproximadamente la mitad de los casos en cada muestra superen (o queden por debajo) de la mediana común.

para la muestra de nueve países de la OCDE (descrita en la sección 1) diferenciando entre el comportamiento agregado y el comportamiento del sector servicios, núcleo de atención de esta comunicación. El período de referencia será 1980-2002<sup>15</sup>. La motivación de este trabajo es la de identificar tendencias en la productividad a nivel internacional, en la línea de otros trabajos, como los de Färe et al. (1994), Baumol, Blackman y Wolff (1989), Dowrick (1989), Dowrick y Nguyen (1989), Brockett, Golany y Li (1998), Golany y Thore (1997a,b) y Lovell, Pastor y Turner (1995).

### ***2.1. Evolución de la productividad agregada***

En este primer punto, se trata de analizar cuál ha sido la evolución intertemporal de la variable productividad para el conjunto de la economía, mientras que el análisis comparado entre manufacturas y servicios se aborda en el siguiente. El punto tercero de esta sección desagrega el análisis para las distintas ramas de servicios a nivel internacional.

Una vez calculados los índices de crecimiento de la productividad, se transforman, siguiendo las instrucciones descritas en la sección anterior, en una matriz de estadísticos de rangos obtenidos al ordenar los índices de cada país en orden ascendente. El primer hecho observable es que, aunque la tendencia varía entre los diferentes países durante estos años, parece existir cierta evidencia de una caída en la productividad de esta muestra de países durante el período analizado. Los rangos más altos – que recordemos corresponden con los índices de productividad mayores – se dan en los primeros años de la muestra, mientras que parece que decaen con el paso de los años.

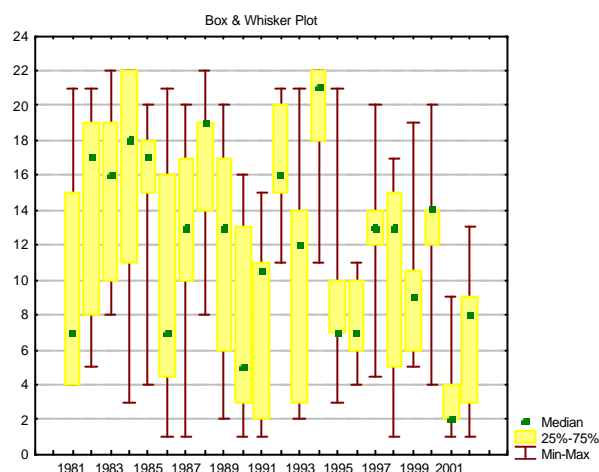
Con el objetivo de contrastar estadísticamente esta hipótesis, utilizaremos el estadístico  $Z$  descrito en la sección anterior, que se distribuye aproximadamente mediante una normal. El valor de dicho estadístico, para el caso de la economía en su conjunto, es -3,55, y su correspondiente  $p$ -valor será 0,00. En este caso, la hipótesis nula de la no existencia de tendencia puede ser rechazada significativamente. Además, el estadístico crítico cae en la región de rechazo de la izquierda para una hipótesis alternativa de una cola, con lo que puede concluirse que existe, para esta muestra de países y período analizados, una tendencia decreciente estadísticamente significativa en el crecimiento de la productividad. Es decir, estadísticamente, y como media, el crecimiento de la productividad ha decrecido para los países analizados en este trabajo.

---

<sup>15</sup> En algunos casos, por efecto de la falta de datos para el año 2002, el período se reducirá al 1980-2001, como en el caso de las manufacturas y de algunas ramas de servicios.

Con el objetivo de complementar la imagen ofrecida por los resultados del contraste de la Z, el contraste de *Friedman* para el mismo conjunto de datos muestra un estadístico de la  $\chi^2 = 68,21$ , con un p-valor asociado de 0,00. El objetivo de dicha prueba es contrastar si existen diferencias significativas entre los diferentes años de la muestra en cuanto a la evolución de la productividad – la hipótesis nula es la no existencia de las mismas. Por lo tanto, puede concluirse que las diferencias entre los años son evidentes, con lo que existirá cierta tendencia. Además, la figura 1 muestra que dicha tendencia es decreciente, como ya se indicó a través del estadístico Z. Mientras que los rangos durante los años 80s. son elevados – lo que corresponde con mayores índices de productividad –, la caída a partir de la década siguiente, especialmente a partir de mediados años 90s. es evidente.

Figura 1. Evolución de la productividad agregada, 1980-2002



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. ¿Existen diferencias significativas entre manufacturas y servicios?

En el punto anterior el núcleo de atención ha sido la productividad agregada a nivel internacional. En este el análisis se centra en las diferencias existentes en la tendencia intertemporal de la productividad entre los dos grandes sectores económicos de las principales economías avanzadas – manufacturas y servicios<sup>16</sup> – tomados de forma agregada. Mientras que para el caso general, los datos muestran una tendencia significativamente decreciente, no ocurre lo mismo cuando el estudio desagrega sectorialmente la evolución de los índices de

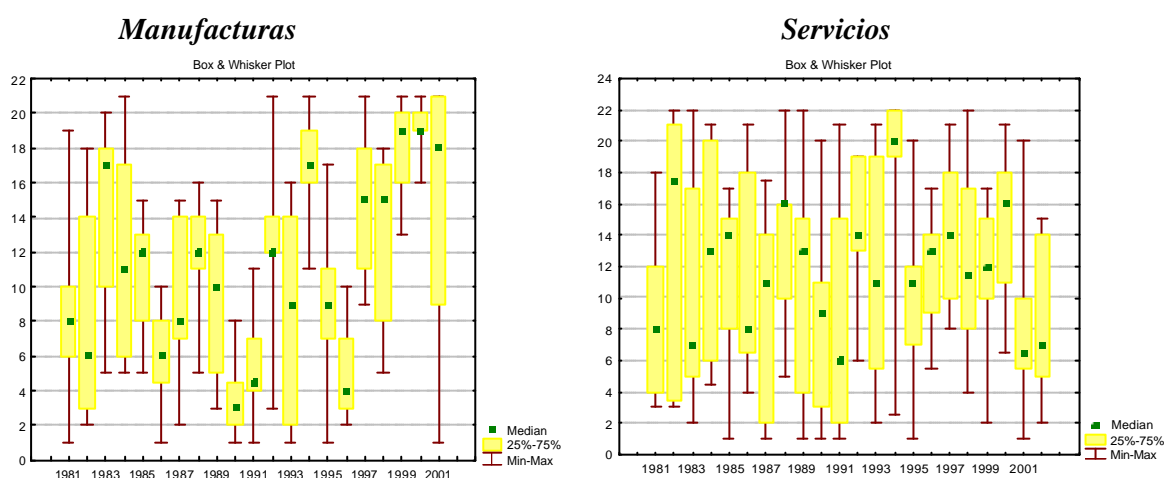
<sup>16</sup>

El sector manufacturas engloba las actividades con código Nace. 15-37; mientras que el sector servicios encuadra aquellas con códigos Nace. 50-93.

productividad. Igualmente, el comportamiento intertemporal de los sectores manufacturero y terciario también difiere entre sí notablemente, como se podrá observar a continuación.

El primer hecho a destacar es la diferencia en la evolución temporal entre ambos sectores, reproducción del fenómeno dicotómico entre manufacturas y servicios, tomados como sectores agregados, que se observa cuando se analizan otros indicadores sobre productividad, como las tasas de crecimiento de la productividad aparente del trabajo (ver, entre otros, Wölfl, 2003 y 2005; O'Mahony y van Ark, 2003; Comisión Europea, 2004; Maroto y Cuadrado, 2006; Maroto y Cuadrado, 2008).

Figura 2. Evolución de la productividad a nivel sectorial, 1980-2002



Fuente: Elaboración propia

En el caso de las actividades manufactureras, el estadístico  $Z$  toma un valor de 4,07, con un p-valor asociado de 0,00. Por lo tanto, dicho valor crítico cae en la región de rechazo de la hipótesis nula, con lo que parece existir evidencia empírica de que el crecimiento de la productividad en este tipo de actividades ha presentado una tendencia significativa a partir de 1980. Además, se sitúa en la región de rechazo de la derecha, con lo que la tendencia, además de ser significativa, es creciente. Al mismo resultado se llega si realizamos el contraste de *Friedman*, y se observa la evolución de los rangos del sector manufacturero en la figura 2. El estadístico  $C^2$  toma el valor de 86,57 (0,00), y las diferencias entre los diferentes años de la muestra son significativas, con lo que la tendencia en la evolución de la productividad en este sector es evidente. En el gráfico correspondiente de la figura 2 puede observarse como además dicha tendencia es creciente, particularmente a partir de mediados de los años 90s.

Sin embargo, el comportamiento en el sector servicios difiere notablemente del observado en el caso manufacturero, así como del descrito para el caso general en el punto anterior. Mientras que en los dos casos anteriores los datos mostraban una tendencia estadísticamente significativa

durante el período analizado, no ocurre lo mismo en el caso del sector servicios. El estadístico *Z* es igual a 0,34, con un p-valor de 0,63. Si se realiza el contraste de *Friedman*, el resultado es el mismo, ya que el valor de la  $\chi^2$  es de 26,03, con un p-valor asociado de 0,20. Por lo tanto, la evidencia empírica en el caso de los servicios, como sector agregado, es menos evidente que en el caso manufacturero o el global, con lo que no puede decirse que exista tendencia, creciente o decreciente, estadísticamente significativa en el crecimiento de la productividad para esta muestra de países entre 1980 y 2002.

### 2.3. El comportamiento del sector servicios: ¿cómo se han comportado las diferentes ramas de terciarias?

En el punto anterior se demostró que no se puede establecer una tendencia clara en la evolución de la productividad de los servicios, como sector agregado, a nivel internacional durante los años analizados. Sin embargo, el sector terciario es un conjunto muy heterogéneo, donde conviven ramas muy productivas, junto con otras más intensivas en mano de obra (Maroto, 2007; Bosworth y Triplett, 2007; Triplett y Bosworth, 2005; O'Mahony y van Ark, 2003) y donde las mejoras en materia de eficiencia y productividad son más difíciles de conseguir (González Moreno, 1997). Por esta razón, es conveniente desagregar el análisis intertemporal en las principales actividades de este sector. Los principales resultados para el período 1980-2001, tanto para el contraste de la *Z*, como para el de *Friedman*, pueden observarse en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados del análisis intertemporal para el sector servicios a nivel internacional

Sectores	Código	Contraste de la <i>Z</i>		Contraste de Friedman	
		Valor crítico	p-valor	Valor crítico	p-valor
<b>Servicios de mercado</b>	<b>50-74</b>	-1.29	0.098	35.73	0.023
<i>Comercio</i>	50-52	0.18	0.573	26.35	0.154
<i>Hoteles y restaurantes</i>	55	1.57	0.941	23.24	0.277
<i>Transportes</i>	60-63	-0.77	0.220	54.42	0.000
<i>Comunicaciones</i>	64	3.25	0.999	28.86	0.090
<i>Servicios financieros</i>	65-67	3.59	0.999	36.95	0.011
<i>Alquileres inmobiliarios</i>	70	1.82	0.965	31.87	0.044
<i>Servicios a empresas</i>	71-74	1.30	0.903	30.03	0.070
<b>Servicios no mercado</b>	<b>75-93</b>	0.11	0.545	28.07	0.138
<i>Administración Pública</i>	75	-0.29	0.386	19.56	0.485
<i>Educación</i>	80	0.05	0.520	35.35	0.018
<i>Sanidad y servicios sociales</i>	85	0.07	0.529	19.88	0.465
<i>Otros servicios</i>	90-93	-1.53	0.063	29.09	0.086

En rojo aquellos valores significativos al 1%, en azul al 5% y en verde al 10%.

Fuente: Elaboración propia

El primer hecho destacable a raíz de los datos obtenidos es la variabilidad existente dentro de las actividades terciarias en cuanto a la evolución intertemporal de su productividad. En la misma

línea de lo observado para el caso agregado visto en el punto anterior, los servicios de distribución comercial, los hoteles y restaurantes<sup>17</sup>, así como el conjunto de los servicios no destinados a la venta, con la excepción de aquellas actividades terciarias encuadradas bajo los códigos Nace. 90-93, no muestran una tendencia significativa. Tanto si se analiza el estadístico *Z* crítico como si se efectúa el contraste de *Friedman*, los resultados son los mismos. Los transportes son la excepción a esta regla. Mientras que los datos muestran diferencias significativas entre los diferentes años, según el contraste de *Friedman* (*p*-valor = 0.00), el valor crítico del estadístico  $Z = -0,77$  cae en la región central de no rechazo de la hipótesis nula, luego parece no existir una tendencia estadísticamente significativa en la evolución de su productividad.

Por el contrario, los servicios de mercado muestran en su conjunto una tendencia decreciente significativa (valor crítico de la *Z* situado en la región de rechazo de la izquierda con un coeficiente de confianza del 10%). Si analizamos en profundidad este tipo de actividades expuestas en mayor medida a la competencia, tanto doméstica como exterior, que los servicios no destinados a la venta, podemos observar como las comunicaciones y los servicios financieros presentan una tendencia creciente en la evolución de su productividad – notablemente evidente en ambos casos -, mientras que también parecen presentar una tendencia creciente los alquileres inmobiliarios y los servicios a empresas, aunque en este caso con menor confianza estadística. Por último, las actividades encuadradas en el sector Nace. 90-93, como se dijo anteriormente, también presentan una tendencia estadísticamente significativa a nivel internacional durante el período de tiempo estudiado, aunque en este caso la tendencia es claramente decreciente, en la línea con los resultados obtenidos mediante otro tipo de técnicas e indicadores en otros trabajos recientes (entre otros, OCDE, 2005; Segura, 2006; Gordo et al., 2006; De la Dehesa, 2005; Pérez et al., 2006; La Caixa, 2006; Maroto y Cuadrado, 2008; o Maroto, 2008).

### **3. Estudio de la estabilidad individual en la evolución de la productividad (1980-2003)**

En esta sección se trata de llevar a la práctica la segunda de las opciones de análisis que permiten los estadísticos de rangos. Es decir, el análisis de la estabilidad individual a lo largo de un período de tiempo. El objetivo será, por lo tanto, contrastar estadísticamente a través de métodos no paramétricos, basados en la transformación en rangos de los índices de productividad, si durante el período 1980-2002 los países han mantenido sus posiciones

---

<sup>17</sup> El contraste de la *Z* acepta la hipótesis nula (salvo al 10%) de no tendencia, mientras que el de *Friedman* acepta la hipótesis de que no existen diferencias en el comportamiento de la productividad entre los diferentes años de análisis.

relativas en materia de productividad o si, por el contrario, se puede hablar de países significativamente “*ganadores*” o “*perdedores*”. Partimos de nueve países o “*poblaciones*” en nuestro caso de estudio, y la hipótesis nula será que las nueve poblaciones tienen la misma distribución de rangos ordinales. De nuevo se ordenan de forma ascendente los 198 índices de productividad del conjunto de la economía – deshaciendo los posibles empates mediante el rango medio. Posteriormente, denominamos  $R_j$  a la suma total de rangos para el país  $j$ . Debido al orden ascendente aplicado para los rangos el país con mayor suma total de rangos será aquel con una mejor actuación en materia de productividad y viceversa.

### ***3.1. Aplicación al caso de la productividad agregada.***

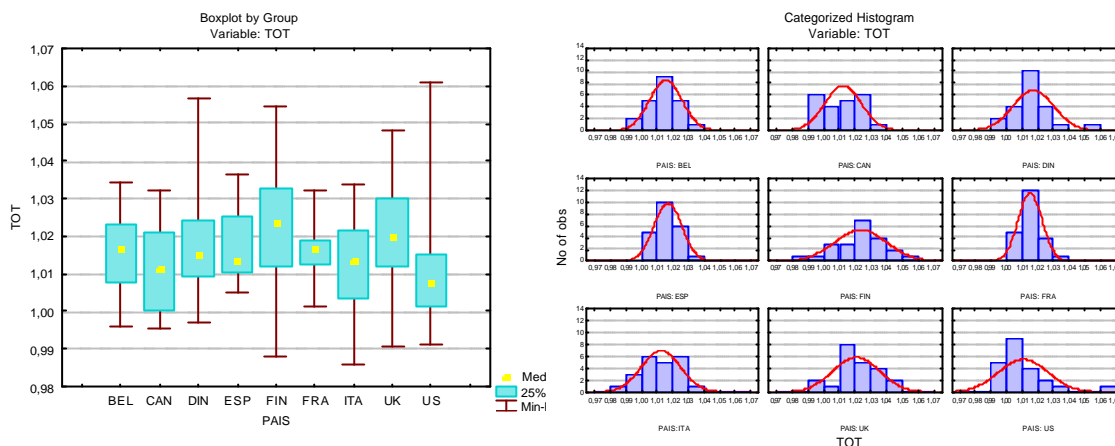
Para implementar las comparaciones internacionales, se calcula el estadístico de Kruskal-Wallis usando la ecuación descrita en la sección teórica anterior:

$$H = \frac{12}{198 \cdot 199} \left( \frac{R_1^2}{21} + \frac{R_2^2}{21} + \dots + \frac{R_9^2}{21} \right) - 3 \cdot 199$$

Dicho estadístico se distribuye según una  $\chi^2$  con  $n - 1 = 8$  grados de libertad. Si se rechaza la hipótesis nula de igualdad de distribución de rangos entre los diferentes países, lleva a la conclusión de que, en general, los países analizados tienden a mantener su posición relativa en cuanto a productividad se refiere en el tiempo. Es decir, ciertos países actúan consistentemente en el tiempo mejor que otros, y viceversa.

El valor del estadístico que corresponde a los rangos para la productividad agregada es  $H = 18,67$ , con un p-valor asociado de 0,016, luego se rechazará la hipótesis nula de igual distribución de los rangos de productividad para los nueve países analizados – excepto con un nivel de confianza del 99%. Esta conclusión lleva a la afirmación de que algunos de los países de la muestra han tenido mejor comportamiento en materia de crecimiento de la productividad que otros, y de forma consistente en el tiempo. Usando la misma información sobre la suma de rangos total para cada país analizado, los nueve países de la muestra pueden ordenarse desde el más bajo al más alto de acuerdo con la suma total de sus rangos de la forma siguiente: Estados Unidos, Canadá, Italia, Francia, Bélgica, España, Dinamarca, Reino Unido y Finlandia. Es decir, Finlandia ha exhibido el mejor comportamiento (mayor suma de rangos) y Estados Unidos el peor (menor suma de rangos) durante el período 1981-2002 en materia de crecimiento de la productividad.

Figura 3. Crecimiento de la productividad por países.



Fuente: Elaboración propia

La figura 3 muestra gráficamente estas diferencias entre países en cuanto al comportamiento de la productividad se refiere. En el gráfico de arriba – *Box & Whisker plot* - se observa como Finlandia es el país con mejor productividad, seguido de países como Reino Unido, Bélgica o Dinamarca. La mediana en estos casos es claramente superior al de los demás países de la muestra. Otra forma de observar la distribución de la variable productividad en cada país analizado es un *Histograma categórico* (gráfico de abajo de la figura 3). Dicho gráfico muestra la distribución por países de los índices de crecimiento de la productividad. Se observa como la mayor parte de los países analizados tienen una distribución, en mayor o menor medida, centrada. Sin embargo, en países como Estados Unidos o Canadá esta distribución está desplazada hacia la izquierda, lo que indica un peor comportamiento en cuanto a crecimiento de la productividad se refiere.

Los resultados obtenidos en este punto pueden extrañar, fundamentalmente por la posición en la que se ubica la economía estadounidense, pero hay que tener en cuenta el tipo de metodología utilizada para el cálculo de los índices de crecimiento de la productividad. Estos índices se basan en técnicas DEA en función de la distancia de cada país a la frontera de eficiencia. Mientras que Estados Unidos se sitúa continuamente en dicha frontera, con lo que los crecimientos de productividad – más aún en el caso de una única frontera para todos los períodos temporales, como ocurre en este capítulo – son menores que los del resto de países, cuya situación converge hacia dicha frontera, con lo que los crecimientos son mayores. Sin embargo, el verdadero potencial en materia de productividad de la economía estadounidense puede verse cuando se realiza un ejercicio similar al desarrollado anteriormente, pero centrado en índices de niveles de productividad, no en crecimientos, y donde puede observarse el papel dominante de los Estados Unidos en esta variable para todo el período temporal analizado.

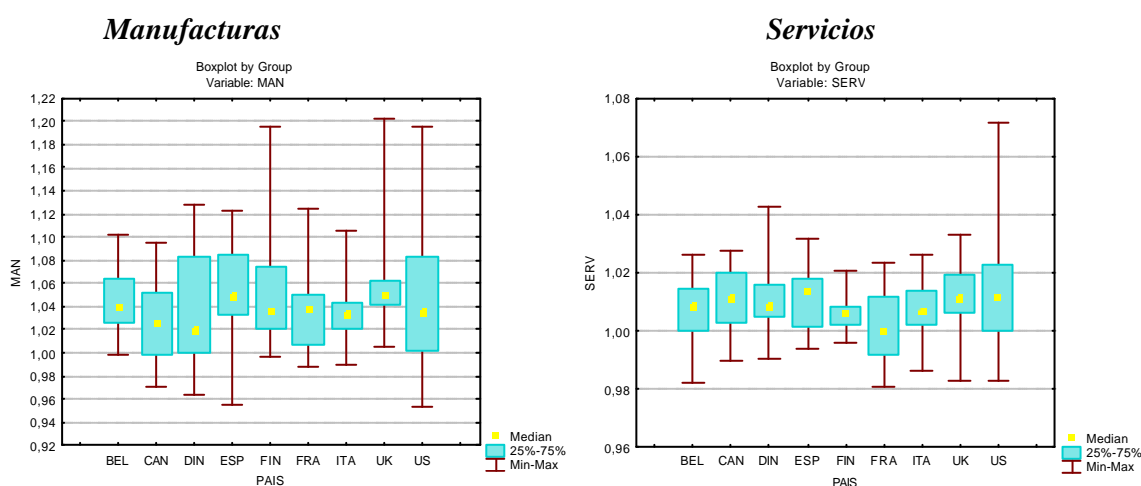


### 3.2. Diferencias por países en la productividad de las manufacturas y los servicios.

En el punto anterior el núcleo de atención ha sido la productividad agregada a nivel internacional. En este el análisis se centra en las diferencias existentes entre países en materia de productividad en los sectores manufacturero y terciario, tomados de forma agregada.

En las manufacturas, el valor del estadístico que corresponde a los rangos es  $H = 15,55$ , con un p-valor asociado de 0,049, luego se rechazará la hipótesis nula de igual distribución de los rangos de productividad para los nueve países analizados –con un nivel de confianza máximo del 95%. El mismo resultado ofrece el contraste de la mediana, que muestra una  $\chi^2 = 18,33$  (0,019). Esta conclusión lleva a la afirmación de que algunos de los países de la muestra han tenido mejor comportamiento en materia de crecimiento de la productividad manufacturera que otros, y de forma consistente en el tiempo. Usando la información sobre la suma de rangos, se puede concluir que, en términos medios, Estados Unidos, Reino Unido y Finlandia han exhibido el mejor comportamiento (mayor suma de rangos); mientras que Canadá y Dinamarca el peor (menor suma de rangos) durante el período 1981-2002 (ver figura 4).

Figura 4. Crecimiento de la productividad por países a nivel sectorial



Fuente: Elaboración propia

En el sector servicios, se encuentra un p-valor de 0,092, asociado al estadístico  $H = 13,60$ . Luego se puede rechazar la hipótesis de igualdad de distribuciones con un nivel de confianza máximo del 90%. El mismo resultado ofrece el contraste de la mediana, que muestra una  $\chi^2 = 14,54$  (0,070). Aunque la conclusión sobre la existencia de diferencias significativas entre países se repite tanto en el caso general (punto anterior), como en los servicios y manufacturas, la

confianza estadística es mayor en los casos general y manufacturero que en los servicios. En cuanto a la ordenación de países en materia de productividad en servicios, los mejores serán Canadá, Reino Unido y Estados Unidos – que presenta además los índices de crecimiento más altos de toda la muestra y período -; mientras que Francia, Finlandia e Italia son los que peor patrón de crecimiento presentan en el período analizado, como se observa en la figura 4. En dicha figura también se observa como los índices de crecimiento medios para el caso de los servicios son sensiblemente inferiores a los de las manufacturas.

### 3.3. Sector servicios. Análisis desagregado de las diferencias por países.

En el punto anterior se demostró que existían diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes países en cuanto al crecimiento de la productividad de los servicios, como sector agregado, durante los años analizados. Sin embargo, como se vio en el caso de las tendencias intertemporales, es conveniente desagregar la comparación internacional en las principales actividades de este sector. Los principales resultados para el período 1980-2001, tanto para el contraste de Kruskal-Wallis, como para el de la mediana, pueden observarse en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del análisis intertemporal para el sector servicios a nivel internacional

Sectores	Código	Contraste de Kruskal-Wallis		Contraste de la mediana	
		Valor crítico	p-valor	Valor crítico	p-valor
<b>Servicios de mercado</b>	<b>50-74</b>	43,80	0,000	28,36	0,000
<i>Comercio</i>	50-52	23,87	0,002	21,37	0,006
<i>Hoteles y restaurantes</i>	55	18,60	0,017	13,37	0,099
<i>Transportes</i>	60-63	5,21	0,734	7,66	0,467
<i>Comunicaciones</i>	64	43,32	0,000	45,75	0,000
<i>Servicios financieros</i>	65-67	9,00	0,341	5,37	0,716
<i>Alquileres inmobiliarios</i>	70	42,43	0,000	35,12	0,000
<i>Servicios a empresas</i>	71-74	20,02	0,010	13,37	0,099
<b>Servicios no mercado</b>	<b>75-93</b>	18,09	0,020	15,27	0,054
<i>Administración Pública</i>	75	20,56	0,008	22,90	0,003
<i>Educación</i>	80	22,53	0,004	23,66	0,002
<i>Sanidad y servicios sociales</i>	85	19,89	0,010	27,85	0,000
<i>Otros servicios</i>	90-93	16,51	0,035	9,56	0,297

En rojo aquellos valores significativos al 1%, en azul al 5% y en verde al 10%.

Fuente: Elaboración propia

El primer hecho destacable es la existencia de diferencias significativas entre países tanto en los servicios de mercado, como en los no destinados a la venta, aunque en estos con un menor nivel de confianza estadísticamente. Dentro de cada categoría, se pueden observar, tanto a través de los resultados del contraste de Kruskal-Wallis, como de los de la prueba de la mediana, diferencias altamente significativas (con una confianza superior al 99%) entre países dentro del comercio, las comunicaciones, los alquileres inmobiliarios, las AA.PP., la educación y la

sanidad y servicios sociales. También existen diferencias, aunque menos significativas en los hoteles y restaurantes, y en los servicios a empresas. En el resto de actividades terciarias los resultados no permiten rechazar la hipótesis de igual distribución a lo largo de los nueve países analizados.

#### **4. Consideraciones finales**

Debido al papel central que juega el sector servicios dentro de cualquier economía avanzada en la actualidad, junto con la importancia que tiene el crecimiento de la productividad tanto en el crecimiento económico, como en el aumento de los niveles de vida y estándares sociales a largo plazo, el estudio de la dinámica y funcionamiento interno de la productividad en dicho sector parece oportuno. Más aún ahora que este tema se está situando en el centro del interés académico y político. Desde hace algunos años, en la Unión Europea se escribe y discute ampliamente sobre la evolución de la productividad. Esta preocupación por el comportamiento de la productividad en los países europeos se debe a que desde mediados de los 90s. dicha variable en Estados Unidos ha crecido notablemente más que la media de la Unión Europea, ampliando la brecha existente entre las dos áreas en términos de nivel de vida. El mejor comportamiento de la productividad en EE.UU. a partir de 1995 se debe, fundamentalmente, a un mayor nivel de capital humano, mayor inversión en I+D, mayor flexibilidad y competencia en los mercados, mayor flexibilidad laboral y mejor absorción de las nuevas tecnologías. Dentro de Europa han existido, sin embargo, diferencias muy notables entre países.

Mención especial merece el caso de España, que incluso ha registrado tasas medias negativas en el mismo período. Este hecho y sus posibles explicaciones ha sido objeto de un arduo debate, tanto académico como político, así como de numerosas publicaciones al respecto (muchas de ellas ya comentadas a lo largo de este trabajo). Todos ellos subrayan que, a diferencia de otros países europeos, la caída de la productividad en el caso español, además de tener como primer factor explicativo el fuerte crecimiento de la economía acompañado de aumentos espectaculares de empleo, se asienta en una serie de carencias y déficits en aspectos como la I+D, la incorporación de tecnologías a las empresas, el capital humano, la inversión no especulativa, las facilidades para emprendedores, o la flexibilidad en los mercados.

Para la muestra de países aquí analizados durante el período 1980-2002, la evidencia muestra una tendencia decreciente en el crecimiento de la productividad agregada, a pesar de la inclusión en la muestra de EE.UU. A nivel sectorial, sin embargo, las conclusiones son

diferentes. Mientras que en las manufacturas se observa una tendencia significativamente creciente durante este período, la evidencia no es concluyente en el caso del sector servicios. El sector terciario tiene unos niveles de productividad claramente inferiores a los de las manufacturas, construcción y energía. Sin embargo, la heterogeneidad dentro del propio sector servicios es notoria, siendo las comunicaciones, los transportes y los servicios financieros aquellas ramas con mejores índices de crecimiento de su productividad. En cuanto al comportamiento individual de los diferentes países analizados, los resultados de este trabajo muestran que existen diferencias significativas entre los mismos, tanto a nivel agregado como cuando se analiza el sector servicios.

La conclusión central del presente trabajo, por tanto, es que las teorías convencionales sobre la relación entre el sector servicios y la productividad (Fourastié, 1949; Baumol, 1967 y 1986), teniendo todavía alguna validez a nivel muy agregado, pueden ser cuestionadas en nuestros días a nivel desagregado, teniendo en cuenta la evidencia empírica y algunas nuevas corrientes de pensamiento (Oulton, 1999; Wolff, 1999; Triplett y Bosworth, 2003; Wölfl, 2005). Los servicios no son, en cuanto tales, improductivos. Varias de sus ramas vienen mostrando tasas de incremento de la productividad comparables, o superiores incluso, a las que registra el sector manufacturero, como media, y algunos de sus subsectores más dinámicos. Por supuesto que algunos servicios – particularmente los destinados a la demanda final de consumo y la mayor parte de los servicios de no-mercado – siguen ofreciendo tasas muy bajas de incremento de su productividad. Pero, otros muestran un comportamiento muy diferente, con tasas de aumento de la productividad altas (parte de los transportes; las comunicaciones; algunos servicios a las empresas y comerciales; las actividades financieras), incluso creando simultáneamente empleo.

En cuanto al tipo de metodología utilizada – no paramétrica -, los resultados obtenidos, aunque permiten sacar algunas conclusiones similares a las obtenidas a través de los métodos tradicionales de contabilidad del crecimiento, difieren sensiblemente de estos. Por lo tanto, los resultados presentados en este trabajo aunque válidos, deben interpretarse con cuidado. En primer lugar, este tipo de metodología compara los países con otra muestra de países, no aisladamente, como hacen las aproximaciones tradicionales. Luego, la muestra de países escogida para la construcción de la frontera óptima es importante. Por otro lado, ambas metodologías difieren en cuanto se tiene en cuenta la existencia de ineficiencias, tanto técnicas como de asignación de recursos. Por lo tanto, cualquier problema derivado de la propia definición de “ineficiencia” y de la comparación de situaciones de ineficiencia entre países con diferentes combinaciones de inputs y outputs, también puede hacer que los resultados obtenidos a través de técnicas no paramétricas, como los índices de Malmquist, puedan criticarse. Finalmente, y como se ha dicho anteriormente, este tipo de técnicas metodológicas se asientan

en una serie de supuestos que no parecen cumplirse cuando se utilizan en análisis macroeconómicos como el realizado aquí. Sin embargo, el objetivo ha sido utilizarlos como otra herramienta más a la hora de estudiar y profundizar en los análisis sobre eficiencia y productividad, tanto a nivel internacional como sectorial, con el fin de poder comparar y complementar los resultados y estimaciones obtenidas a través de las técnicas tradicionales.

En conclusión, y para cerrar estos comentarios finales, creemos que el estudio aporta resultados que convergen en un denominador común: los países europeos, y especialmente la economía española, han experimentado una significativa caída en el crecimiento de su productividad desde mediados de los años 90s., lo que ha supuesto un proceso de divergencia con respecto a la economía estadounidense, donde se ha observado el fenómeno contrario. Uno de los pilares de este comportamiento dicotómico es el patrón observado en el sector servicios. Mientras que en los EE.UU. este sector se ha erigido en los últimos años en uno de los motores del crecimiento de su productividad agregada, no ha ocurrido lo mismo en los sectores terciarios europeos. A pesar de que ciertas actividades de servicios, como las comunicaciones, los transportes o los servicios financieros presentan unos niveles y tasas de crecimiento similares o incluso superiores a los de las actividades de mercado más dinámicas, el sector como agregado todavía presenta un patrón de productividad inferior al de otros sectores económicos, como las manufacturas, la energía o la construcción. Igualmente, el papel del sector servicios en el crecimiento de la productividad agregada en los países europeos, entre los que cabe destacar el caso español, todavía está muy lejos de lo observado en la economía estadounidense.

Sin embargo, son muchas las cuestiones que pueden quedar por resolver en un tema de tanta actualidad como el de la productividad, y en un sector con un papel estratégico tan importante en las economías modernas como son los servicios. Además, la novedad tanto del tema tratado como del punto de vista y metodología elegidos para estudiarlo hace que se hayan quedado algunas cuestiones por analizar y que pueden abrir ciertas líneas futuras de investigación. La metodología aquí utilizada se trata de un campo en continua expansión y donde los avances y nuevos descubrimientos se desarrollan de forma ininterrumpida desde hace ya algunos años. En esta línea lógica, algunas de las vías de trabajo abiertas que deja esta investigación podrían ser, por ejemplo, la aplicación de otros índices o descomposiciones de la productividad (véase Zofio y Lovell, 1999; o Zofio, 2007, entre otros), o la aplicación de estimaciones *bootstrap* para complementar la inferencia estadística (a través de estadísticos de rangos) introducida en este trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Ahmad, N., Lequiller, F., Marianna, P., Pilat, D., Schreyer, P. y Wölfl, A. (2003): "Comparing labour productivity growth in the OECD area. The role of measurement", *STI Working Paper Series*, 14, OCDE, París
- Ali, I., Charnes, A., Cooper, W., Divine, D. y Stutz, J. (1981): "An application of Data Envelopment Analysis to management of US army recruitment districts", *CCS Research Report*, 436, Center for Cybernetic Studies, University of Texas, Austin
- Ali, A. y Seiford, L. (1993): "The mathematical programming approach to efficiency analysis", en Fried, H. et al. (eds.) *The measurement of productive efficiency*, 120-59, Oxford University Press, Nueva York
- Álvarez Pinilla, A. (coord.) (2001): *La medición de la eficiencia y la productividad*, Ed. Pirámide, Madrid
- Balk, B. (2001): "Scale efficiency and productivity change", *Journal of Productivity Analysis*, 15, 159-83
- Banker, R. (1984): "Estimating most productive scale size using data envelopment meted", *European Journal of Operational Research*, 17, 35-44
- (1993): "Maximud likelihood, consistency, and data envelopment analysis. A statistical foundation", *Management Science*, 39(10), 1265-74
- Banker, R., Charnes, A., y Cooper, W. (1984): "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), 1078-92
- Baumol, W. (1967): "Macroeconomics of unbalanced growth. The anatomy of urban crisis", *American Economic Review*, 57 (3), 416-26
- (1986): "Productivity growth, convergence and welfare: What the long run data show", *American Economic Review*, 76(5), 1072-85
- Baumol, W., Blackman, S. y Wolff, E.N. (1989): *Productivity and American leadership. The long view*, MIT Press, Cambridge, MA
- Bosworth, B. y Triplett, J. (2007): "The early 21<sup>st</sup> century US productivity expansion is still in services", *International Productivity Monitor*, 14, Primavera, 3-19
- Brockett, P.L. y Golany, B. (1996): "Using rank statistics for determining programmatic efficiency differences in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 42(3), Marzo
- Brockett, P.L., Golany, B. y Li, S. (1998): "Analysis of intertemporal efficiency trends using rank statistics with an application evaluating the macro economic performance of OECD nations", *Journal of Productivity Analysis*, 11(2), 169-82
- Brockett, P.L. y Kemperman, J. (1980): "Statistical recognition of trends in health monitoring systems", *Methods of Information in Medicine*, 19(2), 106-112
- Brockett, P.L. y Levine, A. (1984): *Statistics, probability and their application*, W.B. Saunders Publishing Co.
- Caves, D., Christensen, L. y Diewert, E. (1982a): "Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers", *Economic Journal*, 92(365), 73-86

- (1982b): "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity", *Econometrica*, 50(6), 1393-1414
- Coelli, T., Rao, D. y Battese, G. (1998): *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston
- Coelli, T., Rao, D., O'Donnell, C.J. y Battese, G. (2005): *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Segunda Edición, Springer, Nueva York
- Comisión Europea (2004): *European Competitiveness Report 2003*, Comisión Europea, Bruselas
- Cooper, W., Seiford, L. y Tone, K. (2000): *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*, Kluwer Academic Publishers, Londres
- Cuadrado, J.R. y Maroto, A. (2006): "La productividad y los servicios. La necesaria revisión de la imagen tradicional", *Información Comercial Española*, 830, 67-91
- Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978): "Measuring the efficiency on decision making units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-44
- (1981): "Evaluating program and managerial efficiency: An application of DEA to program follow through", *Management Science*, 27(6), 668-97
- Charnes, A., Clark, T., Cooper, W. y Golany, B. (1985): "A development study of DEA in measuring the efficiency of maintenance units in the US air forces", *Annals of Operations Research*, 2, 95-112
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. y Seiford, L. (eds.) (1994): *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston
- De la Dehesa, G. (2005): "Perspectivas del empleo y la productividad en España", *Información Comercial Española*, 826, 483-501
- Dowrick, S. (1989): "Sectoral change, catching-up and slowing down: OECD postwar economic growth revisited", *Economic Letters*, 31(4), 331-335
- Dowrick, S. y Nguyen, D. (1989): "OECD comparative economic growth 1950-1985. Catch-up and convergence", *American Economic Review*, 79(5), 1010-30
- Efron, B. (1979): "Bootstrap methods: Another look at the Jakknife", *Annals of Statistics*, 7, 1-16
- (1982): *The Jakknife, the Bootstrap and other resampling plans*, CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, 38, Filadelfia
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. y Roos, P. (1989): "Productivity developments in Swedish hospitals: A Malmquist output index approach", en Charnes, A. et al. (eds.) *Data Envelopment Analysis: Theory, methodology and applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston
- Färe, R., Grosskopf, S. y Lovell, C.A.K. (1985): *The measurement of efficiency of production*, Kluwer-Nijhoff, Boston
- (1994): *Production frontiers*, Cambridge University Press, Cambridge
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang, Z. (1994): "Productivity growth, technical progress and efficiencychange in industrialized countries", *American Economic Review*, 84(1), 66-83
- Färe, R., Grosskopf, S. y Rusell, R. (eds.) (1998): *Index numbers essays in honour of Sten Malmquist*, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/Londres

- Forsund, F. y Sarafoglou, N. (1999): "The diffusion of research on productive efficiency: the Economist's guide to DEA evolution", *Discussion Paper*, D-02/99, Department of Economics and Social Sciences, NHL
- Fourastié, J. (1949): *Le grand espoir du XXeme siecle*, PUF, París
- Fried, H., Lovell, C.A.K. y Schmidt, S. (eds.) (1993): *The measuring of productive efficiency. Techniques and applications*, Oxford University Press, Nueva York
- Gijbels, I., Mammen, E., Park, U. y Simar, L. (1999): "On estimation of monotone and concave frontier functions", *Journal of the American Statistical Association*, 94, 220-228
- Gilbert, R. y Wilson, P. (1999): "Effects of deregulation on the productivity of Korean banks", *Journal of Economics and Business*, 50, 133-55
- Golany, B. y Roll, Y. (1989): "An application procedure for DEA", *OMEGA*, 17(3), 237-50
- Golany, B. y Thore, S. (1997a): "On the competitiveness of nations", en *IMPACT-IC2 Contribution to the advancement of technology*, Greenwood Publishing Group
- (1997b): "Restricted best practice selection in DEA: An overview with a case study evaluating socio-economic performance of nations", *Annals of Operations Research*, 73, 117-140
- González Moreno, J.L. (1997): *Los servicios de la economía española. Viejos problemas, nuevos retos*, Instituto de Estudios Económicos, Colección Estudios, Madrid
- Gordo, E., Jareño, J. y Urtasun, A. (2006): "Radiografía del sector servicios en España", *Documento Ocasional*, 0607, Banco de España
- Grifell-Tatje, E. y Lovell, C.A.K. (1999): "A generalized Malmquist productivity index", *TOP*, 7(1), 81-101
- Griliches, Z. (1992): *Output measurement in the service sector*, University of Chicago Press for NBER, Chicago
- Grosskopf, S. (2003): "Some remarks on productivity", *Journal of Productivity Analysis*, 20, 459-74
- Kumbhakar, S. y Lovell, C.A.K. (2000): *Stochastic frontier analysis*, Cambridge University Press, Cambridge
- La Caixa (2006): *Informe Mensual*, Julio-Agosto 2006
- Lehman, E. (1975): *Nonparametrics: Statistical methods based on ranks*, Holden Day Inc., San Francisco
- Lovell, C.A.K. (1993): "Production frontiers and productive efficiency", en Fried, H. et al. (eds.) *The measurement of productive efficiency*, 3-67, Oxford University Press, Nueva York
- (1994): "Linear programming approaches to the measurement and analysis of productive efficiency", *Top*, 2, 175-248
- (2003): "The decomposition of Malmquist productivity indexes", *Journal of Productivity Analysis*, 20(3), 437-58
- Lovell, C.A.K., Pastor, J.P. y Turner, J. (1995): "Measuring macroeconomic performance in the OECD. Comparison of European and non-European countries", *European Journal of Operational Research*, 87, 507-518
- Malmquist, S. (1953): "Index numbers and indifference curves", *Trabajos de Estadística*, 4(1), 209-42
- Maroto, A. (2007): *La productividad en el sector servicios. Un análisis económico aplicado*, Tesis doctoral, Universidad de Alcalá



- Maroto, A. y Cuadrado, J.R. (2006): *La productividad de la economía española*, Colección Estudios, Instituto de Estudios Económicos, Madrid
- (2008): “Evolución de la productividad en España. Un análisis sectorial, 1980-2006”, *Economía Industrial*, 367, 1-21
- Maroto, A. y Rubalcaba, L. (2007): “Productivity in services”, en Rubalcaba, L. (ed.) *Services in European Economy. Challenges and implication for economic policy*, Cap. 4, Edward Elgar, Londres
- (2008): “Services productivity revisited”, *The Services Industries Journal*, 28(3), 1-17
- OCDE (2005): “*Economic policy reforms – Going for growth*”, OCDE, París
- O’Mahony, M. y van Ark, B. (2003): *EU productivity and competitiveness. An industry perspective. Can Europe resume the catching-up process?*, Enterprise Publications, Comisión Europea, Bruselas
- Oulton, N. (2000): “Must the growth rate decline? Baumol’s unbalanced growth revisited”, *Working Paper*, 107, Bank of England, Londres (primera versión de 1999)
- Pastor, J.P., Ruiz, J.L. y Sirvent, I. (1996): “A statistical test for nested radial DEA models”, comunicación presentada en el *II Georgia Productivity Workshop*, Universidad de Georgia, Athens, GA
- Peña, D. (2001): *Fundamentos de Estadística*, Alianza Editorial, Madrid
- Pérez, F., Maudos, J., Pastor, J.M. y Serrano, L. (coords.) (2006): *Productividad e internacionalización: el crecimiento español ante los nuevos cambios estructurales*, Fundación BBVA, Madrid
- Picazo, A., Saéz, F. y González, F. (2007). “Does quality service matter in measuring performance in water utilities?”, comunicación presentada en el *III EFIUCO Congreso de Eficiencia y Productividad*, Córdoba, 26-27 Abril
- Pilat, D.; Lee, F. y van Ark, B. (2002): “Production and use of ICT: A sectoral perspective on productivity growth in the OECD area”, *OECD Economic Studies*, 35, 2002/2, OCDE, París
- Ray, S. y Desli, E. (1997): “Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries: A déjà vu”, *American Economic Review*, 87, 1033-39
- Sarafoglou, N. (1998): “The most influential DEA publications: a comment on Seiford”, *Journal of Productivity Analysis*, 9, 279-81
- Schreyer, P. (1998): “Information and Communication Technology and the measurement of real output, final demand and productivity”, *STI Working Papers* 1998/2, OCDE, París
- (2001): “Computer price indices and international growth and productivity comparisons”, *Statistics Working Papers*, STD/DOC(2001)1, OCDE, París
- Segura, J.(coord.) (2006): *La productividad en la economía española*, Fundación Ramón Areces, Madrid
- Seiford, L. (1995). “A bibliography of DEA (1978-1995)”, en Charnes, A. et al. (eds.) *Data Envelopment Analysis: Theory, methodology and applications*, Kluwer Academic Publishers
- (1996): “Data Envelopment Analysis: The evolution of the state of the art (1978-1995)”, *Journal of Productivity Analysis*, 7, 99-137
- Seiford, L. y Thrall, R. (1990): “Recent developments in DEA: The mathematical approach to frontier analysis”, *Journal of Econometrics*, 46, 7-38
- Siegel, D. (1994). “Errors in output deflators revisited. Unit values and the producer price index”, *Economic Inquiry*, 32, 11-32

- Simar, L. y Wilson, P. (1998a): “Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in non-parametric frontier models”, *Management Science*, 44(11), 49-61
- (1998b): “Non parametric tests of returns to scale”, *Discussion Paper*, 9814, Institut de Statistique and CORE, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve
- (1999a): “Of course we can bootstrap DEA scores! But does it mean anything? Logic trumps wishful thinking”, *Journal of Productivity Analysis*, 11, 93-97
- (1999b): “Estimating and bootstrapping Malmquist indices”, *European Journal of Operations Research*, 115, 459-471
- (2000a): “Statistical inference in nonparametric frontier models. The state of the art”, *Journal of Productivity Analysis*, 13, 49-78
- (2000b): “A general methodology for bootstrapping in non parametric frontier models”, *Journal of Applied Analysis*, 27, 6, 779-802
- Triplet, J. y Bosworth, B. (2003): “Productivity measurement issues in service industries: Baumol’s disease has been cured”, *Economic Policy Review*, Federal Reserve Bank of New York, Septiembre
- (2005): *Productivity in the U.S. service sector. New sources of economic growth*, Brookings Institution Press, Washington D.C.
- Van Ark, B. (1996): “Issues in productivity measurement: statistical problems and policy links”, en OCDE: *Industry productivity: International comparisons and measurement issues*, 19-47, OCDE, París
- Wheelock, D. y Wilson, P. (1999): “Technical progress, inefficiency and productivity changes in US banking, 1984-1993”, *Journal of Money, Credit and Banking*, 31, 212-34
- Wolff, E. (1999): “The productivity paradox: evidence from indirect indicators of service sector productivity growth”, *Canadian Journal of Economics*, 32(2), 281-308.
- Wölfl, A. (2003): “Productivity growth in service industries: an assessment of recent patterns and the role of measurement”, *STI Working Paper 2003/7*, OCDE, París
- (2005): “The service economy in OECD countries”, *STI Working Paper*, 2005/3, OCDE, París.
- Zofio, J.L. (2007): “Malmquist productivity index decompositions. A unifying framework”, *Applied Economics* (en prensa)
- Zofio, J.L. y Lovell, C.A.K. (1999): “Yet another Malmquist productivity index decomposition”, *mimeo*, Departamento de Economía, Universidad Autónoma de Madrid, School of Economics, UNSW, Sydney