

## **Análisis de la variación de productividad en las Universidades Públicas españolas antes y después del inicio de la última crisis**

Yolanda Fernández-Santos

*Universidad de León (yfers@unileon.es)*

Almudena Martínez-Campillo

*Universidad de León (amarc@unileon.es)*

José-Miguel Fernández-Fernández

*Universidad de León (jose-miguel.fernandez@unileon.es)*

### **Resumen**

La última crisis mundial iniciada en el año 2008, junto con el entorno económico existente en ese momento a nivel nacional, contribuyeron a que España entrara en una gran recesión, afectando tanto a las entidades públicas como privadas. Específicamente, las entidades que forman el sector público, en general, y las Universidades Públicas, en particular, se han visto perjudicadas principalmente por el control del gasto público impuesto desde el Gobierno Central, limitando su prestación de servicios. En este contexto, el objetivo de este trabajo es evaluar si las Universidades Públicas españolas han mejorado o empeorado su productividad durante la última crisis española, tanto a nivel global como en las actividades docentes e investigadoras, respecto a la situación previa a la misma. En particular, el periodo de estudio abarca desde la implantación de la Ley Orgánica de Universidades (LOU) en 2002 hasta el inicio de la recuperación económica en 2014. Para ello, se utiliza el Índice de Productividad de Malmquist, que proporciona información sobre la variación de productividad, así como sus causas, y la técnica de remuestreo *bootstrap* para determinar si los cambios productivos observados son estadísticamente significativos. Los resultados demuestran un avance en el comportamiento productivo global de las instituciones, así como en las actividades de investigación y docencia, además de convergencia en la variación de productividad.

**Palabras clave:** Productividad docente, Productividad investigadora, Universidades Públicas españolas, Índice de Productividad de Malmquist *Bootstrap*, convergencia

**Área temática: Área 3:** Producción educativa y eficiencia. Eficiencia y productividad

**Área temática:** Eficiencia y productividad

**Códigos JEL:** C14, D24, I23

## 1. Introducción

La *Ley Orgánica de Universidades 6/2001, de 20 de diciembre (LOU)* y, posteriormente, la *Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril (LOMLOU) de Modificación de la LOU*, que dan respuesta a las Declaraciones de la Sorbona en 1998 y de Bolonia en 1999 con las que se crea al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) a fin de homogeneizar los diferentes sistemas universitarios europeos, fomentan un mayor autogobierno de las Instituciones de Educación Superior Pública (IESP), exigiéndoles rendir cuentas a la sociedad. Además, se introduce por primera vez criterios de eficiencia y productividad en su gestión a fin de aumentar su rendimiento (Mira-Solves et al., 2012).

Este trabajo se centra en el sistema universitario español de enseñanza presencial, el cual ha llevado a cabo reformas en las últimas dos décadas para adaptarse al EEES. Además, la última crisis financiera española, que se inició en 2008 como consecuencia de la crisis mundial y del entorno económico existente en ese momento a nivel nacional, afectó tanto a las entidades públicas como privadas. Específicamente, las entidades que forman el sector público, en general, y las universidades públicas, en particular, se vieron perjudicadas principalmente por el control del gasto público impuesto desde el Gobierno Central, limitando su prestación de servicios y creando diferencias en productividad entre dichas instituciones.

En este sentido, la presente investigación trata de evaluar, por una parte, el cambio de productividad y sus componentes, eficiencia y tecnología, tanto a nivel global como en las actividades docentes e investigadoras que desarrollan las universidades públicas presenciales españolas, durante la última crisis española (2008-2014) respecto a la situación existente antes de la misma (2002-2008). En particular, el periodo de estudio abarca los siete cursos académicos alternos desde la implantación de la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades (LOU) en 2002/03 hasta el inicio de la recuperación económica en 2014/15. Por otra parte, se estudia la convergencia del cambio de productividad de dichas entidades durante el citado periodo.

Para lograr el primer objetivo se aplica el Índice de Productividad de Malmquist (IPM) junto con la técnica de re-muestreo bootstrap, que permite utilizar la inferencia estadística para determinar si los cambios productivos observados son estadísticamente significativos. Para alcanzar el segundo objetivo se utilizan los test de convergencia  $\beta$  no condicional y convergencia  $\sigma$  desarrollados por Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992).

Este estudio contribuye al enriquecimiento de la literatura existente sobre Economía de la Educación en los siguientes términos: *Primero*, permite progresar en el conocimiento del análisis del cambio de productividad en el Sistema Universitario Público español a nivel institucional, añadiendo nueva evidencia empírica a la escasa investigación existente hasta la fecha. *Segundo*, el análisis del cambio de productividad se realiza desde una doble perspectiva, considerando por

separado tanto la actividad docente como investigadora de las universidades, debido a que normalmente la toma de decisiones por parte de los gobernantes institucionales se realiza en función del tipo de actividad. *Tercero*, se emplea una metodología que combina el IPM con la técnica bootstrap (Simar y Wilson, 1999), proporcionando resultados más fiables y robustos que la metodología convencional. La técnica bootstrap utilizada en el estudio ha sido escasamente aplicada a nivel internacional en el ámbito de la Educación Superior, no existiendo evidencia empírica en este sector en el caso español. *Cuarto*, según nuestro conocimiento, no existen trabajos previos que analicen la convergencia del cambio de productividad en el ámbito universitario.

El resto del trabajo se estructura como sigue. En el segundo apartado se hace referencia a los antecedentes empíricos. En el tercero se recoge la metodología utilizada en el estudio. En el cuarto se define la muestra objeto de estudio, así como las variables utilizadas. En el quinto se presentan los resultados obtenidos y en el sexto las principales conclusiones.

## **2. Antecedentes empíricos**

Los estudios sobre el análisis del cambio de productividad en las IESP se han desarrollado principalmente a nivel internacional, siendo escasos los trabajos en el ámbito nacional. Aunque queda fuera del alcance de este trabajo un análisis detallado de dicha literatura, es preciso mencionar algunas de las investigaciones realizadas que utilizan el IPM sobre datos de panel para estimar el cambio productivo a lo largo del tiempo.

En el ámbito internacional, se pueden diferenciar entre aquellos trabajos que se centran en las instituciones de educación superior de un único país (*country analysis*) de aquéllos otros que abarcan instituciones que pertenecen a varios países (*cross-country analysis*). Entre las investigaciones pertenecientes al primer grupo, destacan las realizadas en Reino Unido (Glass et al., 1998; Flegg et al., 2004; Johnes, 2008) y en Italia (Agasisti y Dal Bianco, 2009). Fuera de Europa cabe citar los trabajos desarrollados en Australia por Carrington et al. (2005) y en Estados Unidos por Sav (2012).

Por otro lado, están aquéllos estudios que, desde una perspectiva *cross-country*, realizan una comparativa del cambio de productividad entre las universidades públicas de diferentes países. Entre ellos, se puede citar el trabajo realizado por Agasisti y Pérez-Esparrells (2010), quienes comparan las universidades públicas italianas con las instituciones españolas en el periodo 2001/02 a 2004/05. Del mismo modo, Agasisti y Johnes (2009) analizan las universidades italianas y las inglesas en el periodo 2002/03 a 2004/05. Finalmente, Parteka y Wolszczak-Derlacz (2013) estudian las instituciones pertenecientes a 7 países europeos (Alemania, Austria, Italia, Finlandia, Polonia, Reino Unido y Suiza) durante el periodo 2001 a 2005, y Wolszczak-Derlacz

(2016) analizan una muestra de 500 universidades de 10 países europeos y EE.UU. entre los años 2000 a 2010.

En el ámbito nacional, son exiguos los estudios previos que analizan el cambio productivo de las universidades españolas a nivel institucional entre dos períodos de tiempo, a excepción de los trabajos de Agasisti y Pérez-Esparrells (2010), mencionado previamente, y Fernández-Santos et al. (2013) quienes estudian 39 Instituciones de Educación Superior Pública (IESP) españolas durante el periodo 2001/02 a 2008/09, encontrando que su productividad crece un 8% a lo largo de dicho periodo (esta evolución es debida a un 6% de progreso tecnológico y a una mejora en la eficiencia técnica próxima al 2%).

Los estudios mencionados anteriormente utilizan al IPM considerando conjuntamente variables inputs y outputs de docencia e investigación para determinar el cambio productivo en las IES. Sin embargo, según nuestro conocimiento, son muy escaso los trabajos que analizan la la variación de la productividad, diferenciando entre las actividades que desarrollan dichas instituciones. En este último caso y a *nivel internacional*, mencionamos el trabajo realizado por Worthington y Lee (2008), quienes analizan 35 instituciones australianas, revelando que la productividad se incrementa en más del doble en la actividad de investigación (6,3%) que en la de docencia (2,9%) en el periodo 1998-2003. Del mismo modo, los resultados alcanzados en el estudio realizado por Mahmoudi et al. (2012) en las universidades islámicas de Irán entre 1999 y 2009, no difieren en relación con el anterior trabajo en cuanto que el progreso productivo en investigación duplica (9,5%) al correspondiente en docencia (3,8%). En ambos trabajos, la mejora de productividad en docencia se debe únicamente al cambio de tecnología. Sin embargo, en la actividad de investigación, la tecnología y la eficiencia contribuyen en diferente proporción al aumento de la productividad.

A *nivel nacional*, los trabajos desarrollados por Fernández-Santos y Martínez-Campillo (2015) y Vázquez Rojas y Pérez-Esparrells (2016) son los únicos que, según nuestro conocimiento, centran el análisis en las actividades de docencia e investigación, consideradas independientemente. También hay que mencionar la investigación realizada por García-Aracil et al. (2009), quienes estudian la actividad de transferencia del conocimiento, además de las dos actividades anteriores.

Por último, entre los estudios mencionados anteriormente, sólo un número escaso de ellos utiliza la técnica bootstrap en la aplicación del IPM para determinar si el cambio de productividad resultante es estadísticamente significativo (Parteka y Wolszczak-Derlaez, 2013; Fernández-Santos y Martínez-Campillo, 2015; Wolszczak-Derlacz , 2016). Además, según nuestro conocimiento, los trabajos que han desarrollado un análisis de convergencia en las universidades públicas se han realizado sobre su eficiencia (Guccio, et al. 2015, 2016), no existiendo ninguno que analice la convergencia del cambio de productividad.

### 3. Metodología

#### 3.1. El Índice de Productividad de Malmquist

Entre los índices que existen para medir el cambio de productividad entre dos periodos de tiempo hay que destacar, por un lado, el índice de Fisher (1922) y el índice de Tönqvist (1936) y, por otro, el Índice de Productividad de Malmquist (IPM) (Malmquist, 1953). Los dos primeros pueden ser calculados sin necesidad de recurrir a la estimación de la tecnología subyacente y solamente requieren datos de cantidades y precios de los inputs y outputs. Sin embargo, el IPM, además de ser el enfoque más popular para llevar a cabo la evaluación de la productividad (Bogetoft y Otto, 2011), presenta, según Grifell-Tatjé y Lovell (1996), las siguientes ventajas: (a) se puede calcular sin utilizar datos relativos a precios, como puede suceder en situaciones donde estos sean desconocidos o estén distorsionados o tengan un significado económico pequeño; (b) no necesita suponer un comportamiento que minimice los costes ni maximice los beneficios; y (c) permite la descomposición de cambio de productividad en cambio de eficiencia técnica y cambio tecnológico (desplazamiento de la frontera), haciendo posible determinar las causas del cambio de productividad.

En este trabajo se opta por utilizar IPM, basado en la función distancia de Shephard (1953, 1970)<sup>1</sup>, para medir los cambios de productividad, eficiencia y tecnología de las universidades públicas presenciales españolas. Además, se elige una orientación output que determina el porcentaje que las universidades pueden incrementar de forma equiproporcional su producción docente o investigadora a partir de los recursos disponibles. La razón de esta elección se debe a la rigidez que presentan los recursos de las universidades (normalmente establecidos por niveles superiores de la Administración en función de unos criterios preestablecidos) y a la dificultad que implica hacer variaciones de los mismos, al menos a corto plazo, lo que hace que los gestores tengan un control mínimo sobre ellos, y que, por tanto, su objetivo esté dirigido principalmente hacia la obtención de mejores resultados que hacia la minimización de los recursos (Gómez-Sancho y Mancebón, 2012).

El IPM fue introducido en la literatura por Caves et al. (1982) y desarrollado y popularizado posteriormente por Färe et al. (1994) en el ámbito de la gestión. Su construcción implica definir la función distancia introducida por Shephard (1970) respecto a dos períodos de tiempo diferentes ( $t$  y  $t+1$ ) con sus correspondientes tecnologías, tal como se muestra a continuación,

$$D^t(x^t, y^t) = \min\{\theta > 0: (x^t, y^t/\theta)\} \quad (1)$$

$$D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \min\{\theta > 0: (x^{t+1}, y^{t+1}/\theta)\} \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> La función distancia de Shephard (1953, 1970) es la inversa de la medida de eficiencia definida por Farrell (1957) calculada a través de la metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA).

No obstante, para evitar la arbitrariedad en la elección de la tecnología de referencia entre ambos periodos es preciso resolver cuatro funciones distancia. En dos de ellas, la observación y la tecnología de producción estén definidos en el mismo período ( $D^t(x^t, y^t)$  y  $D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ ) y, en las otras dos, la observación y la tecnología correspondan a períodos distintos ( $D^t(x^{t+1}, y^{t+1})$  y  $D^{t+1}(x^t, y^t)$ ). Finalmente, el IPM se determina como la media geométrica de los dos IPM definidos para cada periodo.

Färe et al. (1994) descomponen el IPM en el producto de dos componentes, los cuales se detallan en la formulación (3): el primero indica el *Cambio de Eficiencia Técnica* ( $\Delta ET$ ) de la unidad de decisión (*Decision Making Unit - DMU*) entre los periodos  $t$  y  $t+1$  en relación con su frontera contemporánea, mostrando la mejora o empeoramiento de la gestión llevada a cabo por la entidad de los recursos disponibles, y, el segundo representa el *Cambio de Tecnología* ( $\Delta T$ ) refleja el avance o retroceso de la frontera de producción con respecto a la DMU entre el periodo  $t$  y  $t+1$ , es decir, indica el cambio tecnológico del sector.

$$IPM^{t,t+1} = \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \left[ \left( \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \left( \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} = \Delta ET \times \Delta T \quad (3)$$

Así, un  $IPM > 1$  indica una mejora de la productividad y un  $IPM < 1$  un empeoramiento de la misma. Una  $\Delta T > 1$  señala una mejoría del progreso técnico, mientras que una  $\Delta T < 1$  muestra recesión tecnológica. Del mismo modo,  $\Delta ET > 1$  evidencia una mayor proximidad de las DMUs a la frontera contemporánea y  $\Delta ET < 1$  revelan un mayor distanciamiento a la misma.

Las funciones distancia que componen el IPM se calculan usando la técnica no paramétrica de programación lineal Análisis Envoltente de Datos (DEA) bajo rendimientos de escala constante (Charnes et al. 1978).

### 3.2. La técnica bootstrap y el Índice de Productividad de Malmquist

El modelo convencional DEA utilizado para calcular el IPM desarrollado en el apartado anterior ha sido ampliamente criticado por algunos investigadores (Simar y Wilson, 2000a, b) al sufrir algunas deficiencias. El carácter determinista del modelo DEA incorpora las medidas de error originados por variables omitidas, errores en los valores de las variables, observaciones atípicas u otras discrepancias dentro de las estimaciones de eficiencia, interpretando la desviación de la frontera exclusivamente como ineficiencia. En este sentido, las estimaciones DEA y en consecuencia el IPM no presentan propiedades estadísticas, tendiendo a generar valores sesgados.

En este trabajo se utiliza el procedimiento bootstrap homogéneo desarrollado por Simar y Wilson (1999)<sup>2</sup> para solventar los anteriores problemas, que combina el IPM y la técnica de re-muestreo bootstrap. Esta técnica de re-muestreo bootstrap fue introducida inicialmente por Efron (1979) y toma como referencia la asunción de que los datos observados son una representación de la población, ayudando a resolver problemas de tamaño muestral. Además, proporciona estimaciones estocásticas y sesgadas corregidas, al minimizar la contaminación de los datos por el ruido estadístico (Simar y Wilson, 2000b). En definitiva, este estimador permite evaluar la significación estadística de los valores de cambio de productividad, eficiencia y tecnología derivados de aplicar el IPM y, por tanto, determinar si los resultados obtenidos indican un cambio real o son fruto del ruido muestral.

### 3.3. Test de convergencia

Los test para investigar la convergencia en productividad son convergencia  $\beta$  y convergencia  $\sigma$  (Barro y Sala-i-Martin, 1991, 1992, 2004). El test de convergencia  $\beta$  establece una regresión entre la tasa de crecimiento de la variación de productividad respecto al momento inicial del cambio de productividad. Con ello se pretende estudiar si las universidades más rezagadas en niveles de cambio productividad en el primer periodo experimentan un mayor crecimiento de ésta que las instituciones con más alto nivel inicial de variación de productividad. Así, si el coeficiente  $\beta$  es negativo y estadísticamente significativo se dice que existe convergencia, mientras que si la relación es positiva hay divergencia. La función de regresión<sup>3</sup> para calcular la convergencia  $\beta$  es la siguiente:

$$\ln IPM_{i,t} - \ln IPM_{i,t-1} = \alpha + \beta \ln IPM_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

donde  $IPM_{i,t}$  es el Índice de Productividad de Malmquist de la DMU  $i$  en el periodo  $t$ ;  $IPM_{i,t-1}$  es el Índice de Productividad de Malmquist de la DMU  $i$  en el periodo  $t-1$ ;  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros a estimar y  $\varepsilon_{i,t}$  es el término error.

La *convergencia*  $\sigma$  que representa la estimación de la dispersión cross-seccional indica la rapidez con la que el cambio de productividad de una universidad converge con la media del cambio de productividad del conjunto de las universidades.

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\ln(IPM_{i,t}) - u_t)^2}{N}} \quad (5)$$

<sup>2</sup> Para la obtención de los resultados se utiliza el paquete estadístico FEAR® (Wilson, 2008).

<sup>3</sup> Al igual Kumar y Russell (2002) los cálculos se realizan utilizando Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG), ya que permite que los errores puedan estar correlacionados y/o haya desigualdad en las varianzas.

donde  $IPM_{i,t}$  es el Índice de Productividad de Malmquist de la DMU  $i$  en el periodo  $t$ ,  $N$  es el total del DMUs consideradas en el estudio y  $u_t$  la media muestral del  $\ln(IPM_{i,t})$ . Por tanto, existirá convergencia de tipo  $\sigma$  si la desviación típica experimenta una disminución con el paso del tiempo.

## 4. Datos y variables

### 4.1. Población y muestra

La población objeto de estudio comprende las 47 universidades públicas de carácter presencial existentes en España en los cursos académicos alternos desde el curso 2002/03, primer curso académico completo tras la implantación de la LOU, hasta el 2014/15, último curso de disponibilidad de información. No obstante, la presencia de observaciones atípicas es considerado un problema para el DEA convencional y en consecuencia para el IPM, dado que estas pueden incrementar el ruido y distorsionar los resultados. Por tanto, en este estudio se emplea el método desarrollado por Wilson (1993, 2010) para determinar outliers. Concretamente, se han detectado 4 universidades<sup>4</sup> como observaciones atípicas que han sido eliminadas del análisis en todos los años de estudio, dado que la aplicación IPM requiere un panel de datos completo. Finalmente, la muestra resultante es de **43 universidades** por curso académico.

Esta muestra cumple la regla general establecida por Banker et al. (1989) para que los resultados sean fiables que requiere que el número de unidades estudiadas sea igual o superior al triple de las variables empleadas en el modelo, es decir, tres veces la suma de los inputs y outputs, cumpliéndose esta condición en nuestro estudio.

### 4.2. Especificación de las variables inputs y outputs

La selección de las variables es una de las tareas críticas para determinar la función de producción de las universidades. En esta fase se deben elegir los indicadores que sean lo suficientemente representativos de las principales misiones de las universidades.

La elección de las variables inputs y outputs está basada en los trabajos previos existentes en la literatura que analizan la eficiencia en las IES, concretamente, en la investigación desarrollada por Wolszczak-Derlacz (2016). Específicamente, en este estudio se utilizan tres variables input y dos variables output, las cuales abarcan tanto aspectos de docencia como de investigación. La información utilizada procede de las páginas webs de la Conferencia de

---

<sup>4</sup> Las observaciones atípicas son: Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Barcelona, Universidad del País Vasco y la Universidad y la Universidad Politécnica de Cataluña.



Rectores de Universidades españolas (CRUE), del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y de la Web ISI de la base de datos de ciencias editada por Thomson Reuters.

**VARIABLES INPUTS:**

- *Estudiantes matriculados (EST)*: número total de estudiantes matriculados en todos los niveles educativos por curso académico.
- *Personal Docente e Investigador (PDI)*: número total de profesorado docente e investigador por año fiscal.
- *Ingresos Totales (IT)*: ingresos liquidados totales por año fiscal (en miles de euros).

**VARIABLES OUTPUTS:**

- *Alumnos Egresados (EGR)*: número total de alumnos egresados en todos los niveles de las enseñanzas oficiales (diplomaturas, licenciaturas, grados, postgrados y másteres) por curso académico.
- *Publicaciones (ART)*: Número de artículos científicos publicados e indexados en la Web of Science del ISI editada por Thomson Reuters por año fiscal.

Los datos expresados en unidades monetarias están deflactados al año 2002 utilizando para ello el deflactor del PIB obtenido de la web del Banco de España con el objetivo de minimizar la variación de los precios sobre los resultados.

La Tabla 1 resume los principales estadísticos de las distintas variables input y output empleadas en el estudio.

**Tabla 1. Estadísticos descriptivos**

47 DMUs	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
EST	4283	87460	24857	15832
PDI	384	6448	1974	1219
IT	30614	615633	184488	122569
EGR	512	15663	3986	2612
ART	45	5469	759	726

EST: Estudiantes matriculados (en unidades); PDI: Profesor Docente e Investigador (en unidades); IT: Ingresos Totales (en miles de euros); EGR: Alumnos Egresados (en unidades); ART: Artículos publicados.

A partir de la anterior especificación de las variables se construyen tres modelos diferentes: los dos primeros, denominados *modelo Docencia* y *modelo Investigación*, sirven para analizar por separado la variación de productividad en las dos principales actividades que desarrollan las universidades –docencia e investigación– y el tercero, el *modelo Global*, pretende evaluar el cambio de productividad global de la institución al considerar conjuntamente todas las variables del estudio. Las variables input y output incluidas en cada modelo se indican en la Tabla 2.

**Tabla 2. Modelos para estimar el cambio de productividad**

<b>Modelos</b>	<b>Inputs</b>	<b>Outputs</b>
<b>Modelo Docencia</b>	<i>EST, PDI, IT</i>	<i>EGR</i>
<b>Modelo Investigación</b>	PDI, IT	ART
<b>Modelo Global</b>	<i>EST, PDI, IT</i>	EGR, ART

EST: Estudiantes matriculados (en unidades); PDI: Profesor Docente e Investigador (en unidades); IT: Ingresos Totales (en miles de euros); EGR: Alumnos egresados (en unidades); ART: Artículos publicados.

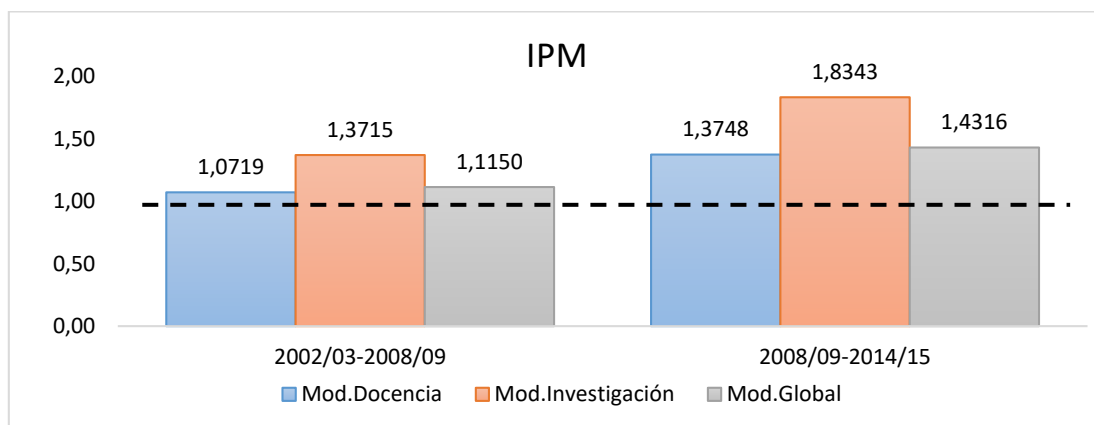
## 5. Resultados empíricos

### 5.1. Análisis del cambio de productividad

La Tabla 3 recoge una comparación de los resultados originales y bootstrap del factor de productividad total y sus componentes, eficiencia y tecnología, para las actividades de docencia, investigación y global en los periodos antes (2002/03-2008/09) y durante (2008/09-2014/15) la última crisis financiera española iniciada en 2008. Además, en ella se muestra el número y porcentaje de DMUs que han experimentado cambio y aumento de productividad, eficiencia y tecnología para cada actividad en dicho periodo. Los valores bootstrap se obtienen tras aplicar el algoritmo desarrollado por Simar y Wilson (1999), con 2000 repeticiones y un intervalo de confianza del 95%, proporcionando indicadores más robustos y fiables para analizar los resultados, es decir, permiten identificar si las variaciones en productividad, eficiencia y tecnología son estadísticamente significativas a un nivel del 5%.

Una primera observación de la Tabla 3 permite comprobar que las variaciones de productividad y eficiencia tanto en las estimaciones originales como bootstrap en ambos sub-periodos son superiores en el modelo Investigación que en el modelo Docencia (Gráfico 1). Esto puede deberse a que las universidades se han adaptado más rápidamente a los requerimientos de la LOU en el ámbito de la investigación que a los establecidos para la docencia, puesto que la estructura de las nuevas enseñanzas no se inicia hasta el 2006 para los másteres oficiales y 2008/09 para las titulaciones de grado, produciendo sus efectos en los outputs transcurridos unos años. Estos hallazgos coinciden con los trabajos de Worthington y Lee (2008) para universidades australianas para el periodo 1998-2003, Mahmoudi et al. (2012) para las iraníes entre 1999 y 2009, y García-Aracil et al. (2009) y Fernández-Santos y Martínez-Campillo (2015) para IES españolas entre los periodos 1995-2006 y 2002-2008, respectivamente. No obstante, se advierte que existen diferencias entre los porcentajes de variación, debido principalmente a la distinta especificación de los inputs y outputs.

**Gráfico 1. Cambio de productividad bootstrap por periodos y actividades**



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la actividad docente, los valores bootstrap indican un incremento considerable de la productividad en el segundo periodo (2008/09-2014/15) respecto al primero (2002/03-2008/09), de manera que mientras la primera aumenta un 37,48%, la última tan sólo crece un 7,19%. Esto corrobora que la toma de decisiones interna llevada a cabo por las instituciones durante la crisis ha tenido efectos positivos, produciendo un avance significativo de la tecnología (66,49%) frente a la disminución del uso eficiente de sus recursos disponibles (17,05%). Esto significa que, durante la crisis, existe un mayor distanciamiento en la actividad docente entre las DMUs situadas en la frontera que marcan la tecnología y aquellas otras que, tratando de mejorar la eficiencia, al final no lo han conseguido y han retrocedido.

Por otra parte, las causas del incremento del cambio de productividad bootstrap en la actividad investigadora durante la crisis (83,43%) en relación al periodo pre-crisis (37,15%), se debe tanto a la mayor eficiencia en el empleo de los factores productivos (46,58%) como a la toma de decisiones adecuada por los gobernantes de dichas instituciones (27,72%).

En cuanto al modelo Global, mientras que la variación de eficiencia decae en los dos sub-periodos, los cambios en productividad y tecnología experimentan un considerable incremento, especialmente durante la crisis económica.

Finalmente, en relación al volumen de entidades que sufren cambios en productividad según las estimaciones bootstrap un 44,2% de las IES experimentan un aumento en productividad en su actividad docente en el periodo pre-crisis, frente al 90,07% en el periodo durante la crisis. Lo mismo sucede para la actividad de investigación con un porcentaje de entidades con incremento de la productividad más elevado durante la crisis (97,7%) que en el periodo pre-crisis (79,1%).

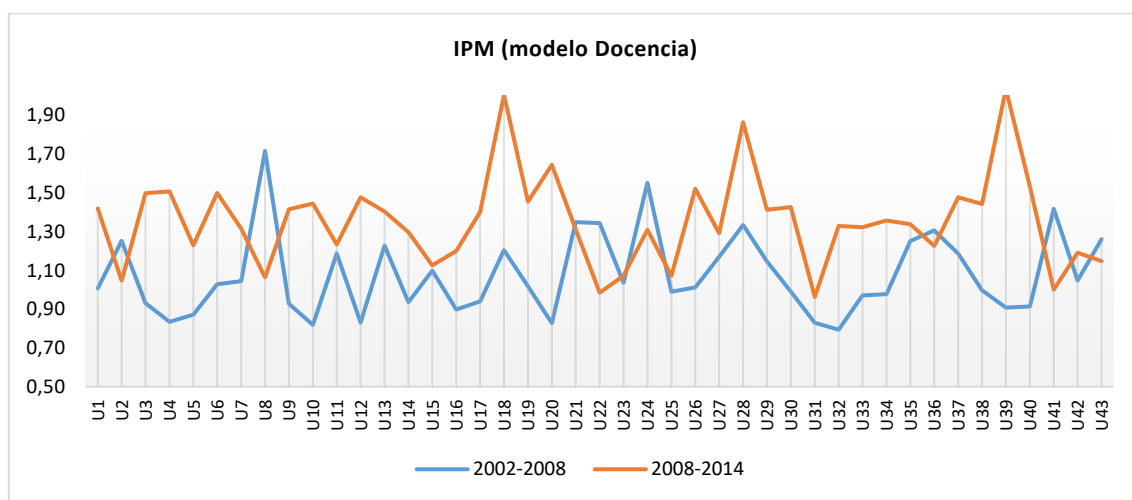
**Tabla 3. Comparación de las estimaciones originales y bootstrap ( $\alpha=5\%$ ) del factor de productividad total y sus componentes por actividad y periodos (2002/03-2008/09 y 2008/09-2014/15)**

43 DMUs	Modelo DOCENCIA				Modelo INVESTIGACIÓN				Modelo GLOBAL			
	2002/03-2008/09		2008/09-2014/15		2002/03-2008/09		2008/09-2014/15		2002/03-2008/09		2008/09-2014/15	
	Original	$\alpha=5\%$	Original	$\alpha=5\%$	Original	$\alpha=5\%$	Original	$\alpha=5\%$	Original	$\alpha=5\%$	Original	$\alpha=5\%$
<b>Cambio en Productividad</b>												
Nº DMUs con cambio	43	32	43	40	43	37	43	43	43	34	43	41
% DMUs con cambio (*)	100,0%	74,4%	100,0%	93,0%	100,0%	86,0%	100,0%	100,0%	100,0%	79,1%	100,0%	95,3%
Nº DMUs con aumento	24	19	41	39	38	34	42	42	29	22	43	41
% DMUs con aumento (*)	55,8%	44,2%	95,3%	90,7%	88,4%	79,1%	97,7%	97,7%	67,4%	51,2%	100,0%	95,3%
Media	<b>1,0788</b>	<b>1,0719</b>	<b>1,3560</b>	<b>1,3748</b>	<b>1,3730</b>	<b>1,3715</b>	<b>1,8482</b>	<b>1,8343</b>	<b>1,1111</b>	<b>1,1150</b>	<b>1,4087</b>	<b>1,4316</b>
Desv. Típ.	0,2097	0,2163	0,2387	0,2451	0,3312	0,3287	0,3690	0,3701	0,2169	0,2289	0,2165	0,2305
<b>Cambio en Eficiencia Técnica</b>												
Nº DMUs con cambio	43	30	43	37	43	6	43	36	43	32	43	23
% DMUs con cambio (*)	100,0%	69,8%	100,0%	86,0%	100,0%	14,0%	100,0%	83,7%	100,0%	74,4%	100,0%	53,5%
Nº DMUs con aumento	19	15	3	0	25	4	42	35	18	13	11	2
% DMUs con aumento (*)	44,2%	34,9%	7,0%	0,0%	58,1%	9,3%	97,7%	81,4%	41,9%	30,2%	25,6%	4,7%
Media	<b>1,0157</b>	<b>1,0213</b>	<b>0,7824</b>	<b>0,8295</b>	<b>1,0968</b>	<b>1,0596</b>	<b>1,5578</b>	<b>1,4658</b>	<b>0,9874</b>	<b>0,9949</b>	<b>0,9233</b>	<b>0,9554</b>
Desv. Típ.	0,1736	0,1779	0,1251	0,1429	0,2534	0,3021	0,3225	0,3672	0,1602	0,1684	0,1363	0,1558
<b>Cambio en Tecnología</b>												
Nº DMUs con cambio	43	30	43	43	43	0	43	0	43	30	0	0
% DMUs con cambio (*)	100,0%	69,8%	100,0%	100,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	69,8%	0,0%	0,0%
Nº DMUs con aumento	27	22	43	43	43	0	43	0	33	24	0	0
% DMUs con aumento (*)	62,8%	51,2%	100,0%	100,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	76,7%	55,8%	0,0%	0,0%
Media	<b>1,0652</b>	<b>1,0508</b>	<b>1,7403</b>	<b>1,6649</b>	<b>1,2522</b>	<b>1,3261</b>	<b>1,1881</b>	<b>1,2772</b>	<b>1,1300</b>	<b>1,1249</b>	<b>1,5403</b>	<b>1,5103</b>
Desv. Típ.	0,1227	0,1144	0,1948	0,1674	0,0805	0,2138	0,0431	0,1844	0,1596	0,1630	0,2186	0,1821

(\*) Los porcentajes tanto en las estimaciones originales como bootstrap se calculan sobre las 43 DMUs consideradas en el estudio.

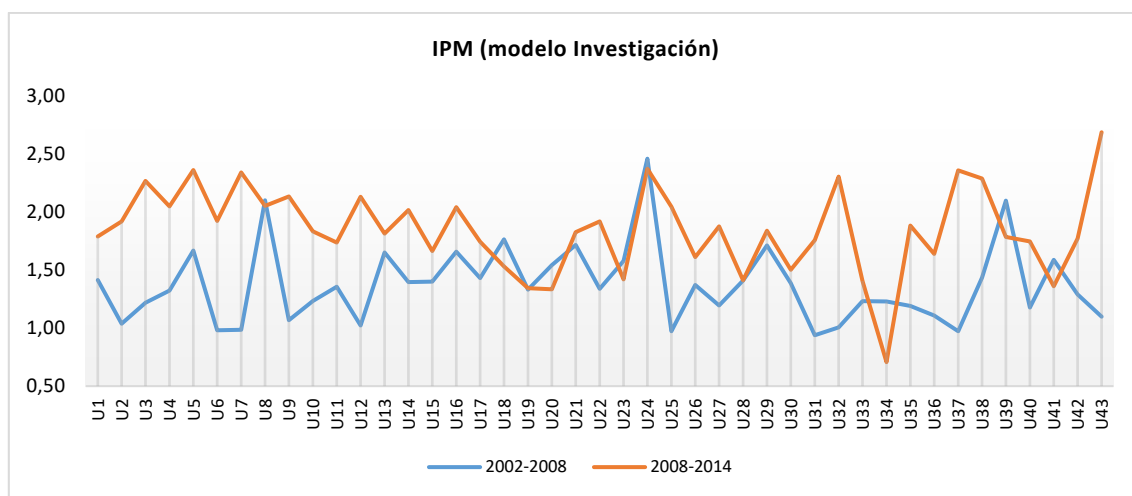
Los Gráfico 2 y 3 representan el cambio de productividad en docencia y en investigación en los periodos pre-crisis (2002/03 a 2008/09) y durante la crisis española (2008/09 a 2014/15) por universidad. Así, en el Gráfico 2 se observa que la mayoría de las universidades sufren un mayor incremento de productividad durante la crisis que en el periodo pre-crisis, destacando las instituciones U4, U18, U20 y U39. Por el contrario, pocas entidades son las que empeoran en su productividad docente. Del mismo modo, en el Gráfico 3 se verifica que el aumento de productividad es más considerable durante la crisis, especialmente, en algunas universidades como la U7, U32, U37 y U43.

**Gráfico 2. Cambio de productividad en docencia antes y durante la crisis por universidad**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 3. Cambio de productividad en investigación antes y durante la crisis por universidad**



Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Análisis de convergencia

El análisis de los Gráficos 2 y 3 nos informa sólo de los cambios en productividad de cada institución considerada individualmente, pero no nos indican si éstas tienden a converger en valores más próximos entre ellas. Así, una vez estudiando el cambio de productividad se procede a realizar un análisis de convergencia para entender la posición y distancia relativa de la variación de productividad entre las universidades entre los dos periodos de tiempo (pre-crisis y durante la crisis). Para ello se aplican los test de convergencia  $\beta$  y convergencia  $\sigma$ .

El test de convergencia  $\beta$  para las actividades docencia, investigación y global muestran coeficientes negativos y estadísticamente significativos, lo que indica la existencia de convergencia del cambio de productividad en las tres actividades de las universidades durante la crisis (2008/2014). Esto significa que las universidades con menor variación productiva en el primer periodo han conseguido incrementar la misma durante el periodo de crisis por encima de los niveles alcanzados por aquéllas instituciones que eran más avanzadas inicialmente, en otras palabras, las universidades con menor incremento de productividad en el periodo pre-crisis han mejorado más rápidamente durante la crisis que las entidades que presentaban mejores valores en el primer periodo.

- Convergencia  $\beta$  en la actividad de docencia: -1,246 (p=0,00);  $R^2=0,6621$
- Convergencia  $\beta$  en la actividad de investigación: -1,112 (p=0,00);  $R^2=0,5532$
- Convergencia  $\beta$  en la actividad global: -1,244 (p=0,00);  $R^2=0,7208$

Por otro lado, los resultados obtenidos del test de convergencia  $\sigma$  indican que la dispersión del cambio productivo de la actividad de docencia declina un -7,68% desde 0,185 en el periodo 2002/03-2008/09 a 0,1708 en 2008/09-2014/15, sucediendo algo similar en la actividad global, pero con un porcentaje de disminución superior (18,81%). Esto significa que las universidades en su actividad global tienden más rápidamente a la media del sector que en la actividad de docencia. En el caso de la actividad investigadora se produce un ligero aumento (0,55%), lo que implica que no hay tendencia general hacia la media, sino tan sólo un mantenimiento de la situación previa a la crisis.

- Convergencia  $\sigma$  en la actividad de docencia: -7,68%
- Convergencia  $\sigma$  en la actividad de investigación: 0,55%
- Convergencia  $\sigma$  en la actividad global: -18,81%

## 6. Conclusiones

El presente estudio analiza el factor de productividad total, así como de sus componentes - eficiencia y tecnología- en las distintas actividades –docente e investigadora- que desarrollan las universidades públicas presenciales españolas en los periodos pre-crisis (2002/03-2008/09) y durante la última crisis española (2008/09-2014/15). Para ello, se consideró que el Índice de Productividad de Malmquist junto con la técnica bootstrap es particularmente interesante en el ámbito de la educación, permitiendo obtener resultados estadísticamente significativos a fin de poder analizar estos con mayor fiabilidad.

Los resultados muestran clara evidencia de que las IES españolas consiguen, en promedio, mayor cambio de productividad en el segundo periodo, tanto en la actividad de docencia como investigadora y global, dado que en el periodo pre-crisis las entidades necesitaron un periodo de adaptación para estar en las mismas condiciones que el resto de las universidades que forma parte del EEES. Además, la reducción de recursos tanto financieros como humanos en la IES durante el periodo de crisis no ha contribuido a una disminución de su productividad docente ni investigadora; al contrario, la mayoría de las universidades han sido capaces de reaccionar a esta nueva situación, ajustando la redistribución de dichos recursos para realizar una prestación de servicios acorde a las necesidades que se demandan en este momento de escasez. Además, estos resultados son consistentes con los objetivos del Proceso de Bolonia.

Al mismo tiempo este superior incremento medio de la productividad en la docencia en el segundo periodo se debe principalmente a la toma de decisiones adecuada llevada a cabo por los gestores públicos incrementando la tecnología en el sector, más que al aumento de los egresados. Por el contrario, en la actividad de investigación, el avance de la productividad se deriva tanto del mayor número de publicaciones realizadas como de las decisiones adoptadas a nivel institucional contribuyendo a alcanzar mejoras significativas en eficiencia y tecnología, respectivamente.

Finalmente, el estudio de convergencia llevado a cabo a través de los test de convergencia  $\beta$  y convergencia  $\sigma$  muestran, por un lado, que las universidades con menor incremento de productividad en el periodo pre-crisis han crecido a una velocidad mayor durante la crisis, y, por otro, la existencia de una mayor homogeneidad en términos productivos en el último periodo en la actividad de docencia y global, pero tendencia a la heterogeneidad en la actividad de investigación.

## 7. Referencias

- Agasisti, T. y Dal Bianco, A. (2009). "Reforming the university sector: effects on teaching efficiency – evidence from Italy". *Higher Education*, 57: 477-498.
- Agasisti, T. y Johnes, G. (2009). "Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country". *Education Economics*, 17: 59-79.

- Agasisti, T. y Pérez-Esparrells, C. (2010). "Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish universities". *Higher Education*, 59: 85-103.
- Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., Swarts, W. y Thomas, D., (1989). "An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses". *Research in governmental and nonprofit accounting*, 5(1): 125-163.
- Barro, R. J. y Sala-i-Martin, X. (1991). "Convergence across states and regions". *Brookings Papers Economic Activity*, 1: 107-182.
- Barro, R. J. y Sala-i-Martin, X. (1992). "Convergence". *Journal of Political Economy*, 100: 223-251.
- Barro, R.J. y Sala-i-Martin, X. (2004). *Economic Growth*. 2nd ed. The MIT Press. London.
- Bogetoft, P. y Otto, L. (2011). *International Series in Operations Research & Management Science: Benchmarking with DEA, SFA, and R*. New York: Springer.
- Carrington, R., Coelli, T. y Rao, D. P. (2005). "The performance of Australian universities: conceptual issues and preliminary results". *Economic Papers*, 24: 145-163.
- Caves, D.W., Christensen, L.R. y Diewert, W.E. (1982). "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity". *Econometrica*, 50(6): 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units". *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: Another look at the Jackknife. *Annals of Statistics*, 7: 1-26.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. y Zhang, Z. (1994). "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries". *American Economic Review* 84 (1): 66-83.
- Farrell, M.J. (1957). "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A* 120: 253-281.
- Fernández-Santos, Y. y Martínez-Campillo, A. (2015). "Has the teaching and research productivity of Spanish Public Universities improved since the introduction of the LOU? Evidence from the bootstrap technique". *Revista de Educación*, 367: 91-116.
- Fernández-Santos, Y., Martínez-Campillo, A. y Fernández-Fernández, J.M. (2013). "Evaluación de la eficiencia y el cambio de productividad en el sistema universitario público español tras la implantación de la LOU". *Review of Public Economics*, 205(2): 71-98.
- Fisher, I. (1922). *The making of index numbers*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Flegg, A., Allen, D., Field, K. y Thurlow, T. (2004). "The efficiency of British universities: a multi-period Data Envelopment Analysis". *Education Economics*, 12: 231-249.
- García-Aracil, A.; López-Iñesta, E. y Palomares-Montero, D. (2009). "An analysis of the Spanish Public Universities missions in efficiency terms". *Investigaciones de Economía de la Educación*, 4: 293-302.
- Glass, J.C., McKillop, D.G. y O'Rourke, G. (1998). "A cost indirect evaluation of productivity change in UK Universities", *Journal of Productivity Analysis*, 10: 153-175.
- Gómez-Sancho, J.M y Mancebón M.J. (2012). "La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas españolas: en busca de una evaluación neutral entre Áreas de conocimiento". *Presupuesto y Gasto Público*, 67: 43-70.
- Grifell-Tarjé, E. y Lovell, C.A.K. (1996). "Deregulation and productivity decline: The case of Spanish savings Banks". *European Economic Review*, 40: 1281-1303.



- Guccio C., Martorana, M.F. y Mazza, I. (2016). "Efficiency assessment and convergence in teaching and research in Italian public universities". *Scientometrics*, 107:1063–1094.
- Guccio, C., Martorana, M. F. y Monaco, L. (2015). "Evaluating the impact of the Bologna Process on the efficiency convergence of Italian universities: A non-parametric frontier approach". *Journal of Productivity Analysis*, 45: 275-298.
- Johnes, J. (2008). "Efficiency and productivity change in the English education sector from 1996/97 to 2004/05". *The Manchester School*, 76: 653-674.
- Kumar, S. y Russell, R.R. (2002). "Technological change, technological catch-up, and capital deepening: relative contributions to growth and convergence". *American Economic Review*, 92: 527–548.
- Mahmoudi, M.J. Tabandeh, R. y Fathi, B. (2012). "Measuring Productivity and Technology Changes in the Islamic Azad University in Iran". *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4(22): 4576-4581.
- Malmquist, S. (1953). "Index numbers and indifference surfaces", *Trabajos de Estadística e investigación operativa*, 4: 209-242.
- Mira Solves, J. J.; Galán Vallejo, M.; Van Kemenade, E.; Marzo Campos, J. C.; Gilabert Mora, M.; Blaya Salvador, I. y Pérez Jover, M. V. (2012). "Retos para el gobierno de las universidades en el marco del EEES". *Revista de Educación*, 357: 445-465.
- Parteka, A. y Wolszczak-Derlacz, J. (2013). "Dynamics of productivity in higher education: cross-european evidence based on bootstrapped Malmquist indices", *Journal of Productivity Analysis*, October, 40:67-82. DOI 10.1007/S11123-012-0320-0.
- Sav, G.T. (2012). "Productivity, efficiency, and managerial performance regress and gains in United States universities: A Data Envelopment Analysis", *Advances in Management & Applied Economics*, 2: 13-32.
- Shephard, R. (1953). *Cost and Production Functions*, Princeton: Princeton University Press.
- Shephard, R.W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton University Press, Princeton.
- Simar, L., y Wilson, P. W. (2000a). "A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models". *Journal of Applied Statistics*, 27(6): 779-802.
- Simar, L., y Wilson, P. W. (2000b). "Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The State of the Art". *Journal of Productivity Analysis*, 13: 49-78.
- Simar, L., y Wilson, P.W. (1999). "Estimating and bootstrapping Malmquist indices", *European Journal of Operational Research*, 115: 459-471.
- Törnqvist, L. (1936). "The bank of Finland's consumption price index". *Bank of Finland Monthly Bulletin*, 10: 1-8.
- Vázquez Rojas y Pérez-Esparrells (2016). "Cambios de productividad en las universidades públicas españolas, 2002-2009". *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 18 (1): 197-207.
- Wilson, P.W. (1993). "Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs". *Journal of Business and Economics Statistics*, 11(3): 319–323.
- Wilson, P.W. (2008). "FEAR: a software package for frontier efficiency analysis with R", *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(4): 24-254.

- Wilson, P.W. (2010). "Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs: Correction". In *Working paper*. Department of Economics. Clemson University.
- Wolszczak-Derlacz, J. (2016). "Assessment of TFP in European and American higher education institutions – application of Malmquist indices". *Technological and Economic Development of Economy*, DOI: 10.3846/20294913.2016.1213197 (in press).
- Worthington, A.C. y Lee, B.L. (2008). "Efficiency, technology and productivity change in Australian universities, 1998–2003". *Economics of Education Review*, 27: 285-298.