



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Administración y Dirección de
Empresas

**EFICIENCIA Y FINANCIACIÓN EN LAS
UNIVERSIDADES PÚBLICAS ESPAÑOLAS**

Autor:

Laura Nieto Torrejón

Directores:

Dr. D. Juan Cándido Gómez Gallego
Dra. Dña. M^a Concepción Pérez Cárceles

Murcia, marzo de 2016



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Juan Cándido Gómez y la Dra. Dña. Concepción Pérez Cárceles como Directores de la Tesis Doctoral titulada “Eficiencia y Financiación en las Universidades Públicas Españolas” realizada por Dña. Laura Nieto Torrejón en el Departamento de Administración y Finanzas, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 99/2011, 1393/2007, 56/2005 y 778/98, en Murcia a 2 de Marzo de 2016.

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas deseo dar las gracias a aquellas personas que me han apoyado en la elaboración de esta Tesis.

En primer lugar, a mis directores, los profesores Juan Gómez y Conchi Pérez, por confiar en mí para la realización de este proyecto. Por todo el tiempo que me habéis dedicado, por vuestro apoyo constante, por la paciencia con la que me habéis guiado y animado, un millón de gracias.

Al profesor Juan Gómez García, por sus más que valiosas orientaciones metodológicas.

A mi familia, en especial a mis padres, a quienes va dedicada esta tesis, porque gracias a su apoyo incondicional hoy puedo escribir estas líneas.

A David, por comprender que este trabajo requería de toda mi atención y esfuerzo.

A la Universidad Católica San Antonio, por permitirme desarrollar este trabajo.

A todos vosotros, gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	21
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	29
CAPÍTULO I. METODOLOGÍA	
1.1. Introducción	33
1.2. El concepto de eficiencia y su medición	33
1.3. Metodologías para medir la eficiencia	39
1.4. El análisis envolvente de datos	41
1.4.1. Modelo DEA-CCR	43
1.4.2. Modelo DEA-BCC	48
1.5. Ventajas e Inconvenientes del DEA	50
1.5.1. Ventajas del DEA	50
1.5.2. Inconvenientes del DEA	52
1.6. Estudios sobre eficiencia de instituciones universitarias	53
1.7. Análisis de sensibilidad	59
1.8. Supereficiencia	60
1.9. Índice de Malmquist	61
1.10. Estudios sobre índice de Malmquist	65
CAPÍTULO II. SELECCIÓN DE VARIABLES INPUT Y OUTPUT	
2.1. Introducción	73
2.2. La función de producción en la educación superior	74
2.3. Los indicadores de la función de producción universitaria	77
2.3.1. Los inputs del proceso de producción de las instituciones universitarias	78
2.3.2. Los outputs del proceso de producción de las instituciones universitarias	82
2.4. Preselección de variables input y output	87
2.4.1. Propuesta del input financiación. Justificación	87
2.4.2. Propuesta de variables input y output	98

2.5.	Selección de variables input y output	100
2.5.1.	Análisis de correlaciones intragrupos	103
2.5.2.	Análisis de correlaciones intergrupos	115
2.5.3.	Análisis de correlaciones parciales	116

CAPÍTULO III. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

3.1.	Introducción	121
3.2.	Unidad muestral de referencia	122
3.3.	Revisión de literatura	123
3.4.	La homogeneización de la muestra	125
3.4.1.	Criterio de segmentación	126
3.4.2.	Variable discriminante	129
3.4.3.	Aplicación del análisis cluster	130
3.4.4.	Resultados del análisis cluster	132

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN UNIVERSIDADES

4.1.	Introducción	153
4.2.	Revisión de la literatura	154
4.3.	Descripción de la muestra. Datos y variables	156
4.4.	Resultados de eficiencia de las universidades públicas españolas	162
4.4.1.	Resultados de eficiencia 2009	162
4.4.2.	Resultados de eficiencia 2010	168
4.4.3.	Resultados de eficiencia 2011	174
4.4.4.	Resultados de eficiencia 2012	180
4.4.5.	Resultados de eficiencia 2013	185
4.5.	Resultados de eficiencia del Sistema Universitario Público Español	191
4.5.1.	Resultados de eficiencia	191
4.5.2.	Resultados de eficiencia con modelos BCC, CCR y efecto escala	198
4.6.	Análisis de las mejoras potenciales	206
4.7.	Análisis de los conjuntos de referencia	212
4.8.	Análisis de sensibilidad	219
4.9.	Ordenación de las universidades: Método de supereficiencia	224

4.10.	Cambio de la productividad en el periodo 2009-2013.	229
4.10.1.	Análisis del cambio de productividad en las universidades	229
4.10.2.	Análisis del cambio de productividad por Comunidad Autónoma	235
CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN		243
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		249
ANEXOS		271

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.	Estudios de eficiencia en el sector de la educación superior pública	55
Tabla 1.2.	Estudios que combinan DEA e Índice de Malmquist para evaluar la eficiencia de las instituciones de educación superior	66
Tabla 2.1.	Inputs relacionados con los recursos humanos	80
Tabla 2.2.	Inputs relacionados con los recursos financieros y materiales	81
Tabla 2.3.	Outputs relativos a investigación	83
Tabla 2.4.	Outputs relativos a ingresos percibidos por actividades de investigación y desarrollo	84
Tabla 2.5.	Outputs relativos a la transferencia del conocimiento	86
Tabla 2.6.	Outputs relativos a la docencia	87
Tabla 2.7.	Propuesta de variables input	98
Tabla 2.8.	Propuesta de variables output	99
Tabla 2.9.	Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2009	104
Tabla 2.10.	Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2010	105
Tabla 2.11.	Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2011	106
Tabla 2.12.	Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2012	107
Tabla 2.13.	Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2013	108
Tabla 2.14.	Matriz de correlaciones de las variables input. Año 2009	111
Tabla 2.15.	Matriz de correlaciones de las variables input. Año 2010	111
Tabla 2.16.	Matriz de correlaciones de las variables input. Año 2011	112
Tabla 2.17.	Matriz de correlaciones de las variables input. Año 2012	112
Tabla 2.18.	Matriz de correlaciones de las variables input. Año 2013	113
Tabla 2.19.	Matriz de correlaciones intergrupos	115
Tabla 2.20.	Variables retenidas y excluidas del análisis de correlaciones parciales	117
Tabla 2.21.	Proporción de varianza residual retenida en los outputs estudiantes, publicaciones en primer cuartil y patentes	118
Tabla 2.22.	Variables input y output seleccionadas	118
Tabla 3.1.	Grado de experimentalidad según rama de enseñanza	126
Tabla 3.2.	Centroides de los conglomerados. Año 2009	133
Tabla 3.3.	Número de casos en cada conglomerado. Año 2009	134

Tabla 3.4.	Centroides de los conglomerados. Año 2010	135
Tabla 3.5.	Número de casos en cada conglomerado. Año 2010	136
Tabla 3.6.	Centroides de los conglomerados finales. Año 2010	137
Tabla 3.7.	Número de casos en cada conglomerado final. Año 2010	137
Tabla 3.8.	Centroides de los conglomerados. Año 2011	139
Tabla 3.9.	Número de casos en cada conglomerado. Año 2011	139
Tabla 3.10.	Centroides de los conglomerados. Año 2012	141
Tabla 3.11.	Número de casos en cada conglomerado. Año 2012	141
Tabla 3.12.	Centroides de los conglomerados. Año 2013	143
Tabla 3.13.	Número de casos en cada conglomerado. Año 2013	143
Tabla 3.14.	Centroides de los conglomerados finales. Año 2013	144
Tabla 3.15.	Número de casos en cada conglomerado final. Año 2013	145
Tabla 4.1.	Estadísticos descriptivos de publicaciones en primer cuartil	157
Tabla 4.2.	Estadísticos descriptivos de patentes	157
Tabla 4.3.	Estadísticos descriptivos de estudiantes	158
Tabla 4.4.	Estadísticos descriptivos de financiación	158
Tabla 4.5.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales Año 2009	162
Tabla 4.6.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2009	166
Tabla 4.7.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales Año 2010	169
Tabla 4.8.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2010	171
Tabla 4.9.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales. Año 2011	174
Tabla 4.10.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2011	177
Tabla 4.11.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales. Año 2012	180
Tabla 4.12.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2012	183
Tabla 4.13.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales. Año 2013	185
Tabla 4.14.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2013	189
Tabla 4.15.	Eficiencias promedio en el periodo 2009-2013	191
Tabla 4.16.	Evolución de universidades eficientes y universidades con una puntuación superior a 90 de 2009 a 2013	195

Tabla 4.17.	Eficiencia técnico global, técnica pura y de escala 2009-2013. Muestra total	198
Tabla 4.18.	Eficiencia técnico global, técnica pura y de escala 2009-2013. Universidades técnico-sociales	202
Tabla 4.19.	Eficiencia técnico global, técnica pura y de escala 2009-2013. Universidades sociales	203
Tabla 4.20.	Eficiencia promedio y descriptivos sin patentes	221
Tabla 4.21.	Eficiencia promedio y descriptivos sin estudiantes	222
Tabla 4.22.	Eficiencia promedio y descriptivos sin publicaciones primer cuartil	223
Tabla 4.23.	Ordenación de las universidades en el periodo 2009-2013	225
Tabla 4.24.	Resultados Índice de Malmquist periodo 2009-2013	230
Tabla 4.25.	Desglose catch-up. Eficiencia técnica pura y de escala	232
Tabla 4.26.	Índice de Malmquist por Comunidad Autónoma	236
Tabla 4.27.	Desglose del catch-up por Comunidad Autónoma	237

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1.	Eficiencia según Farrell	36
Gráfico 1.2.	Eficiencia técnica	38
Gráfico 1.3.	La metodología Free Disposal Hull	41
Gráfico 1.4.	Medida de eficiencia y slacks en el output	46
Gráfico 1.5.	Frontera con rendimientos constantes y variables a escala	49
Gráfico 2.1.	Evolución de la financiación de las universidades públicas españolas. Periodo 2009-2013	91
Gráfico 2.2.	Evolución de las transferencias corrientes por Comunidad Autónoma. Tasa de variación 2009-2013	92
Gráfico 2.3.	Evolución de la recaudación por precios públicos por Comunidad Autónoma. Tasa de variación 2009-2013	93
Gráfico 2.4.	Tasa de variación de la financiación estructural de las universidades públicas españolas. Periodo 2009-2013	94
Gráfico 2.5.	Contribución de los precios públicos y transferencias corrientes a la financiación de las universidades públicas por Comunidad Autónoma. Año 2009	96
Gráfico 2.6.	Contribución de los precios públicos y transferencias corrientes a la financiación de las universidades públicas por Comunidad Autónoma. Año 2013	97
Gráfico 4.1.	Promedio anual de publicaciones en primer cuartil	159
Gráfico 4.2.	Promedio anual de patentes	160
Gráfico 4.3.	Promedio anual de estudiantes	160
Gráfico 4.4.	Promedio anual de la financiación	161
Gráfico 4.5.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2009	165
Gráfico 4.6.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2009	167
Gráfico 4.7.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2010	170
Gráfico 4.8.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2010	173
Gráfico 4.9.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2011	176

Gráfico 4.10.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2011	179
Gráfico 4.11.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2012	182
Gráfico 4.12.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2012	184
Gráfico 4.13.	Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2013	187
Gráfico 4.14.	Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2013	190
Gráfico 4.15.	Resultados de eficiencia promedio de las universidades técnico-sociales y muestra total. Modelo BCC	193
Gráfico 4.16.	Porcentaje de universidades eficientes en el periodo 2009-2013	196
Gráfico 4.17.	Porcentaje de universidades con un índice de eficiencia superior a 90 puntos	197
Gráfico 4.18.	Promedios de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala para la totalidad de la muestra	199
Gráfico 4.19.	Universidades más influidas por el efecto escala	201
Gráfico 4.20.	Promedios de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala para las universidades técnico-sociales	204
Gráfico 4.21.	Promedios de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala para las universidades sociales	204
Gráfico 4.22.	Mejoras potenciales medias para alcanzar la eficiencia técnica productiva. Universidades técnico-sociales	208
Gráfico 4.23.	Mejoras potenciales medias para alcanzar la eficiencia técnica productiva. Universidades sociales	210
Gráfico 4.24.	Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2009	212
Gráfico 4.25.	Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2010	214
Gráfico 4.26.	Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2011	215
Gráfico 4.27.	Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2012	217
Gráfico 4.28.	Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2013	218
Gráfico 4.29.	Mejora en la eficiencia de escala en relación a la restricción financiera	234
Gráfico 4.30.	Variación en las transferencias corrientes y en el periodo 2009-2013 y catch-up por Comunidad Autónoma	239

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1.	Universidades por conglomerado. Año 2009	134
Cuadro 3.2.	Universidades por conglomerado. Año 2010	138
Cuadro 3.3.	Universidades por conglomerado. Año 2011	140
Cuadro 3.4.	Universidades por conglomerado. Año 2012	142
Cuadro 3.5.	Universidades por conglomerado. Año 2013	145
Cuadro 3.6.	Universidades por conglomerado periodo 2009-2013	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Proceso de generación del servicio docente e investigador	114
-------------	---	-----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EHU	Universidad del País Vasco
UA	Universidad de Alicante
UAB	Universidad Autónoma de Barcelona
UAH	Universidad de Alcalá de Henares
UAL	Universidad de Almería
UAM	Universidad Autónoma de Madrid
UB	Universidad de Barcelona
UBU	Universidad de Burgos
UC3M	Universidad Carlos III de Madrid
UCA	Universidad de Cádiz
UCLM	Universidad de Castilla-La Mancha
UCM	Universidad Complutense de Madrid
UCO	Universidad de Córdoba
UDC	Universidad de A Coruña
UDG	Universidad de Girona
UDL	Universidad de Lleida
UGR	Universidad de Granada
UHU	Universidad de Huelva
UIB	Universidad de las Illes Balears
UJAEN	Universidad de Jaén
UJI	Universidad Jaume I de Castellón
ULL	Universidad de La Laguna
ULPGC	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
UM	Universidad de Murcia
UMA	Universidad de Málaga
UMH	Universidad Miguel Hernández de Elche
UNAVARRA	Universidad Pública de Navarra
UNEX	Universidad de Extremadura
UNICAN	Universidad de Cantabria
UNILEON	Universidad de León
UNIOVI	Universidad de Oviedo

UNIRIOJA	Universidad de la Rioja
UNIZAR	Universidad de Zaragoza
UPC	Universidad Politécnic de Catalunya
UPCT	Universidad Politécnic de Cartagena
UPF	Universidad Pompeu Fabra
UPM	Universidad Politécnic de Madrid
UPO	Universidad Pablo de Olavide
UPV	Universidad Politécnic de Valencia
URJC	Universidad Rey Juan Carlos
URV	Universidad Rovira i Virgili
US	Universidad de Sevilla
USAL	Universidad de Salamanca
USC	Universidad de Santiago de Compostela
UV	Universidad de Valencia
UVA	Universidad de Valladolid
UVIGO	Universidad de Vigo

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años el Sistema Universitario Público Español (SUPE) ha experimentado una profunda transformación a nivel social y financiero. En cuanto a la dimensión social, la universidad ha pasado de ser una institución elitista a acoger a alumnos con distinta procedencia social y nivel económico-cultural. El incremento de la demanda de estudios universitarios que esto ha supuesto, unido a las numerosas reformas que introdujo la LRU de 1983 y el RD 557/1991, dieron lugar a un importante crecimiento del sistema universitario. Uno de los cambios legales que más contribuyeron a la expansión fue la descentralización de competencias hacia las comunidades autónomas en materia de educación, ya que supuso que los gobiernos regionales asumieran las responsabilidades de financiación y de supervisión de la creación de nuevas universidades, dejando al gobierno central únicamente la planificación académica. A su vez, la evolución de las universidades públicas españolas ha estado marcada por el proceso de convergencia con el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), especialmente desde la Declaración de Bolonia en 1999, con la que se pretendía promover la creación de un sistema universitario europeo más competitivo y con mayor atractivo para la comunidad de estudiantes.

Para hacer posible la adaptación al EEES, la Comisión Europea ha emitido diversas comunicaciones en las que se recomendaban una serie de pautas a seguir por las universidades europeas, incluyendo en muchos casos recomendaciones en materia de financiación. Ejemplo de ello es la comunicación de 2006, *Cumplir con la agenda de modernización para las universidades: Educación, investigación e innovación*, en la que se establecía, entre otros, un plan de acción sobre la financiación universitaria en el que se instaba a las universidades europeas a dedicar a la financiación del sector de la educación superior al menos un 2% del PIB. En 2009, emite la comunicación *Una nueva asociación para la modernización de las universidades: el Foro de la UE para el diálogo entre las universidades y las empresas*. Su finalidad es establecer conexiones entre el mundo académico y el mundo de la

empresa en Europa, para lo que se realizan propuestas encaminadas a hacer partícipes a las empresas en los procesos de reforma de los planes de estudio y estructuras de gobernanza, así como en su contribución a la financiación de las universidades.

Dos años después de la Declaración de Bolonia y para dar cumplimiento a las directrices europeas, se aprueba en España la Ley Orgánica de Universidades en 2001 con el objetivo de promover la competitividad del Sistema Universitario Español (SUE). Para ello, se reconoce expresamente la autonomía de las universidades para la elaboración, aprobación y gestión de sus presupuestos. La reforma a esta ley realizada en 2007 con el ánimo de favorecer la participación en el EEES, exhorta a las universidades a crear un Plan Anual de actuaciones que promueva las relaciones entre la universidad y las empresas y a crear un modelo de costes que facilite a las Administraciones Públicas establecer una financiación adecuada. El cumplimiento de las líneas de actuación marcadas por la Unión Europea ha ido acompañado de reformas en materia financiera. Así, en el período 2000-2008 la financiación universitaria de origen público experimentó un importante crecimiento (Hernández Armenteros, 2011).

En 2010, la Comisión Mixta de Financiación presentó el *Documento de mejora y seguimiento de las políticas de financiación de las universidades para promover la excelencia académica e incrementar el impacto socioeconómico del Sistema Universitario Español*. Por estas fechas, la crisis económica obligaba a tomar medidas de restricción presupuestaria y reducción de déficit. El Ministerio de Educación señalaba la necesidad de modernizar y mejorar el modelo de financiación y rendición de cuentas de todo el SUE, en el marco de distribución competencial existente en materia universitaria entre la Administración General del Estado y las Administraciones Autonómicas. Este documento, junto con la comunicación europea de 2009, servirá de punto de partida para la elaboración del proyecto *Estrategia Universidad 2015* (EU 2015), que reconoce la necesidad de acometer una profunda reforma del sistema de financiación de universidades que les permita mejorar la eficiencia y la calidad del sistema universitario.

Tradicionalmente, el SUE se ha financiado a partir de dos vías principales, las tasas y los precios públicos, es decir, los ingresos procedentes de las matrículas de los estudiantes por la prestación del servicio docente, y de las subvenciones

públicas, procedentes fundamentalmente de las Comunidades Autónomas. En 2009, por ejemplo, los ingresos por la prestación del servicio docente suponían, en promedio, alrededor del 13% de la financiación total, mientras que la transferencia de fondos públicos representaba el 87% restante. Esta estructura financiera está cambiando progresivamente como consecuencia de la reforma propuesta por el proyecto EU 2015, lo que se ha potenciado a causa de la recesión económica internacional y el período de austeridad económica que está atravesando España en los últimos años. Respecto a la aportación del sector empresarial a la financiación de las universidades, es ha sido residual pese a los intentos de la UE por potenciarla.

La reforma financiera del SUE propuesta en el proyecto EU 2015, plantea que las universidades deben diversificar sus fuentes de ingreso, incentivándolas a que incrementen sus recursos apelando al sector privado e incluso incrementando las tasas a pagar por los usuarios de la universidad. En este sentido, en los últimos años se han incrementado sustancialmente los precios por crédito, así como el porcentaje a pagar por segunda y sucesivas matrículas sobre el coste del servicio docente. Las comunidades que más han apostado por el aumento de los precios públicos han sido Cataluña y Madrid con un incremento del precio medio por crédito del 89% y 51%, respectivamente en el período 2009 a 2013, y Valencia y Castilla y León con una variación del precio medio del 49% y 44%, respectivamente. Así, las aportaciones privadas en lo que se refiere a tasas y precios públicos han pasado a suponer en 2013, en promedio, algo más del 19% de la financiación recibida, mientras que las subvenciones públicas se han reducido, aproximadamente, al 80%. Asimismo, en este proyecto se condiciona la recepción de parte de la subvención pública en función de sus resultados docentes, de investigación y transferencia tecnológica.

Todo ello unido a la situación financiera de la Administración Pública, está dando lugar a una nueva estructura financiera en la que la capacidad de autofinanciación va adquiriendo un mayor protagonismo en las universidades públicas españolas y la transferencia de fondos públicos va en progresiva disminución. Esto pone de manifiesto la necesidad de una gestión eficiente de los recursos financieros para mantener o incrementar la producción docente e investigadora.

Hasta ahora, los trabajos sobre eficiencia de las universidades públicas españolas se han realizado considerando como inputs de la función de producción indicadores relativos a recursos humanos y materiales como son el número de profesores a tiempo completo, el volumen de personal de administración y servicios o el gasto corriente. Sin embargo, medir la eficiencia en sentido estricto, es decir, medir la relación existente entre los recursos empleados y el nivel de output obtenido, debería realizarse considerando los recursos financieros de los que parten dichos gastos en recursos humanos y materiales. En este sentido, el primer objetivo general de este trabajo propone estudiar la adecuación de un nuevo input, como es la financiación, en la medición de la eficiencia del SUPE. Para ello, en el capítulo II de selección de variables input y output se explica el concepto de función de producción y se delimita dicha función para las instituciones de educación superior, se desarrolla una revisión de la literatura de las variables input y output para evaluar la eficiencia y finalmente, se proponen como variable input la financiación y una serie de variables output.

El segundo objetivo general propone evaluar la eficiencia del SUPE cuando se considera la financiación disponible para el desarrollo de sus funciones.

Son numerosas las metodologías existentes para medir la eficiencia, sin embargo el hecho de que no se disponga de una función de producción previa, la existencia de múltiples inputs y outputs en el sector de la educación superior y la posibilidad de no considerar precios de mercado en tanto que el análisis se realiza para la prestación de un servicio público, justifican la elección de la metodología aplicada: El Análisis Envolvente de Datos (DEA).

El hecho de optar por la metodología DEA para el análisis de eficiencia hace necesario disponer de una muestra homogénea (Gómez y Mancebón, 2005). Para cumplir esta condición, es preciso considerar que en esta tesis la evaluación de la eficiencia se realiza empleando como variable input la financiación recibida por las universidades, por lo que resulta pertinente segmentar la muestra en base a una variable que permita estudiar las diferencias entre las universidades en relación a los recursos utilizados y resultados logrados. Para ello, en el capítulo III se aplica un análisis cluster que permite clasificar a las universidades en función de las ramas de enseñanza que predominen en ellas, ya que la financiación recibida por las universidades depende en parte de la rama de enseñanza a la que

pertenezcan las titulaciones que imparten. La variable que permite realizar esta clasificación es el porcentaje de alumnos matriculados por rama de enseñanza.

En el capítulo IV, se presentan las medidas de eficiencia obtenidas al aplicar la metodología DEA en el modelo de financiación propuesto tanto en la muestra total de universidades como en las muestras homogéneas obtenidas en el capítulo III. Asimismo, en este capítulo se mide el esfuerzo de las universidades por mejorar su eficiencia en un periodo de crisis económica así como los posibles desplazamientos de la frontera de producción en el periodo 2009-2013.

Finalmente, se exponen las principales conclusiones del trabajo así como temas de interés para futuras investigaciones.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

- OBJETIVOS GENERALES

Objetivo G-1: Proponer una función de producción en términos de financiación a efectos de medir la eficiencia de las universidades públicas españolas.

Objetivo G-2: Evaluar la eficiencia del Sistema Universitario Público Español mediante la función propuesta.

- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A. En relación al Objetivo General 1:

Objetivo 1. Revisar los indicadores de la función de producción de las universidades públicas españolas.

Objetivo 2. Seleccionar el conjunto de variables input y output de la función de producción.

B. En relación al Objetivo General 2:

Objetivo 3. Estimar la Eficiencia Técnica en el sector de la educación superior pública sobre una muestra de 47 universidades públicas españolas.

Objetivo 4. Estimar la Eficiencia Técnica en el sector de la educación superior pública sobre muestras homogéneas en relación a un criterio de financiación.

Objetivo 5. Analizar las mejoras potenciales en cada input y output en términos de promedio para el período 2009-2013.

Objetivo 6. Determinar los conjuntos de referencia para cada año del período 2009-2013.

Objetivo 7. Analizar la sensibilidad del modelo propuesto.

Objetivo 8. Establecer un ranking de universidades públicas españolas para los años 2009-2013.

Objetivo 9. Analizar el cambio en la productividad del Sistema Universitario Público Español en el periodo 2009-2013.

CAPÍTULO I.
METODOLOGÍA

1. METODOLOGÍA

1.1. INTRODUCCIÓN

La idea de comparar empresas en relación a su comportamiento resulta de gran interés en el análisis económico. Este interés es aún mayor cuando se aplica al sector público en la medida en que supone un coste para la sociedad, sobretudo en un entorno de escasez de recursos como el actual. Con el fin de evaluar los resultados de la actividad productiva surgen los conceptos de productividad y eficiencia, sobre los cuales se desarrolla esta tesis.

Este capítulo, que presenta una revisión del concepto de eficiencia y los diferentes métodos que permiten su medición, se estructura en tres partes. La primera incluye una aproximación al concepto de eficiencia, tomando como referencia el trabajo de Farrell (1957). A continuación, se exponen las metodologías propuestas por la literatura para la medición de la eficiencia, que pueden dividirse, principalmente, entre técnicas paramétricas y no paramétricas. Una vez planteadas las alternativas para la medición de la eficiencia y sus características, en la segunda parte se presenta de forma detallada el método no paramétrico que se usa en este trabajo, el análisis envolvente de datos (DEA). En la tercera parte de este capítulo se exponen algunas extensiones del DEA tales como la supereficiencia como método de obtención de ranking de universidades y el Índice de Malmquist para medir el cambio en la productividad total de factores.

1.2. EL CONCEPTO DE EFICIENCIA Y SU MEDICIÓN

Delimitar el concepto de eficiencia es tarea compleja debido a las múltiples acepciones que adopta el término en el análisis económico. En un contexto macroeconómico, el término de eficiencia se utiliza con frecuencia para describir la asignación de los recursos escasos de una sociedad entre sus habitantes. En este sentido, un sistema económico se considerará eficiente cuando nadie pueda

mejorar su bienestar sin perjudicar el de otro; esta asignación de recursos es lo que se define como Pareto eficiente o Pareto óptima.

Desde el punto de vista microeconómico, el concepto de eficiencia relaciona los recursos empleados por una unidad productiva con el nivel de producción obtenido por la misma. En este contexto, la eficiencia se vincula a la función de producción, ya que ésta representa la relación técnica que mide el nivel máximo de producción que es posible obtener dada una cantidad de factores productivos o, al contrario, la cantidad mínima de inputs necesaria para obtener un nivel determinado de output.

Si se considera una unidad productiva con una función de producción sencilla en la que se utilizan x_0 unidades del factor productivo X , y se producen y_0 unidades de producto Y , la función de producción queda definida por la relación $y = f(x)$. Se dirá que la entidad es eficiente si $y_0 = f(x_0)$, e ineficiente si $y_0 < f(x_0)$. Dicho de otro modo, la nivel máximo de output que puede obtenerse a partir de x_0 es $f(x_0)$; por tanto, si la unidad ha obtenido una cantidad y_0 menor que $f(x_0)$, no ha operado eficientemente.

Se puede afirmar por tanto, que conocer la función de producción es fundamental para medir la eficiencia. Sin embargo, es frecuente encontrarse ante situaciones en las que la función de producción es desconocida. Para suplir esta carencia se utilizarán los datos observados de niveles de inputs y outputs para construir una función de producción empírica.

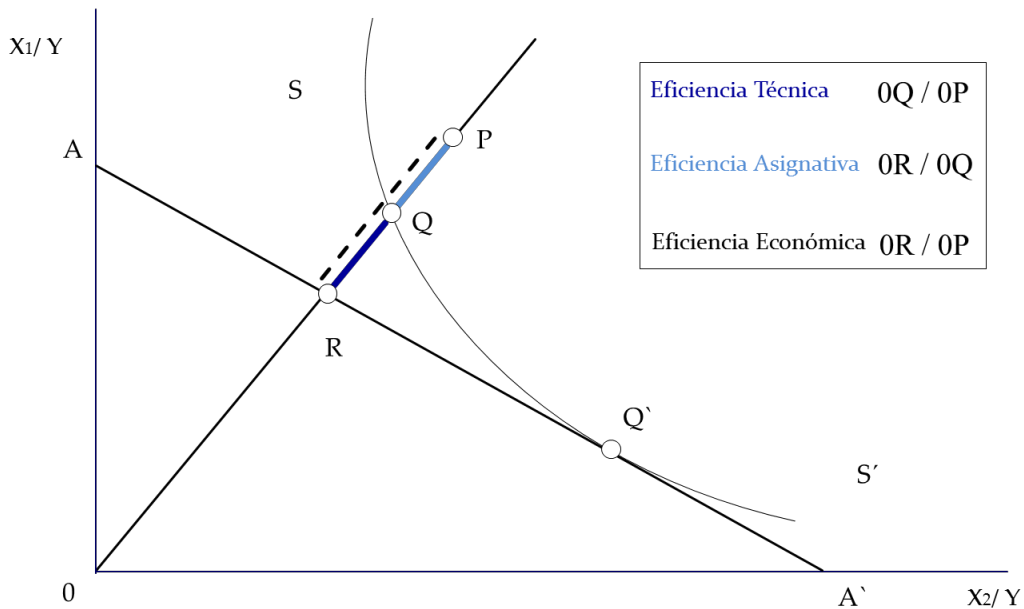
El precursor en la medición de la eficiencia fue Koopmans (1951), quien definió este concepto como un vector compuesto de inputs y outputs que resulta técnicamente eficiente si y solo si, el aumento de algún output (o disminución de algún input) conlleva la reducción simultánea de algún otro output (o incremento de algún otro input). Sin embargo, esta definición queda limitada a la diferenciación de unidades productivas eficientes e ineficientes, no ofreciendo ninguna guía para el cálculo del grado de eficiencia con que actúan (Färe et al., 1994).

La solución a este problema la plantea Debreu (1951), desarrollando una medida radial denominada "coeficiente de utilización de recursos". Se trata de

un índice que establece como medida de la eficiencia técnica "la máxima reducción equiproporcional posible en todos los inputs para un nivel dado de outputs". Esta última medida es menos estricta que la propuesta por Koopmans ya que una unidad productiva considerada eficiente en el sentido de Debreu todavía podría reducir el nivel de inputs empleado (o incrementar algún output) aunque no sea de manera proporcional, dando lugar a las denominadas holguras.

Los trabajos de Koopmans y Debreu fueron continuados por Farrell (1957), quién sentó las bases conceptuales sobre las que se han desarrollado posteriormente los diferentes métodos de medición de la eficiencia. Farrell (1957), además de definir el concepto de eficiencia técnica en el sentido de Debreu, es decir, la habilidad para producir el mayor nivel de output dado un conjunto de inputs, define un nuevo concepto: la Eficiencia Asignativa. Esta medida trata de determinar la combinación de factores productivos que garantiza la producción al mínimo coste. La combinación de ambos conceptos de eficiencia da lugar a una medida de Eficiencia Global.

Para la explicación de su propuesta, Farrell se apoya en el análisis gráfico 1.1. representado a continuación. En él se plantea la situación de una empresa que utiliza la combinación de inputs representada en el punto P para obtener una unidad de output, suponiendo una función de producción conocida y rendimientos constantes de escala.

Gráfico 1.1: Eficiencia según Farrell

La isocuanta SS' representa las posibles combinaciones de inputs por cada unidad de output producido, siendo ineficientes las observaciones que se sitúan por encima de la isocuanta unitaria ya que ello supondría que están obteniendo el mismo nivel de output empleando una mayor cantidad de input. En definitiva, la isocuanta SS' permite medir la eficiencia técnica.

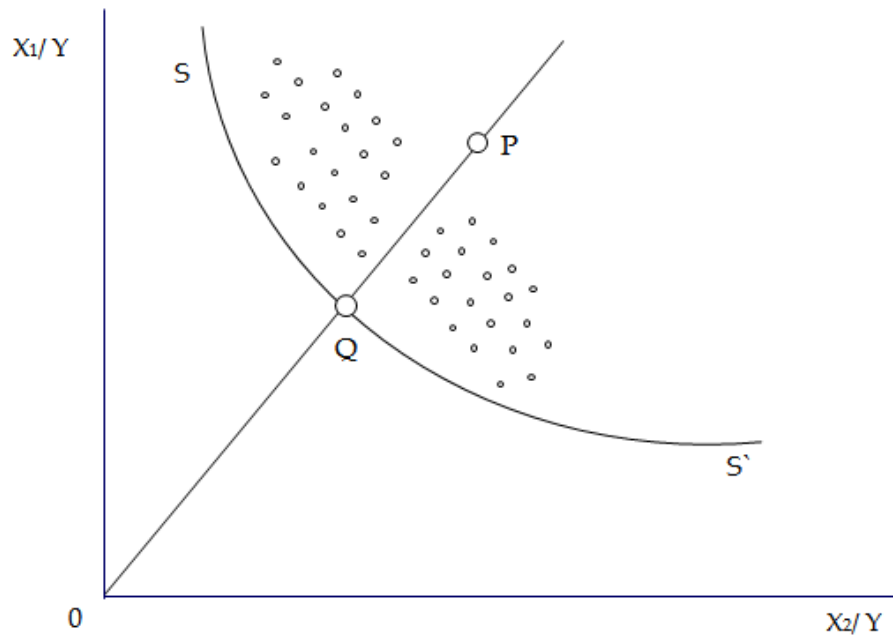
Si se considera una unidad productiva en cuyo proceso de producción se emplean las cantidades de input definidas en el punto P para producir una unidad de output, la ineficiencia técnica puede representarse mediante la distancia QP . En este caso el mismo volumen de output se puede obtener empleando una cantidad inferior de input, siendo la distancia QP la cantidad en que podrían reducirse proporcionalmente todos los inputs sin verse afectado el nivel de producción de outputs. Por tanto, la ineficiencia técnica en la que incurre P en términos porcentuales podría definirse por la ratio QP/OP . Como consecuencia, Farrell propone medir la eficiencia técnica mediante la ecuación $1-QP/OP$. Este ratio tomará valores entre cero y uno, siendo uno si la unidad es técnicamente eficiente y más próximo a cero cuanto más ineficiente resulte la unidad productiva.

Respecto a la obtención de una medida de eficiencia asignativa, si se asume que los precios de los factores de producción son conocidos y están representados por la pendiente de la isocoste AA' , el punto Q' es aquel en el que se minimiza el coste. Tanto Q como Q' son técnicamente eficientes por estar situados sobre la pendiente de la isocuanta, sin embargo, los costes de producción en Q' son una fracción de OR/OQ , de los costes incurridos en el punto Q . Esta relación indica el exceso de coste en que se está incurriendo en caso de combinar los inputs de forma diferente a la óptima, por tanto, además de medir la eficiencia asignativa, que Farrell refiere al punto Q , mide también la eficiencia asignativa de la unidad productiva P . Al igual que la eficiencia técnica, la eficiencia asignativa varía entre cero y uno, siendo uno eficiente y cuanto más próximo a cero, más ineficiente.

Por último, Farrell define la Eficiencia Total mediante la ratio OR/OP , resultado del producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

Todo el análisis desarrollado a partir del gráfico anterior parte del supuesto de que la función de producción es conocida, representada a través de la isocuanta SS' , la cual, supone un punto de referencia en la medida de la eficiencia. Sin embargo, son numerosas las situaciones en las que las relaciones técnicas existentes entre variables son desconocidas y por tanto, complican la medición operativa de la eficiencia. Este problema es abordado por Farrell en su artículo original, en el que propone un método de estimación de la función de producción a partir de los datos de las entidades a evaluar. Esta estimación es lo que Farrell denomina función de producción empírica.

Para explicar la propuesta de Farrell se hace uso de un nuevo gráfico. El gráfico 1.2 representa, mediante puntos, las combinaciones de inputs empleadas por distintas unidades productivas para obtener una unidad de output. Para la estimación de la función de producción se han de tener en cuenta dos condiciones: la isocuanta ha de ser convexa y no tener en ningún punto pendiente positiva. La primera condición implica que si dos puntos se pueden alcanzar en la práctica, entonces también se podrá obtener cualquier otro punto que sea una combinación lineal de aquellos. La segunda condición, es necesaria para asegurar que el aumento de los factores utilizados no implicará nunca una disminución en la cantidad de producto.

Gráfico 1.2: Eficiencia técnica

Partiendo de estas condiciones se deduce que la isocuanta eficiente ha de estar representada por la curva SS' , es decir, por el conjunto de puntos que se hallen más próximos al origen que puedan ser unidos a través de una curva convexa que no muestre en ningún punto pendiente positiva.

Una vez se ha determinado la isocuanta eficiente, el proceso para medir la eficiencia de una unidad productiva es el que se ha desarrollado en el comentario de la figura anterior. Tal y como se ha destacado anteriormente, se trata de comparar cada unidad que no se encuentra en la frontera de producción con otra unidad eficiente que emplee los factores productivos en la misma proporción. Así, en el gráfico anterior, la eficiencia del punto P se mide comparando los factores de producción que utiliza con los que emplea la unidad ficticia Q , $ETP=OQ/OP$.

1.3. METODOLOGÍAS PARA MEDIR LA EFICIENCIA

Los métodos para medir la eficiencia técnica pueden clasificarse en dos grandes grupos, aquellos que consideran una función frontera, en los que se calcula el valor máximo de output que se puede obtener en relación a los inputs según las unidades más eficientes de la muestra, y aquellos que no contemplan la función frontera, que estiman el valor medio del output que puede alcanzarse considerando una cantidad de inputs dada.

En la actualidad, no existe consenso acerca de cuál es el método más apropiado para definir la frontera de producción. Por un lado, los métodos paramétricos presentan el inconveniente de que el investigador puede cometer errores en la especificación del modelo, por lo que los resultados que se obtienen están muy condicionados por los supuestos que se asumen respecto a la forma funcional y a la distribución del error. Además, exigen conocer la función de producción *a priori*, lo que, en la mayoría de casos, se desconoce. Entre sus mayores ventajas está la de poder incorporar al análisis posibles factores que expliquen las desviaciones respecto a la frontera al margen de la ineficiencia, y la posibilidad de seleccionar las variables explicativas a través de un test estadístico previo, utilizando las medias de las mejores prácticas como referencia para desplazar la frontera hacia arriba. Por otra parte, los métodos no paramétricos presentan como principal inconveniente que no tienen en cuenta la existencia de un error aleatorio en el proceso de estimación de la frontera eficiente, de modo que las desviaciones respecto a la frontera de producción se identifican con un comportamiento ineficiente de las unidades productivas, siendo difícil discriminar aquellos casos en los que la desviación pueda deberse a errores de medida. Sin embargo, presentan la ventaja de no necesitar una especificación previa de la función de producción, basta con definir un conjunto de propiedades que debe cumplir el conjunto de posibilidades de producción.

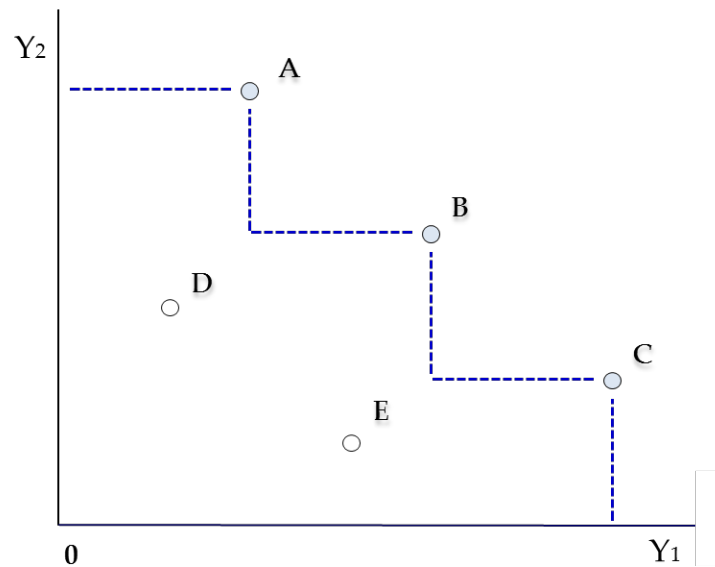
Sin embargo, el método más utilizado en la literatura es el de tipo frontera, ya que permite la comparación de unidades productivas ineficientes con aquellas que consiguen obtener la máxima producción posible (las situadas en la frontera de producción).

El concepto de función frontera se define como la relación técnica que expresa el nivel máximo de output que puede obtener una unidad productiva dados un conjunto de inputs y una tecnología. La función frontera representa el nivel máximo de producción y, por tanto, sirve de referencia para calcular el grado de ineficiencia del resto de unidades observadas. Sin embargo, dado que la frontera no es observable en la realidad, se estima a partir de las mejores prácticas observadas de entre todas las unidades evaluadas.

En términos generales, ningún método es completamente óptimo. En esta tesis se sigue un modelo de tipo frontera para medir la eficiencia. Además, dado que en el sector público existen restricciones a la información, el grupo que mejor se adapta es el de técnicas no paramétricas.

La estimación de la frontera a través de métodos no paramétricos utiliza la programación matemática, distinguiendo dos metodologías: Free Disposal Hull o Frontera de Libre Disposición (FDH) y Análisis Envolvente de Datos o Data Envelopment Analysis (DEA). Ambos métodos permiten incluir la totalidad de unidades reales utilizadas en la investigación y asumen la libre disposición de inputs y outputs.

La metodología FDH introducida por Deprins et al. (1984) y desarrollada posteriormente por Tulkens et al. (1993), estima la frontera basándose únicamente en la actuación de las unidades productivas observadas y no en unidades virtuales creadas a partir de combinaciones lineales entre unidades consideradas eficientes. Así, la representación gráfica de la frontera FDH adquiere una forma escalonada como la que se muestra en el gráfico 1.3.

Gráfico 1.3: Metodología Free Disposal Hull

Por el contrario, la metodología DEA construye la frontera a partir de la combinación lineal entre unidades eficientes, otorgándole una forma convexa.

Dado que la metodología del Análisis Envoltente de Datos es la base sobre la que se van a realizar los análisis empíricos para la evaluación de la eficiencia, en los apartados siguientes se analiza detalladamente su formulación y principales extensiones.

1.4. EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

La técnica DEA que surge como una extensión del trabajo de Farrell (1957) fue desarrollada en la tesis doctoral de Rhodes en 1978. Este mismo año, el autor publicó un artículo junto a Charnes y Cooper en el que presenta el conocido modelo DEA-CCR¹.

¹ Esta denominación se debe a las iniciales de los tres autores Charnes, Cooper y Rhodes (CCR).

² En este trabajo se presenta el modelo DEA-CCR y DEA-BCC con orientación

El DEA trata de construir una envolvente que comprenda a todas las unidades eficientes y al conjunto de unidades virtuales construidas como combinación lineal de las primeras, quedando el resto de unidades ineficientes por debajo de dicha frontera. De este modo la distancia existente entre las unidades ineficientes y la envolvente proporciona una medida del nivel de la ineficiencia.

En la construcción de la envolvente se han de tener en cuenta los supuestos de partida establecidos por Farrell (1957):

- Condición de convexidad de la función de producción: si dos inputs pueden producir una unidad de output, también podría hacerlo cualquier combinación lineal de ellos. Dicho de otro modo, una combinación lineal de dos unidades productivas es una nueva unidad productiva de tecnología factible existiendo una sustitución perfecta de factores.
- Existencia de rendimientos constantes a escala.
- Libre disponibilidad de input y output: el output no decrece pese a que uno o varios inputs aumenten (pendiente negativa de la isocuanta).

Siguiendo a Charnes et al. (1981) la eficiencia se puede analizar en relación a dos orientaciones básicas: orientación output y orientación input.

- Modelos con orientación output: Dado un nivel de inputs se trata de buscar el máximo incremento proporcional de output permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Una unidad productiva no puede caracterizarse como eficiente si es posible incrementar cualquier output sin que ello suponga el incremento de ningún input o el decrecimiento de ningún otro output.
- Modelos con orientación input: Tratan de alcanzar la máxima reducción proporcional en el vector input permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Una unidad productiva no es eficiente si existe la posibilidad de disminuir cualquier input sin modificar sus outputs.

Dado que las universidades públicas españolas han de tratar de maximizar el output a partir de un nivel de recursos determinado y previamente establecido

por los presupuestos, en esta investigación se aplican los modelos DEA-CCR y DEA-BBC con orientación output².

1.4.1. Modelo DEA-CCR

Se supone una muestra de n DMUs³ tales que cada DMU j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) produce s outputs, y_{rj} ($r = 1, 2, 3, \dots, s$) utilizando m inputs, x_{ij} ($i = 1, 2, 3, \dots, m$). El modelo DEA-CCR output orientado expresado en forma fraccional se formula mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Min } h_0(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}$$

$$\text{s. a. } \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1$$

$$v_i u_r \geq 0$$

$$j = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

Dado que el DEA plantea un problema de programación matemática para cada DMU, su resolución permite asignar un índice de eficiencia (h_0^*) a cada una de ellas. Los pesos óptimos (u_r^* , v_i^*) obtenidos como solución al problema diferirán entre una unidad y otra puesto que el modelo se resuelve para cada unidad y en cada caso se buscan los pesos óptimos que maximicen la eficiencia. El subíndice 0, representa a la unidad evaluada. El coeficiente de eficiencia de la unidad 0 viene determinado por $1/h_0^*$. Por tanto si la solución al problema es

² En este trabajo se presenta el modelo DEA-CCR y DEA-BCC con orientación output por ser el modelo empleado en el posterior análisis empírico. El modelo input orientado puede consultarse en diversos manuales sobre metodología DEA (Charnes et al., 1994, Cooper et al., 2000 entre otros).

³ Estas siglas provienen del inglés y significan *Decision Making Unit*. Son utilizadas por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) para hacer referencia a las unidades productivas evaluadas.

$h_0^* = 1$, la unidad productiva que está siendo evaluada se considera eficiente en relación a las otras unidades. Si el índice $h_0^* > 1$ la unidad evaluada se considera ineficiente. En este caso, las unidades productivas que, con los mismos pesos (u_r^*, v_i^*) de la unidad ineficiente que se está evaluando, sean eficientes, se denominan peers (pares) y constituyen el conjunto de referencia eficiente de la unidad ineficiente, es decir, constituyen un referente para su mejora.

La particularidad del DEA reside en que los pesos óptimos varían para cada unidad evaluada. Cada ponderación obtenida representa el sistema de valores que se atribuye a cada input y output que proporciona el mayor índice de rendimiento posible a cada unidad. De este modo, cada unidad se sitúa en la mejor situación posible.

Dada la complejidad de resolución de este problema fraccional, se transforma en un problema lineal minimizando el numerador de la función objetivo y manteniendo constante el denominador.

$$\text{Min } h_0(u, v) = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$$

$$\text{s. a. } \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0$$

$$v_i u_r \geq 0$$

$$j = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

El programa lineal selecciona aquellas ponderaciones que minimizan el input virtual de la unidad evaluada ($v_i x_{i0}$), condicionadas a que su output virtual ($v_i y_{r0}$) sea igual a la unidad. Asimismo, la aplicación de dichas ponderaciones al resto de DMUs evaluadas no permite que su output virtual exceda del input virtual. Se considera que la unidad es eficiente si su input virtual es igual a la unidad. De este modo, para el cálculo de los índices de eficiencia, en la práctica, se utiliza la forma dual de este programa. A través de él se construye una aproximación lineal por tramos a la verdadera frontera de producción:

$$\text{Max } \varphi$$

$$\text{s. a. } \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi y_{r0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0}$$

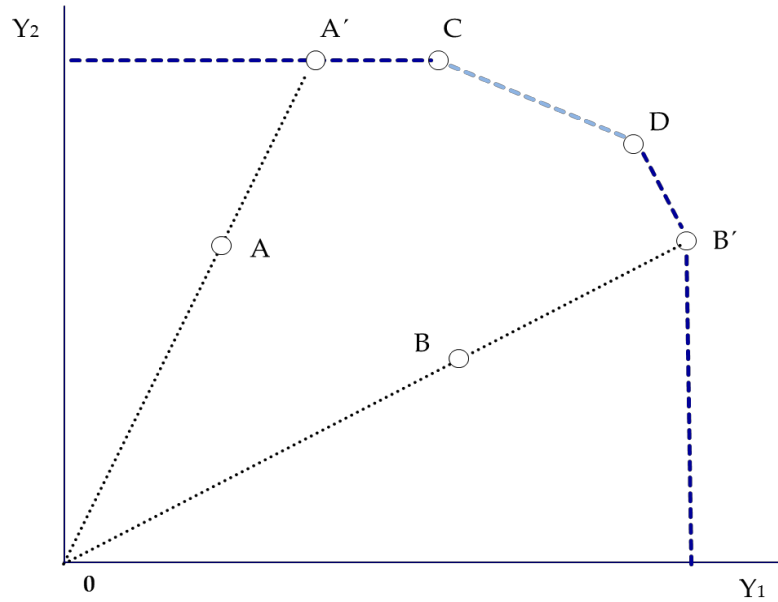
$$\lambda_j \geq 0$$

$$j = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m.$$

Si $\varphi = 1$, la unidad que está siendo evaluada es considerada eficiente. No existe otra unidad que alcance el mismo o mayor nivel de producción con menos recursos.

La metodología DEA, además de proporcionar un índice que manifieste el incremento de output (o reducción de input) necesario para que una unidad sea eficiente, permite detectar posibles reducciones adicionales en los inputs o aumentos potenciales en los outputs gracias a la incorporación al modelo dual de las denominadas variables de holgura o *slacks*. Dichas variables representan bien la cantidad de input que podría ahorrar la unidad productiva si fuera eficiente, o bien la cantidad en la que podría incrementar el output si tuviera un comportamiento eficiente.

El gráfico 1.4 representa los resultados obtenidos por cuatro unidades productivas que emplean un input para producir dos outputs. A y B representan dos unidades ineficientes y, C y D representan dos unidades eficientes que forman la frontera. De este modo, la ineficiencia de las unidades A y B podría calcularse mediante el cociente $0A'/0A$ y $0B'/0B$, respectivamente. La unidad A, al no encontrarse en la frontera construida por C y D, no puede considerarse eficiente, ya que le sería posible aumentar la producción de output Y_1 en la cantidad $A'C$. La diferencia entre estos dos puntos (el que se sitúa sobre la extensión de la frontera y el punto extremo que pertenece a la misma) es el slack asociado al output Y_2 .

Gráfico 1.4: Medida de eficiencia y slacks en el output

Las variables de holgura se usan frecuentemente en la metodología DEA:

$$S_i^- = X_{i0} - [\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}] \quad S_r^+ = [\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}] - \varphi Y_{r0}$$

donde S_i^- representa el exceso de input i y S_r^+ la ausencia de output r . Por tanto, el modelo dual que maximiza el output queda expresado de la siguiente manera:

$$\text{Max } \varphi + \sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+$$

$$\text{s. a. } \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + S_i^- = X_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - S_r^+ = \varphi Y_{r0}$$

$$\lambda_j \geq 0; S_r^+ \geq 0; S_i^- \geq 0$$

$$i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n$$

donde φ es el índice de eficiencia, λ_j son las ponderaciones y S_i^- y S_i^+ son las variables holgura de input y output, respectivamente.

Consecuentemente, una unidad productiva será relativamente eficiente si y sólo si el índice de eficiencia equivale a la unidad y, además, todas las variables holgura o slacks son nulas. Por el contrario, una unidad productiva se considera ineficiente si su índice de eficiencia es diferente a la unidad o si, presentando un índice igual a la unidad, alguna de las variables de holgura fueran distintas de 0. Con esta formulación se consigue asignar un índice de eficiencia a cada unidad productiva y obtener un valor que represente la ineficiencia de dicha unidad en el uso de los input o en la obtención del output.

Además, la metodología DEA permite obtener, para todas las unidades productivas calificadas como ineficientes, un punto de proyección $(\widehat{x}_0, \widehat{y}_0)$ sobre la frontera eficiente que represente a una unidad productiva, real o virtual, eficiente que permita su comparación. Esta unidad se obtiene a partir de una combinación lineal de otras observaciones que se denominan conjunto de referencia de la unidad que está siendo evaluada y se ha calificado como ineficiente.

En consecuencia, la unidad eficiente, en el contexto de un modelo co orientación output obtendrá, como mínimo, la proporción φ de los outputs de la unidad evaluada y empleará, como máximo, la misma cantidad de inputs. Así, el mencionado punto de proyección sobre la frontera vendrá dado por $(\widehat{x}_0 = \sum_{j=1}^n \lambda_j^* X_j; \widehat{y}_0 = \sum_{j=1}^n \lambda_j^* Y_j)$.

Conocer las coordenadas de proyección de la unidad ineficiente sobre la frontera eficiente, permite obtener dos resultados relevantes: sus valores objetivo (inputs y outputs) y las mejoras potenciales que debería acometer la unidad ineficiente. Los valores objetivo, también denominados *target*, representan los niveles de input y output que debería alcanzar una unidad productiva para ser eficiente. Las mejoras potenciales, en términos absolutos o relativos, están determinadas por la diferencia entre los valores observados de la unidad evaluada y los valores objetivo, por lo que permiten precisar la cantidad de input que se debería reducir y/o la cantidad de output que se debería aumentar para que la unidad resulte eficiente.

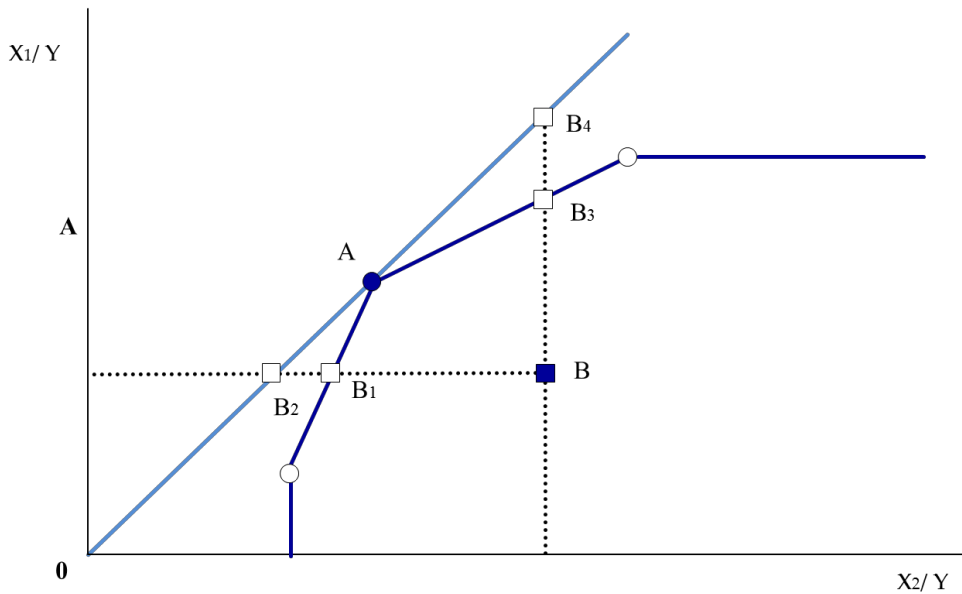
1.4.2. Modelo DEA-BCC

El modelo DEA-CCR explicado hasta ahora proporciona una medida de Eficiencia Técnica Global (ETG) y lleva implícita la restricción de rendimientos constantes a escala. Este supuesto implica asumir que un aumento en los input empleados supondrá un incremento proporcional en los output, es decir, no contempla la posibilidad de que la ineficiencia se deba a razones de escala y las posibles desviaciones de la frontera se interpretan como una gestión ineficiente de la unidad productiva.

Para detectar las posibles causas de ineficiencia por razones de escala surge el modelo planteado por Banker, Charnes y Cooper (1984), más conocido por sus siglas BCC. Este modelo incluye una nueva restricción en el programa que permite rendimientos variables a escala en la producción. La formulación del estimador es la siguiente: $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$.

Esta restricción permite que las unidades ineficientes sean comparadas con otras que desarrollan su actividad en una escala similar, de modo que se aporta flexibilidad al modelo facilitando el análisis en aquellos casos en los que las unidades evaluadas actúan en escala similar. Así, la medida de eficiencia obtenida es una medida de Eficiencia Técnica Pura (ETP), es decir, “neta de cualquier efecto escala” (Thanassoulis, 2001).

En el gráfico 1.5, se representa el caso de dos unidades productivas A y B que, a partir de un único input x , obtienen un único output y . Se representan los dos tipos de frontera DEA, es decir, según el modelo DEA-CCR con rendimientos constantes a escala y DEA-BCC con rendimientos variables a escala.

Gráfico 1.5: Frontera con rendimientos constantes y variables a escala

En un modelo con orientación output, la eficiencia de la unidad B bajo rendimientos constantes a escala está determinada por el cociente DB/DB_4 , lo que corresponde a la descripción gráfica de la ETG. La eficiencia de esta misma unidad B, bajo rendimientos variables de escala, viene definida por la ratio DB/DB_3 , lo que corresponde a la descripción gráfica de la ETP. La relación por cociente entre la ETG y la ETP, es decir, DB_3/DB_4 , ofrece como resultado la Eficiencia de Escala (EE), la cual, puede interpretarse como la parte de ineficiencia presente en la ETG como consecuencia de la escala de producción de la unidad evaluada. Por tanto, se tiene que $ETG = ETP \cdot EE$.

Grosskopf (1986) demuestra que el índice de eficiencia estimado con el modelo CCR (rendimientos constantes) es siempre menor o igual al índice de eficiencia estimado con el modelo BCC (rendimientos variables). En consecuencia las unidades productivas consideradas eficientes en el modelo CCR también lo son en el modelo BCC pero no al contrario.

Elegir uno u otro modelo dependerá de las unidades a evaluar y de los objetivos del análisis. No obstante es frecuente que las unidades productivas a

evaluar sean heterogéneas y por tanto que sus escalas de producción sean diferentes. En estos casos se suele recurrir al modelo BCC.

1.5. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL DEA

Una vez revisadas las diferentes aproximaciones para la medición de la eficiencia y seleccionado la metodología DEA para este propósito, en este apartado se exponen las ventajas e inconvenientes que presenta.

1.5.1. Ventajas del DEA

Una de las características positivas del DEA es la posibilidad de adaptarse a sectores en los que existen de forma simultánea múltiples inputs y outputs, particularidad que está presente en las funciones docente e investigadora de la universidad pública. Tal y como afirman Gómez et al. (2000) *“el DEA puede manipular múltiples variables explicativas y múltiples variables dependientes, por lo que la naturaleza multi-resultado del proceso educativo se puede modelizar mucho más apropiadamente.”*

Una segunda característica fundamental del DEA para el análisis en el ámbito del sector público es que no es necesario especificar los precios. Cuando la medición de la eficiencia se lleva a cabo en el sector privado los precios se pueden emplear como ponderaciones de los input y los output, sin embargo cuando el análisis se lleva a cabo en el contexto del sector público existe una ausencia de precios. El DEA en este caso genera las ponderaciones de las variables input y output tratando de maximizar la eficiencia de cada unidad en relación al comportamiento del resto de unidades analizadas.

Esta ventaja, tal y como señalan Pina y Torres (1995), hace que *“el DEA sea especialmente indicado cuando se realizan actividades que operan al margen del mercado, ya que en estos casos es donde fallan los métodos tradicionales de medición de la eficiencia.”*

A diferencia de las aproximaciones paramétricas, en las que es imprescindible fijar la función de producción y la distribución de las variables aleatorias, la metodología DEA presenta la gran ventaja de que no precisa

especificar *a priori* la forma funcional. De esta característica del DEA se desprende otra ventaja, aportar información sobre la eficiencia relativa de las unidades analizadas. Esto es posible porque la eficiencia se evalúa sobre los índices de eficiencia obtenidos a partir de las mejores prácticas observadas y no sobre una función de producción ideal.

Esta metodología muestra información muy útil para la gestión de las unidades evaluadas. Según Pedraja y Salinas (1994) esa información puede resumirse en:

- a. Índices individualizados de eficiencia de las unidades analizadas
- b. Ponderaciones de inputs y outputs y sus respectivos inputs y outputs virtuales. Esto es, en el caso de los outputs (inputs), el producto de las cantidades de output (input) producidos (consumidos) por cada DMU por sus correspondientes ponderaciones. Por ejemplo los output virtuales de mayor valor son los más relevantes en el cálculo de la eficiencia, lo que señala las áreas concretas de actuación eficiente así como los posibles intercambios de experiencia con otras unidades que sean especialmente deficientes en esas dimensiones.
- c. Grupos de referencia de cada unidad evaluada, los cuales se construyen a partir de subconjuntos de unidades eficientes y de los valores de las ponderaciones. Los mayores valores de las ponderaciones de las diferentes unidades que componen el subconjunto son indicadores de aquellas unidades que son "mejores" referencias. De este modo las unidades ineficientes pueden compararse con aquellas que forman parte de su grupo de referencia y establecer medidas correctoras orientadas a lograr una situación eficiente.
- d. Objetivos de consumo y producción para las unidades analizadas ineficientes en los casos en que la metodología DEA se aplique con orientación input.

Por último, el DEA permite que las unidades en las que se expresan los input y los output sean distintas, siempre que cumplan la condición de mantener para el mismo tipo de input u output y para todas las DMUs la misma medida. Esto significa que cada input y cada output puede medirse con diferentes unidades de medida pero es imprescindible que todas las DMU estén medidas de forma homogénea en cada variable. En este sentido Coelli (1996) afirma que

“una ventaja de la medida radial de eficiencia está en que son unidades invariables, esto es, que cambiando la unidad de medida no varía el valor obtenido en el ratio de eficiencia.”

1.5.2. Inconvenientes del DEA

El primer inconveniente que presenta esta metodología es su carácter determinista, ya que identifica como comportamiento ineficiente toda desviación respecto a la frontera, lo que hace que el modelo sea muy sensible a las observaciones extremas y la introducción de nuevas variables.

Otro de los inconvenientes que suele causar gran parte de los errores en la estimación de la eficiencia, es la necesidad de que las unidades a evaluar sean homogéneas, tanto en los inputs y outputs como en el contexto en que actúan, pues de no ser así la evaluación negativa de una unidad puede estar originada por desarrollar su actividad en circunstancias diferentes al resto (De Pablos y Valiño, 2000). La ausencia de homogeneidad puede estar originada por: la existencia de factores exógenos que no son controlables por el gestor pero que afectan a la actividad productiva de la unidad y/o por la excesiva flexibilidad de la técnica. Ésta última cuestión ha de ser tratada con extrema atención ya que lo que en un principio se presentó como una ventaja puede llegar a ser un inconveniente. En el caso de que no exista restricción alguna sobre las ponderaciones, una DMU evaluada como ineficiente obtiene una ratio de eficiencia inferior a uno empleando las ponderaciones que le son más favorables, de modo que la ineficiencia de dicha DMU no puede imputarse al conjunto de ponderaciones utilizadas. Sin embargo, asumir una flexibilidad total de las ponderaciones, tal y como exponen Pedraja y Salinas (1994), puede ser criticado por numerosas razones:

- a. Las unidades extremas o *outliers*⁴ se evalúan automáticamente como eficientes. En el caso en que una unidad sea superior al resto en un ratio output/input será evaluada como eficiente, ya que puede basar su evaluación

⁴ Outliers: Unidades que presentan un comportamiento productivo diferente a los demás y, que por no tener otras unidades similares con las que comparar su comportamiento, se consideran eficientes.

exclusivamente en dicho ratio, estableciendo ponderaciones nulas al resto de factores.

- b. Sin alcanzar el extremo anterior, puede ocurrir que la eficiencia se evalúe sin tener en cuenta la totalidad de inputs y outputs. Lo que no sería aceptable, sobretodo, si las ponderaciones nulas se asignan a factores especialmente relevantes.
- c. Al permitir la flexibilidad total de las ponderaciones se asume de forma implícita que las unidades puedan tener objetivos o circunstancias particulares que deban ser tomadas en consideración en la evaluación de la eficiencia. Sin embargo, las unidades a comparar deben ser homogéneas en el sentido en que han de producir el mismo output a partir de unos input comunes.

El último inconveniente destacable de esta metodología es que no es capaz de establecer una ordenación completa de todas las unidades evaluadas. Esto ocurre porque el DEA asigna el mismo valor (igual a la unidad) a todas las unidades eficientes.

Como conclusión se podría decir que la metodología DEA presenta una serie de aspectos positivos que hacen que se convierta en un análisis muy interesante en el contexto del sector público. No obstante hay que tener en cuenta las limitaciones que presenta en el momento de aplicar la técnica. En cualquier caso es una metodología cada vez más utilizada tanto para evaluar la eficiencia técnica como para la toma de decisiones gracias a la información pormenorizada que ofrece. Es por ello que en los últimos años numerosos autores han desarrollado nuevas extensiones del modelo original que permiten ir superando las limitaciones que presenta esta técnica.

1.6. ESTUDIOS SOBRE EFICIENCIA DE INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS

En este apartado se resumen los principales trabajos que estudian la eficiencia en la actuación del sector público, en concreto de las instituciones de educación superior.

Este tipo de estudios comienza a realizarse de forma empírica a finales de los años ochenta, siendo la metodología DEA la que mejor se adapta a las

características del sector público, convirtiéndose en la técnica más extendida para tal fin.

La mayor parte de los trabajos que tratan la medición de la eficiencia en el ámbito de la educación superior se han desarrollado en Reino Unido (Tomkins y Green, 1988; Beasley, 1990, 1995; Johnes y Johnes, 1993, 1995; Doyle et al. 1995, Athanassopoulos y Shale, 1997; Glass et al., 2006) y Estados Unidos (Ahn, 1987; Ahn et al., 1989; Ahn y Seiford, 1993; Rhodes y Southwick, 1993; Bougnol y Dulá, 2006). No obstante se han realizado estudios en este campo en otros países como Australia (Avkiran, 2001; Abott y Doucouliagos, 2003), Canadá (McMillan y Data, 1998) o China (Ng y Li, 2000) entre otros. En los últimos años, en España, han proliferado numerosos trabajos en este campo (Pina y Torres, 1995; Caballero et al., 1997; González et al., 1998; Trillo, 1998; García Valderrama, 1999; Martínez, 2000; Gómez, 2001; Gómez y Mancebón, 2005; Vázquez, 2011).

A continuación en la tabla 1.1 se presenta una revisión de los trabajos que evalúan la eficiencia de las instituciones de educación superior a través de la metodología DEA.

Tabla 1.1: Estudios de eficiencia en el sector de la educación superior pública

AUTOR	UNIDAD DE ANÁLISIS	METODOLOGÍA
Tomkins and Green (1988)	Medir la eficiencia global de 20 departamentos de contabilidad de Gran Bretaña	DEA CCR orientación input
Evaluar la eficiencia a través de 6 modelos DEA empleando diferentes variables.		
Ahn et al. (1989)	Mide la eficiencia de las universidades públicas de Texas.	DEA CCR orientación input
Compara los hallazgos obtenidos de emplear medidas contables y medidas econométricas.		
Beasley (1990)	52 Departamentos de Química y 50 de Física de Reino Unido.	DEA CCR orientación input
Evaluar la eficiencia técnica productiva imponiendo restricciones relativas y absolutas a las ponderaciones. Estima la eficiencia global para cada uno de los departamentos tanto en la rama investigadora como docente.		
Ahn y Seiford (1993)	Instituciones <i>doctoral-granting</i> públicas y privadas de EEUU para 1985-1986	DEA BCC DEA CCR DEA Multiplicativo DEA Aditivo
Emplean diferentes modelos DEA (BCC, CCR, Multiplicativo y Aditivo) y diferentes especificaciones de variables para comprobar la sensibilidad y robustez de los resultados.		
Pina y Torres (1995)	22 Departamentos de Contabilidad de universidades españolas.	DEA CCR
Evaluar la eficiencia técnica de los departamentos de contabilidad con diferentes inputs y outputs.		
Athanassopulos y Shale (1997)	45 Universidades de Reino Unido (excluyendo las antiguas y las que no poseen la gama completa de estudios) para el curso 1992-1993	DEA CCR orientación output DEA BCC orientación output

Medir la eficiencia técnica para comparar los resultados de coste por alumno con las mejores unidades en DEA y comprobar que la eficiencia en costes no es coincidente con bajos costes unitarios.		
Caballero et al. (1997)	131 unidades docentes de la Universidad de Málaga para el año 1997	DEA CCR orientación output
Evalúa la eficiencia en docencia.		
González et al. (1998)	Medir la eficiencia técnica de los departamentos de 31 la Universidad de Oviedo en el curso 1995-1996	DEA BCC orientación input para la investigación DEA BCC orientación output para la docencia
Evaluar la eficiencia de los departamentos experimentales y no experimentales de la Universidad de Oviedo tanto en conjunto como por separado. Evaluar la influencia del tamaño de los departamentos sobre la puntuación de eficiencia obtenida. Para ello eliminan el supuesto de rendimientos constantes a escala.		
Mc Millan y Datta (1998)	45 Universidades de Canadá para el curso 1992-1993	DEA BCC orientación input
Evaluar la eficiencia de las universidades canadienses tratando de homogeneizar la muestra en según sean de Ciencias Sociales y Humanidades o de Medicina e Ingeniería.		
Trillo (1998)	Departamentos de la Universidad Politécnica de la Universidad de Cataluña	DEA CCR orientación input DEA BCC
Evalúa la eficiencia de los departamentos aplicando 8 modelos DEA distintos, modificando las combinaciones de inputs-outputs. Para dar homogeneidad a la muestra diferencia departamentos con orientación científica o tecnológica.		
García-Valderrama (1999)	21 grupos de investigación de la facultad de ciencias de la Universidad de Cádiz para el período 1991-1995	DEA CCR orientación output DEA BCC orientación output Análisis de Componentes Principales
Evaluar la eficiencia técnica a través de 7 modelos diferentes especificados con varias combinaciones de inputs y outputs.		

Martínez Cabrera (2000)	23 Departamentos de análisis económico en el curso 1994-1995	DEA CCR orientación output con restricciones en las ponderaciones
Analiza las diferencias de los rendimientos de escala		
Ng y Li (2000)	84 Instituciones de educación superior de China para el periodo 1993-1995	DEA BCC orientación output
Estudian las diferencias en las puntuaciones de eficiencia debido a las diferencias de desarrollo económico regional. Este estudio va dirigido fundamentalmente a estudiar a eficiencia en la función investigadora de las instituciones.		
Avkiran (2001)	36 Universidades públicas australianas para el ejercicio 1995	DEA BCC orientación output DEA CCR orientación output
Medir la eficiencia a tres niveles: eficiencia global, eficiencia en el éxito de servicios educativos y eficiencia en los ingresos de matrícula. Para ello especifica tres modelos DEA diferentes empleando diferentes outputs.		
Gómez (2001)	35 Universidades públicas españolas	DEA CCR orientación output DEA BCC orientación output
Evaluar la eficiencia técnica de las universidades comparando los resultados obtenidos a través de 6 especificaciones diferentes de modelos DEA.		
Abbot y Doucouliagos (2003)	36 Universidades públicas australianas para el año 1995	DEA CCR orientado al input DEA BCC orientado al input
Medir la eficiencia técnica en las universidades australianas. Para ello estiman el DEA con rendimientos constantes y a escala. Primer análisis: Análisis DEA del conjunto de universidades públicas empleando todos los inputs y dos de los output (Research Quantum Allocation y el número de estudiantes a tiempo completo). Segundo análisis: Análisis cluster que distingue entre universidades consideradas <i>lowest ranking</i> o <i>highest ranking</i> .		
Martín Vallespín (2003)	52 Departamentos de la Universidad de Zaragoza para el ejercicio 1999	DEA CCR
Evaluar la eficiencia técnica. Para ello especifica 12 modelos con diferentes combinaciones de variables input y output.		
Gómez y Mancebón (2005)	47 Universidades Públicas españolas para el ejercicio 2000	DEA-Multiactividad DEA-BCC
Evaluar la eficiencia técnica productiva haciendo hincapié en el proceso de evaluación. Para dar homogeneidad a la muestra realizan un análisis cluster según las titulaciones por rama de conocimiento.		

Torrigo et al. (2006)	152 unidades funcionales (Universidad de Málaga)	DEA-BCC orientación output DEA-CCR orientación output
Evaluar la eficiencia técnica en el conjunto de la universidad, junto con un análisis cluster que ayuda a explicar los aspectos más ventajosos y debilidades de las unidades evaluadas. Se realiza un análisis por ramas de conocimiento en relación a la actividad científica y docente.		
Sellers et al. (2010)	50 Departamentos de una universidad española para el ejercicio 1999.	DEA Para contrastar la segunda etapa, emplea tres variables: Presión administrativa del departamento Tiempo dedicado a la investigación por el departamento El carácter experimental del departamento.
En una segunda etapa este estudio pretende contrastar la complementariedad y/o sustitución entre las actividades de administración e investigación.		
Altamirano et al. (2012)	Universidad Autónoma de Queretaro	DEA Analytic hierarchy process (AHP)
Evaluar la eficiencia de la universidad. Proponer la metodología como una herramienta para la planificación		
Eff et al. (2012)	1.179 instituciones de educación superior públicas y privadas para el año académico 2000-2001	DEA CCR
Evaluar la eficiencia desde el punto de vista del valor que aporta a los consumidores las instituciones de educación superior.		
Gómez et al. (2012)	47 Universidades públicas españolas para el ejercicio 2008.	DEA modelo CCR orientación output. Análisis de Componentes principales.
Proponer métodos de obtención de rankings según la puntuación de eficiencia.		
Azlina et al. (2013)	22 Departamentos de una universidad pública de Malasia para el ejercicio 2011	DEA CCR orientación output
Evaluar la eficiencia de la gestión de los departamentos a través de 4 modelos DEA diferentes, empleando para ellos diferentes combinaciones de input y output. Evaluación de la sensibilidad.		

Berbegal et al. (2013)	44 Universidades Públicas españolas para el periodo 2006- 2009.	DEA BCC orientación output
Medir la eficiencia técnica de las universidades españolas.		
Kipasha y Msigwa (2013)	7 Universidades Públicas de Tanzania	DEA BCC orientación input
Evaluar la eficiencia en el uso de los recursos humanos para producir beneficios internos y oferta de títulos.		
Larrán y García (2014)	47 Universidades Públicas españolas para los cursos académicos 2005- 2006 y 2009-2010.	DEA CCR DEA BCC
Determinar si los modelos de financiación tienen influencia sobre la eficiencia docente, investigadora y de tercera misión de las instituciones universitarias. Utiliza 5 modelos distintos empleando diferentes combinaciones de inputs y outputs.		

1.7. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El DEA es una técnica de carácter determinista, por lo que no dispone de criterios estadísticos que permitan valorar la precisión de los resultados obtenidos ni la influencia que puedan tener sobre los mismos las posibles variaciones en los datos o en la especificación de los modelos.

Por ello, es frecuente encontrar trabajos en los que, para probar la robustez de los resultados, se realiza un análisis de sensibilidad de los mismos al variar la especificación del modelo (García Valderrama, 1996; Tomkins y Green, 1998; Trillo, 2000; Martínez, 2000 y 2003; Seijas, 2004; Gómez, 2012).

Para realizar el análisis de sensibilidad se comparan las puntuaciones de eficiencia de las DMUs obtenidas al aplicar el modelo inicial completo con todos los inputs y outputs, con los resultados de modelos alternativos, que resultan de eliminar de forma secuencial un output. Los resultados obtenidos con cada uno de los modelos alternativos son analizados aplicando las correspondientes técnicas estadísticas con el objeto de evaluar el efecto de la inclusión o no en el modelo de la variable eliminada.

1.8. SUPEREFICIENCIA

La metodología DEA permite diferenciar entre DMUs con comportamiento eficiente e ineficiente, pero no establece una ordenación de las DMUs. Es por tanto necesario completar el programa DEA con otros procedimientos que proporcionen ordenaciones de las DMUs en base a las puntuaciones de eficiencia.

El método de supereficiencia formulado por Andersen y Petersen (1993) y posteriormente perfeccionado por Wilson (1995), podría considerarse una extensión del DEA, ya que se basa en un programa de programación lineal, similar al DEA convencional, pero que evita que dos DMUs obtengan una puntuación igual a uno, es decir, permite establecer una ordenación entre las DMUs que son eficientes.

Este método elimina del programa original la restricción relativa a la DMU que está siendo evaluada, de modo que los parámetros que se optimizan no están condicionados a obtener una puntuación inferior a uno, y sus valores se alejan de uno (hacia el extremo inferior) cuanto más eficiente resulte la DMU evaluada. Las ecuaciones que expresan este modelo son las siguientes:

$$\text{Max } \varphi^{\text{super}}$$

$$\text{s. a. } \sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi^{\text{super}} y_{r0} \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, n; j \neq 0$$

$$\sum_{j=1, j \neq 0}^n \lambda_j = 1$$

En un modelo con orientación output si se incluye en las restricciones la DMU que está siendo evaluada, el valor máximo que puede alcanzar la función objetivo es uno y dicha DMU es su propio referente. Sin embargo, si se elimina la

restricción relativa a esa DMU, el valor máximo que puede alcanzar será menor que uno. Por tanto, para una unidad que sea eficiente, la diferencia entre uno, su puntuación de eficiencia y su puntuación de supereficiencia muestra el margen de empeoramiento que podría permitirse sin dejar de ser eficiente. Es preciso mencionar que este método de ordenación no modifica la puntuación de aquellas DMUs que sean ineficientes en tanto que no conforman su conjunto de referencia.

Este método presenta algunos inconvenientes que deben ser tenidos en cuenta en sus aplicaciones:

- Al interpretar los resultados, se ha de tener en cuenta que para obtener la ordenación de supereficiencia las DMUs eficientes se han evaluado con multiplicadores diferentes.
- Las puntuaciones excesivamente altas que son asignadas a las DMUs “especializadas”.
- La ordenación depende del modelo aplicado: tipo de rendimiento, orientación,...
- Solo ordena las unidades eficientes.

Considerando las debilidades que presenta este método es conveniente complementarlo con otros criterios. Esta investigación, lo complementa con el criterio propuesto por Smith y Mayston (1987), que consiste en caracterizar a las DMUs eficientes como “más o menos” eficientes en función de la frecuencia con la que figuren como referentes de las DMUs ineficientes y del peso con el que lo hacen.

1.9. ÍNDICE DE MALMQUIST

El modelo CCR ha sido objeto de diferentes extensiones que tratan de adaptar la metodología a la realidad y a las distintas necesidades de estudio. Concretamente, el Índice de Malmquist permite medir los cambios que se producen en la productividad a lo largo de varios períodos de tiempo.

Moorsteen (1961) aplica por primera vez el Índice de Malmquist para realizar una comparativa entre el input empleado por una empresa en dos

momentos diferentes en términos del máximo factor por el que el input de un período podía ser reducido de modo que la empresa pudiera seguir produciendo el nivel de output observado en el otro período.

Posteriormente, Caves et al. (1982), apoyándose en el concepto de distancia desarrollado por Shephard (1970), adaptaron el problema anterior proponiendo el índice de productividad de Malmquist con dos orientaciones. El primero, conocido como índice de Malmquist de productividad basado en el output, analiza los cambios de productividad como la diferencia entre el output máximo que puede alcanzarse dados unos niveles de input. El segundo, basado en el input, analiza los cambios de productividad como la diferencia entre en nivel mínimo de input que permite alcanzar un nivel determinado de output. Ambos índices ofrecen el mismo resultado en aquellos casos en los que se consideren rendimientos a escala constantes.

No obstante el uso generalizado de este índice no se produce hasta Färe et al. (1994), quienes proponen que los componentes de la función distancia para el cálculo del índice de Malmquist sean estimados empleando la metodología DEA. Una de las ventajas más destacables es que permite descomponer la productividad en dos componentes: el cambio en la eficiencia técnica y el cambio debido a los progresos tecnológicos.

La conveniencia de utilizar el Índice de Malmquist para medir la Tasa de Crecimiento de Productividad Total de los Factores frente a otros índices como el de Törnqvist y Fisher reside en que no exige disponer de las cantidades y precios de todos los inputs y outputs ni establece supuestos sobre si las unidades productivas son maximizadoras de beneficios o minimizadoras de costes. Estas características hacen que sea un índice especialmente útil en un sector como el público en el que no se dispone de precios.

Previo a la explicación del índice de Malmquist es necesario aclarar que en esta investigación se considera una orientación output ya que las universidades tienen baja capacidad de decisión sobre el nivel de input recibido y han de tratar de maximizar el output.

Para definir el índice de Malmquist basado en el output, se considera que en cada periodo $t = 1, 2, \dots, T$, la tecnología de producción S^t modela la transformación de inputs, $x^t \in \mathbb{R}^{N_+}$ en outputs, $y^t \in \mathbb{R}_+^M$.

$$S^t = \{(x^t, y^t) : x^t \text{ puede producir } y^t\} \quad (1)$$

Por otra parte la función distancia del output t se puede definir como:

$$D_0^t(x^t, y^t) = \inf \{ \theta : (x^t, y^t/\theta) \in S^t \} = (\sup \{ \theta : (x^t, \theta y^t) \in S^t \})^{-1} \quad (2)$$

Para construir el índice de Malmquist es necesario definir las funciones distancia con respecto a dos períodos de tiempo diferentes como:

$$D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \inf \{ \theta : (x^{t+1}, y^{t+1}/\theta) \in S^t \} \quad (3)$$

La función distancia correspondiente a (3) mide el máximo cambio proporcional en outputs requerido para lograr que (x^{t+1}, y^{t+1}) sea factible en relación con la tecnología en t . Se define, asimismo, la función distancia que mide la máxima proporción de cambio en output necesaria para que la combinación (x^t, y^t) sea posible con relación a la tecnología en $t + 1$, que se denomina como $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$. De este modo, el índice de productividad de Malmquist orientado al output, en el que la tecnología en t es la tecnología de referencia, se define como:

$$M^t = \frac{D_0^t(X^{t+1}Y^{t+1})}{D_0^t(X^tY^t)} \quad (4)$$

Y el índice de Malmquist basado en el período $t+1$ se define como:

$$M^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \quad (5)$$

La selección de una u otra tecnología de referencia es una cuestión determinante para el análisis. Para superar este problema Färe et al., (1994) definen el índice de Malmquist de cambio en productividad orientado al output como la media geométrica de los índices (4) y (5):

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \cdot \left[\left(\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \cdot \frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (6)$$

La expresión (6) del índice de Malmquist evalúa por tanto el cambio en la eficiencia de una unidad productiva entre dos períodos de tiempo como el producto de dos términos: *catch-up* y *frontier*. El primer componente, el *catch-up*, está vinculado al nivel de esfuerzo que realiza una unidad productiva para mejorar su eficiencia, mientras que el segundo componente, el *frontier*, se relaciona con el cambio en las fronteras de eficiencia de una unidad productiva entre dos períodos de tiempo.

En este trabajo se calcula el índice de Malmquist haciendo uso de las técnicas no paramétricas⁵. Así, para calcular la productividad de la región k' entre t y $t+1$ es necesario resolver cuatro problemas de programación lineal: $D_0^t(x^t, y^t)$, $D_0^{t+1}(x^t, y^t)$, $D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ y $D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$. Para ello, se toma en consideración que la función distancia del output es recíproca a la medida de eficiencia técnica de Farrell con orientación output.

Supónganse $k = 1, 2, \dots, K$ regiones usando $n = 1, 2, \dots, N$ inputs x_n^{kt} en cada período $t = 1, 2, \dots, T$. Dichos inputs se emplean en la producción de $m = 1, 2, \dots, M$ outputs y_m^{kt} . Por lo tanto, para cada $k' = 1, \dots, K$ se computa:

$$(D_0^t(x^{k't}, y^{k't}))^{-1} = \max \Phi^{k'} \quad (7)$$

$$s. a. \Phi^{k'} y_m^{k't} \leq \sum_{k=1}^k \lambda^{k,t} y_m^{k,t}$$

$$\sum_{k=1}^k \lambda^{k,t} x_n^{k,t} \leq x_n^{k,t}$$

$$\lambda^{k,t} \geq 0$$

⁵ En Seiford y Thrall (1990) se pueden encontrar los diferentes modelos de programación lineal no paramétrica basados en la técnica DEA en mayor detalle.

El cómputo de $D^{t+1}_0(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ se lleva a cabo sustituyendo $t + 1$ en t . Dos de las funciones distancia usadas en la construcción del índice de Malmquist requieren información de los dos períodos. La primera función se computa para la observación k como:

$$(D_0^t(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}))^{-1} = \max \Phi^{k'} \quad (8)$$

$$s. a. \Phi^{k'} y_m^{k't} \leq \sum_{k=1}^k \lambda^{k,t} y_m^{k,t}$$

$$\sum_{k=1}^k \lambda^{k,t} x_n^{k,t} \leq x_n^{k,t+1}$$

$$\lambda^{k,t} \geq 0$$

En (8) figuran observaciones de t y $t+1$, simultáneamente, puesto que la tecnología con relación a la que $(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ es evaluado, es la correspondiente a t . En (7), $(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}) \in S^t$, y por lo tanto $D_0^t(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}) \leq 1$. Sin embargo, en (8), $(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ no tiene por qué pertenecer a S^t , por lo que $D_0^t(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ puede tomar valores superiores a la unidad.

1.10. ESTUDIOS SOBRE ÍNDICE DE MALMQUIST

Para medir el cambio en la productividad total de factores y descomponer dicho cambio en dos componentes, eficiencia técnica y cambio tecnológico, es frecuente el uso del índice de Malmquist, cuyo origen se sitúa en los trabajos de Caves et al. (1982).

Al realizar una revisión de trabajos que hayan aplicado el Índice de Malmquist en el sector público no es frecuente encontrar estudios que lo apliquen a las instituciones de educación superior. A continuación, en el cuadro 1.2 se presentan los trabajos más destacables en los que se ha combinado la técnica DEA y el índice de Malmquist y se ha aplicado a universidades.

Tabla 1.2: Estudios que combinan DEA e índice de Malmquist para evaluar la eficiencia de las Instituciones de Educación Superior.

AUTOR	UNIDAD DE ESTUDIO	DESCRIPCIÓN
Flegg et al. (2004)	45 Universidades de Gran Bretaña en el período 1980/1981 y 1992/1993	El período escogido está motivado por grandes cambios acontecidos en la financiación pública y en los estudiantes. Concluyen que la mayor parte del incremento de la eficiencia se debió a un desplazamiento de la frontera.
Worthington y Lee (2005)	35 Universidades australianas en el período 1998-2003	Concluyen que la mejora de la productividad resulta de la expansión de la frontera y no a una mejora real en la eficiencia. Además analizan la productividad para investigación y docencia por separado.
Caroline et al. (2007)	30 universidades privadas de Filipinas en el período 1999-2003	Evalúa el desempeño de las instituciones privadas filipinas y la relación entre la ineficiencia técnica y la edad, la propiedad y el estado de autonomía. Concluyen que ha habido un progreso tecnológico que ha impulsado el crecimiento de la productividad en la mayoría de las instituciones. Además encuentran que la edad y la propiedad tienen efectos significativos y positivos sobre la ineficiencia técnica.
Agasisti y Dal Bianco (2008)	58 Universidades Públicas Italianas en el período 1998/1999 a 2003/2004.	La selección del período de los cursos 1998/1999 a 2003/2004 responde a las reformas llevadas a cabo en Italia en materia de educación. Concluyen que a pesar de que en un principio las reformas causarían una disminución del rendimiento, finalmente la productividad experimenta una mejora.

Johnes (2008)	112 Instituciones de Educación superior de Inglaterra en el período 1996-1997 a 2004-2005	Tratan de averiguar el efecto que ha tenido sobre las instituciones de educación superior los cambios que tuvieron lugar en el periodo señalado en el sector educativo. Concluyen que el efecto ha sido positivo gracias a una mejora en la tecnología de producción lograda a costa de una eficiencia técnica inferior.
Agasisti y Johnes (2009)	57 Universidades italianas y 127 Instituciones de Educación Superior inglesas en el período 2000-2001 y 2004/2005	Realizan una comparativa de la eficiencia técnica relativa de las instituciones de ambos países haciendo uso de la metodología DEA . Además calculan el Índice de Malmquist concluyendo que las instituciones italianas están mejorando la eficiencia mientras que las inglesas obtienen resultados más estables.
Thanassoulis et al. (2011)	121 Instituciones de Educación Superior en el período 2000-2001 y 2002-2003	Evalúan a través de la metodología DEA su estructura de costes, su eficiencia y su productividad. El Índice de Malmquist se calcula distinguiendo 4 grupos. Concluyen que en la mayoría de los casos la productividad está disminuyendo.
Agasisti et al. (2011)	Departamentos de Ciencias, Tecnología y Medicina de las universidades de Lombardía en el período 2004/2007	Analiza los cambios en la productividad. Concluyen que los departamentos académicos mejoran su eficiencia al tiempo que la frontera de eficiencia empeora. Además afirman que los factores externos tienen un impacto limitado en la explicación de las diferencias de eficiencia.
Agasisti y Pohl (2012)	Universidades italianas y alemanas en el período 2001-2007	Compara la eficiencia de las universidades de ambos países para: evaluar si los recursos públicos que financian las universidades se utilizan de forma eficiente y comparar universidades europeas similares. Concluyen que las universidades alemanas son más eficientes que las italianas.

Como se puede comprobar, existen trabajos en los que la aplicación del índice de Malmquist para analizar la evolución de la productividad queda justificada por su uso en períodos en los que ha acontecido algún tipo de reforma que afecta directamente al sector educativo. En este sentido, Flegg et al. (2004), Agasisti y Dal Bianco (2008) y Johnes (2008) justifican la selección del lapso de tiempo analizado por tratarse de un periodo en el que han tenido lugar reformas sustanciales en el ámbito de la educación superior.

En este trabajo se justifica la aplicación del análisis DEA junto con el índice de Malmquist por estar analizando un período en el que está cambiando la forma de financiación de las universidades. Por tanto, se espera que esta metodología permita analizar en qué términos están afectando los cambios al SUPE.

Sin embargo, a nivel nacional apenas existen trabajos que analicen la eficiencia del sector de la educación superior combinando el DEA y el índice de Malmquist. Esta combinación de metodologías ha sido más utilizada para analizar el sector sanitario (Carretero et al., 1997; Solá, 1998; Navarro, 1999; Martín y López del Amo, 2007; Seijas e Iglesias, 2013). En el sector de la educación superior tan solo se han encontrado cuatro trabajos que hayan empleado esta combinación de metodologías. A continuación se exponen brevemente las conclusiones obtenidas en cada uno de ellos a fin de poder compararlas posteriormente con los resultados de esta investigación. García Aracil et al. (2010) emplean el índice de Malmquist para analizar el cambio productivo de 42 universidades españolas en el período 1995-2006. Para ello especifican cuatro modelos: a) Modelo general, b) Modelo de docencia, c) Modelo de investigación y d) Transferencia de conocimiento. Todos ellos consideran los mismos inputs (gasto total, personal académico y personal no académico) y varían el output que se incluye en cada modelo. Así, el modelo general considera los outputs graduados, monto de investigación aplicada y publicaciones; el modelo de docencia considera únicamente el output graduados; el de investigación, publicaciones y el de transferencia de conocimiento, el monto en investigación aplicada.

Las conclusiones a las que llegan estos autores es que las universidades muestran un cambio promedio anual de productividad en el modelo general que

puede deberse a cambios positivos en la eficiencia técnica más que a cambios tecnológicos. Explican que la mejora de la productividad se debe a movimientos de las universidades hacia la frontera eficiente en mayor medida que a expansiones de la propia frontera.

El modelo de docencia muestra una disminución de la productividad (-1,5%) derivada de un cambio positivo de la eficiencia técnica y una caída del cambio tecnológico. En el caso del modelo de investigación observan un incremento de la productividad (5,4%) con un aumento en ambos componentes, tanto en el de eficiencia técnica como en el progreso tecnológico. De forma similar el modelo de transferencia del conocimiento presenta un aumento de la productividad (12,4%) marcada por un incremento tanto en la eficiencia técnica como el cambio tecnológico, siendo éste el modelo que mayor evolución positiva presenta en términos de productividad. Concluyen el trabajo con la observación de que en todos los casos el incremento de productividad ha estado marcado por el aumento de la eficiencia técnica y por cambios relativos a la tecnología.

Por otra parte, Agasisti y Pérez (2010) emplean el índice de Malmquist para evaluar el cambio en la productividad de 57 universidades italianas y 46 españolas en el período 2000-2001 y 2004-2005. Centrando los resultados en el caso español, los autores observan un incremento en la productividad de las universidades explicada fundamentalmente por una mejora en la eficiencia técnica. Sugieren que estos resultados podrían venir explicados por las diferencias en la transferencia de competencias en materia educativa a las comunidades autónomas por la vía rápida y lenta.

Vázquez (2011) analiza en su tesis el cambio de productividad de 47 universidades españolas en el período 2002-2008 a través del índice de Malmquist. Para ello, en línea con García Aracil et al. (2010) especifica tres modelos: a) Modelo general, b) Modelo de docencia y c) Modelo de Investigación, la diferencia entre los tres modelos radica en las diferentes combinaciones de inputs y outputs. Los inputs considerados son PDI a tiempo completo, gastos corrientes en bienes y servicios y monto en I+D (investigación básica y aplicada) con retardo de 4 años (excluido en el modelo docente). Como outputs se considera el número de graduados (único output en el modelo docente) y el

número de artículos publicados en revistas indexadas en el *Journal Citation Reports* (único output en el modelo de investigación).

La autora observa en el modelo general un descenso en la productividad debido a un desplazamiento de ciertas universidades hacia posiciones ineficientes así como a una contracción de la frontera. No obstante, remarca que dicho descenso se produce al inicio y que a lo largo del período 2002-2008 la tendencia de la productividad total de factores es positiva. En este sentido, observa un cambio positivo en la productividad (3,5%) en el curso 2008-2009 indicando que es debido a una expansión de la frontera. La principal conclusión sobre el modelo general es que los cambios positivos en la productividad de las universidades españolas se deben en mayor proporción al efecto *frontier shift* (cambio tecnológico).

En el modelo de docencia, observa una evolución positiva de la productividad aunque no lo suficiente como para que el índice de Malmquist sea positivo. La autora relaciona esta evolución con la falta de mejora tecnológica. En el modelo de investigación, los resultados reflejan un cambio positivo en la productividad atribuido principalmente a las mejoras tecnológicas. En términos globales, Vázquez (2011) concluye que la mayoría de las universidades públicas españolas están frenando la mejora de su eficiencia técnica y el aprovechamiento de las mejoras tecnológicas. En su opinión, los fuertes efectos de cambios en la frontera sugieren que el papel positivo de una eficiencia técnica mejorada debe ser sostenido por desarrollos en las técnicas de producción.

Por último, Rodríguez (2013) evalúa la eficiencia de los departamentos de la Universidad de Cádiz tras la implantación de los Contratos Programa como fórmula de financiación de las universidades. Para ello hace uso de la metodología DEA y del índice de Malmquist. Este último revela que tanto para las actividades de docencia como para las de investigación, el incremento de eficiencia se ha producido por un cambio en la frontera de producción, lo que indica que los departamentos que ya eran eficientes incrementan sus niveles de eficiencia. En relación a las actividades de investigación, observa un incremento tanto del número de departamentos eficientes como de la eficiencia.

SELECCIÓN DE VARIABLES
INPUT Y OUTPUT

2. SELECCIÓN DE VARIABLES INPUT Y OUTPUT

2.1. INTRODUCCIÓN

Un aspecto fundamental en la evaluación de las universidades a través de la metodología DEA es la selección de variables, pues no existe un método estadístico que permita seleccionar las variables input y output más adecuadas para el caso de estudio. Es el propio investigador el que determina las variables a utilizar en el modelo. Por lo tanto, el error puede producirse tanto incluyendo una variable que no sea relevante como omitiendo variables significativas.

En este sentido, Sexton et al. (1986) y Smith (1997) demuestran que una especificación incorrecta del modelo tiene un impacto significativo en los índices de eficiencia estimados. Sexton et al. (1986) concluyen que la inclusión o no de una variable puede cambiar la forma y posición de la frontera, lo que implica la alteración de las puntuaciones de eficiencia obtenidas. Smith (1997) considera tres escenarios diferentes para estimar el impacto que supone la omisión de una variable significativa, la inclusión de una variable irrelevante y asumir rendimientos de escala incorrectos respecto a la especificación correcta del modelo. Su estudio concluye que los errores de una especificación equivocada del modelo son mayores cuando se utilizan modelos simples y muestras de menor tamaño. Según este autor es preferible errar incluyendo variables que no sean relevantes antes que excluir variables potencialmente importantes para el modelo.

Dada la importancia que tiene este paso previo a la estimación de la eficiencia, este capítulo tratará de determinar las variables input y output que definen el proceso de producción de la educación superior seleccionando aquellas variables que, estando disponibles, mejor permitan concretar el modelo a aplicar a la muestra de universidades públicas.

En este contexto es necesario explicar la función de producción de las instituciones de educación superior. Por ello, el primer apartado de este capítulo

trata de definir dicha función de producción. En el segundo apartado se describen las variables que actúan como inputs y outputs en el proceso productivo de las universidades a través de una revisión de literatura. En el tercer apartado, se proponen diferentes variables input y output que definen el proceso de producción para posteriormente, en el apartado cuarto, someterlas a un análisis estadístico y econométrico que permita seleccionar las variables más apropiadas para el estudio.

2.2. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Para evaluar la eficiencia de una organización es necesario describir previamente el proceso de producción educativo, identificando para ello los inputs y outputs que intervienen en el mismo. Posteriormente, se trata de determinar la relación técnica entre el conjunto de dichos factores productivos que se combinan para obtener ciertos outputs.

Los intentos por estimar la función de producción de las instituciones educativas se remontan a la década de los sesenta, en la que se publicó el informe Coleman. Una de las conclusiones más destacables de este informe es que la igualdad en el rendimiento educativo no se obtiene igualando las partidas presupuestarias destinadas a la educación. Según Coleman et al. (1966), el origen de las diferencias entre unas escuelas y otras sería el nivel educativo y el nivel de ingresos de los padres así como las condiciones económico-sociales de los compañeros de clase. Pese a las críticas metodológicas que posteriormente plantearon diversos autores, este informe ha generado una extensa literatura que trata de determinar el proceso productivo y sus resultados, siguiendo el esquema input-output.

Según Santín (2003) el debate sobre si el volumen de financiación recibido por las escuelas influye o no en la producción educativa, se ha dividido en dos líneas. Por un lado, el trabajo de Hanushek (1986 y 1997) defiende la teoría de que mayor financiación no implica por sí mismo mejores resultados, siendo necesario que ésta vaya acompañada de cambios institucionales. Según este autor los estudios sobre la función de producción educativa deberían analizar la relación coste-calidad de los servicios. Sin embargo reconoce que ni el investigador ni el

gestor de la institución disponen de suficiente información para determinar las causas que provocan una variación en la producción y, además, no se puede suponer que las variables quedan bajo el control del responsable del presupuesto asignado. Por otra parte, una segunda línea de debate apunta que sí existe una relación positiva entre los recursos que se dedican a la educación y los resultados de los estudiantes.

Volviendo a centrar la atención en la definición del proceso de producción educativo, es preciso exponer las funciones que contempla la legislación para las instituciones de educación superior en España¹:

1) Creación, desarrollo, transmisión y crítica de la ciencia, de la técnica y de la cultura (investigación).

2) Preparación para el ejercicio de actividades profesionales que exijan la aplicación de conocimientos y métodos científicos y para la creación artística (docencia).

3) Difusión de la ciencia y la cultura (extensión universitaria).

En resumen, las funciones de la universidad pueden concretarse en: docencia, investigación y extensión universitaria.

Respecto a la *función docente*, ésta puede llevarse a cabo en diferentes niveles: grados, máster y doctorado. A su vez, cada una de ellas se puede desarrollar en diferentes áreas de conocimiento. Sin embargo, el concepto de función docente no es tan simple, Weert (1990) la considera desde una triple dimensión: la social, en la que la enseñanza universitaria ha de aportar valor a la economía en términos de productividad y competitividad, así como establecer una relación entre la demanda y la oferta educativa; la dimensión institucional, en la que añade objetivos como la eficiencia interna, la responsabilidad de permitir a los estudiantes mejorar educacional y profesionalmente y mantener unos niveles de financiación, personal y material que permita desarrollar la función docente; y, en tercer lugar, la dimensión individual, que según este autor debe tratar de

¹ Ley Orgánica de Universidades 6/2001 de 21 de diciembre artículo 1.2.

establecer programas educativos que atiendan a las necesidades de formación de las empresas así como al desarrollo de habilidades extracurriculares como la capacidad de organización, comunicación, etc.

La *función de investigación* puede llevarse a cabo a través de la investigación básica y aplicada. Según el Robbins Committee Report (1963), la investigación permite incrementar el poder del hombre para comprender, evaluar y modificar su mundo y su experiencia.

Se ha de tener en cuenta que tanto la función docente como la investigadora son llevadas a cabo a partir de un conjunto común de inputs: profesores-investigadores, personal no académico, instalaciones, recursos financieros,... El hecho de que varias actividades se realicen a la par implica una reducción del coste de producción en comparación a su producción por separado. Esto es lo que se denomina economías de alcance. Por todo ello, se considera que la docencia y la investigación son actividades interrelacionadas y que por tanto deben ser analizadas en conjunto.

La *función de extensión universitaria* o tercera misión, recoge las actividades que no son claramente docencia reglada o investigación (Trillo, 2002). Esta tercera misión se basa en dos grandes objetivos: por un lado, la responsabilidad social institucional de la universidad; y en segundo lugar, el compromiso de transformar el conocimiento en valor económico, incidiendo en la competitividad y facilitando la innovación, la creatividad y el desarrollo cultural, científico y tecnológico (Vilalta, 2014). Según Bueno y Casani (2007), se trata de una nueva forma de llevar a cabo el proceso de I+D de forma cooperativa o en colaboración con otros agentes del sistema. Sin embargo, medir los resultados sobre la actividad económica y social obtenidos por las actividades de transferencia del conocimiento propios de la tercera misión es tarea compleja y difícil debido a que sus efectos pueden ser indirectos y difíciles de cuantificar.

No obstante es preciso mencionar que la Ley 13/1986, de 14 de abril para el fomento y coordinación general de la investigación, supuso un punto de inflexión para las universidades españolas en lo referente a producción científica. Hoy en día, entre las principales modalidades de transferencia de conocimiento están la

creación de empresas de base tecnológica *spin-off*, la licencia de patentes y las investigaciones por contrato.

La selección de un modelo de función de producción, debe llevarse a cabo tratando de elegir aquél que mejor refleje las relaciones entre los recursos productivos empleados y los resultados obtenidos.

No obstante, en línea con las conclusiones del informe Coleman, hay que tener en cuenta que existen diversos factores que hacen más difícil la identificación y medición de las variables que intervienen en el proceso de producción.

Por una parte, se encuentran elementos externos, como son los factores no controlables y las variables ambientales, que afectan de manera directa al output producido. Según Muñiz (2000), uno de los sectores donde estos inputs no controlables tienen más importancia es precisamente el educativo, en el que las condiciones socioeconómicas y familiares que rodean al alumno intervienen de forma significativa en el proceso productivo aunque éstas no estén bajo el control de la entidad.

Por otro lado, existen factores internos en el propio centro educativo, tales como el clima de trabajo, la carga docente, la tareas de gestión para los profesores, la estabilidad laboral, la presencia de grupos consolidados de investigación o el interés que muestran los alumnos en las materias cursadas que afectan significativamente a la calidad de los outputs producidos (Martín, 2005).

Una vez que se han determinado los objetivos de las universidades y teniendo en cuenta los factores externos e internos que afectan a la función de producción educativa así como la existencia de sinergias, es preciso encontrar medidas adecuadas que permitan incorporar dichas variables e indicadores al análisis de la función de producción.

2.3. LOS INDICADORES DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN UNIVERSITARIA

El programa Institutional Management of Higher Education, perteneciente a la OCDE, define como indicador “aquel valor numérico que se utiliza para

medir todo aquello que es difícilmente cuantificable". Esta definición remarca la idea de ausencia de beneficio económico en las instituciones universitarias, ya que la función de éstas es la consecución de objetivos sin ánimo de lucro. Enfocado más específicamente a las universidades, Ball y Halwachi (1977) definen indicador como "aquella medida objetiva, usualmente cuantitativa, de los logros de una institución, o de todo un sistema de educación superior".

Existe una extensa literatura sobre los indicadores o variables que deben utilizarse para especificar la función de producción de la educación superior, sin embargo, no existe consenso al respecto. La identificación y cuantificación de todas las variables resulta complicada porque poseen en muchas ocasiones características intangibles (aspecto cualitativo de los alumnos, profesorado, calidad de la investigación...).

Por otra parte, el insuficiente conocimiento que se tiene de las tecnologías de producción subyacentes en cada una de las actividades desarrolladas por las instituciones de educación superior, unido al hecho de que la producción sea conjunta, dificulta la descripción en términos matemáticos de la relación entre variables input y output, es decir, la definición de una función de producción para la educación superior (Gómez et al., 2005).

Resulta pertinente exponer una revisión de trabajos empíricos previos sobre la evaluación de la eficiencia de las universidades que permita identificar aquellos indicadores o variables que predominan en la literatura.

2.3.1. Los inputs del proceso de producción de las instituciones universitarias

En este apartado se detallan las variables más utilizadas como inputs representativos de la función docente e investigadora de la universidad. Los inputs se clasifican con frecuencia en dos bloques: recursos humanos y recursos materiales o financieros. En lo que se refiere al primer bloque, (tabla 2.1) tanto en España como en otros países, destaca la utilización de la variable profesores equivalentes a tiempo completo. Esta variable fue propuesta por la OCDE (2002)

como la mejor forma de aproximarse a la dedicación del profesorado, aunque en algunos casos la información pueda ser limitada.

Otros autores, utilizan variables más detalladas respecto al profesorado. Así, algunos trabajos diferencian entre profesores numerarios y no numerarios (Martínez Cabrera, 2000), mientras que otros autores distinguen entre profesores doctores y no doctores (García Valderrama, 1999; Martín Vallespín, 2003) o profesores funcionarios, becarios y ayudantes (Sellers, 2010). Poco numerosos son los autores que emplean como variable input la totalidad de profesores doctores e investigadores (Vázquez-Cueto, 2007).

Por otra parte, hay trabajos que miden la dedicación del Personal Docente e Investigador (PDI) en función del gasto en salarios (Ahn et al., 1989; Ahn y Seiford, 1993), sin realizar distinción entre los diferentes tipos de PDI.

Otro de los inputs dentro del bloque de recursos humanos es el de número de estudiantes matriculados (Athanasopoulos y Shale, 1997; Agasisti y Pérez, 2010; Gómez et al., 2012). Esta variable tiene el inconveniente de no reflejar la calidad de la función docente, ya que el hecho de que un mayor número de estudiantes se matriculen en determinadas universidades no implica que destaquen en calidad.

La variable número de personal administrativo ha sido utilizada como input por numerosos autores (Avkiran, 2001; Abott y Doucouliagos, 2003; Parellada y Duch, 2006; Agasisti y Jhones, 2008; Palomares, 2010; Vázquez, 2011; Berbegal, 2013).

Menos frecuente ha sido el uso de indicadores como la ratio personal docente por estudiante (Cunha y Rocha, 2012) y el número de puestos de biblioteca (Vázquez-Cueto, 2007).

Tabla 2.1: Inputs relacionados con los recursos humanos

INDICADOR	AUTORES
Nº de Profesores a tiempo completo	Athanassopoulos y Shale (1997) Avkiran (2001) Abott y Doucouliagos (2003) Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2005) Parellada y Duch (2006) Agasisti y Johnes (2009) Palomares-Montero (2010) Vázquez Rojas (2011) Berbegal y Mirabent (2013) Larrán y García (2014)
Nº de Personal Administrativo	Avkiran (2001) Abott y Doucouliagos (2003) Parellada y Duch (2006) Agasisti y Johnes (2009) Palomares Montero (2010) Vázquez Rojas (2011) Berbegal Mirabent (2013)
Nº de Estudiantes	Athanassopoulos y Shale (1997) Vázquez-Cueto (2007) Agasisti y Pérez Esparrells (2010) Gómez, Gómez y Pérez (2012)
Nº de doctorandos	Agasisti y Johnes (2009) Agasisti y Pérez Esparrells (2010)
Salarios PDI	Ahn, Charnes y Cooper (1989) Ahn y Seiford (1993)
Personal académico por estudiante	Cunha y Rocha (2012)
Número de puestos de biblioteca	Vázquez-Cueto (2007)
Número de profesores doctores e investigadores	Vázquez-Cueto (2007)

En cuanto al bloque de los indicadores de recursos financieros y materiales (tabla 2.2), destaca el uso de la variable gastos corrientes en bienes y servicios que engloba, entre otros, los gastos de personal y funcionamiento (Beasley, 1990; Ahn y Seiford, 1993; Gómez y Mancebón, 2005; Vázquez, 2011). Otros autores emplean la variable gastos totales (Palomares-Montero, 2010; Cunha y Rocha, 2012; Agasisti y Haelmans, 2013).

Las variables recursos financieros recibidos (Agasisti y Jhones, 2009; Agasisti y Pérez, 2010), gastos en servicios de biblioteca e informática (Athanasopoulos, 1997) y recursos no financieros (Parellada y Duch, 2006) aparecen con poca frecuencia en los estudios de eficiencia técnica de las instituciones universitarias.

Tabla 2.2: Inputs relacionados con recursos financieros y materiales

INDICADOR	AUTORES
Gastos corrientes en bienes y servicios	Beasley (1990) Ahn y Seiford (1993) Gómez Sancho y Mancebón Torrubia (2005) Vázquez Rojas (2011)
Gastos Totales	Palomares-Montero (2010) Cunha y Rocha (2012)* Agasisti y Haelermans (2013)
Recursos no financieros propios y ajenos	Parellada y Duch (2006) Larrán y García (2014)
Recursos financieros recibidos	Agasisti y Jhones (2009) Agasisti y Pérez Esparrells (2010)
Financiación total por estudiante	Cunha y Rocha (2012)
Gastos en servicios de biblioteca e informática	Athanasopoulos (1997)

* Gastos totales por estudiante

2.3.2. Los outputs del proceso de producción de las instituciones universitarias

Las actividades básicas de la universidad se concretan en outputs de docencia e investigación. Ambas tareas se traducen, en la práctica, en la formación de alumnos y la publicación de las investigaciones llevadas a cabo.

Tal y como muestra la tabla 2.3 uno de los indicadores más empleados en el caso de las universidades españolas para la medición de la investigación, es el número de artículos publicados. Sin embargo, a pesar de que esta variable mide el nivel de productividad científica, no considera la calidad de la investigación. A fin de incluir este aspecto en los indicadores de investigación, algunos trabajos utilizan el número de publicaciones en las bases de datos *Science Citation Index* (SCI), o bien las publicaciones incluidas en revistas que cuentan con el índice de impacto JCR elaborado a partir de las citas recibidas y el número de trabajos publicados en las revistas incluidas en la base de datos anterior.

Este índice, tal y como señalan Gómez y Mancebón (2005), presenta una serie de inconvenientes que pueden distorsionar la evaluación de la producción científica. En primer lugar, al tratarse de un índice elaborado a partir de las citas recibidas, queda expuesto a la subjetividad de quienes valoran la publicación. En segundo lugar, la muestra de revistas seleccionadas puede dificultar la comparabilidad entre áreas, dado que algunas áreas no tienen ninguna representación en la base de datos, es el caso de humanidades y algunas ciencias sociales. Puesto que este indicador es de carácter multidisciplinar, las áreas con una mayor presencia en la base de datos obtendrán una valoración mayor que aquellas cuya representación sea baja. Otro de los inconvenientes que presenta es el lapso de tiempo que tarda en materializarse el impacto ya que únicamente tiene en cuenta los datos relativos a los últimos dos años, penalizando las investigaciones que necesitan un periodo de investigación más largo. Así como la dificultad que nuevos autores encuentran a la hora de superar las revisiones por parte de los comités responsables de la selección de los trabajos que finalmente se publican en revistas de reconocido prestigio, pudiendo dejar la calidad de la investigación en un segundo plano (Martín Rivero, 2006).

En lo referente a estudios a nivel internacional, son muy numerosos los autores que consideran la calidad de las investigaciones como un output. Entre los más destacados se encuentran Avkiran (2001) y Abott y Doucouliagos (2003), que emplean el *Research Quantum Allocation*² y la valoración ponderada que proponen Athanassopulos y Shale (1997).

Otro tipo de outputs que aproximan la función investigadora son el número de tesis leídas (Parellada y Duch, 2006; Vázquez-Cueto, 2007; Cunha y Rocha, 2012; Larrán y García, 2014), el número de proyectos aprobados por el Ministerio (Larrán y García, 2014) y los sexenios por profesor (Parellada y Duch, 2006; Larrán y García, 2014).

Tabla 2.3: Outputs relativos a investigación

INDICADOR	AUTORES
Nº de publicaciones ponderadas por el factor de impacto de la investigación en revistas ISI	García Valderrama (1999) Gómez y Mancebón (2005) Vázquez Rojas (2011)
Nº de publicaciones	González et al. (1998) Sellers (2010) Bebegal y Mirabent (2013)
Publicaciones JCR	Palomares-Montero (2010) Gómez et al. (2012) Larrán y García (2014)
Valoración ponderada de la investigación	Athanassopulos y Shale (1997) Avkiran (2001) Abott y Doucouliagos (2003)
Publicaciones incluidas en el SCI	Parellada y Duch (2006)
Sexenios por profesor	Parellada y Duch (2006) Larrán y García (2014)

² Se trata de un índice basado en otro índice de investigación compuesto fundamentado en la investigación y producción académica de la universidad, el número y tipo de investigación y el número de fondos públicos y privados recibidos. Financiación que el gobierno está dispuesto a pagar a las universidades por la investigación que producen. En definitiva, el *Research Quantum Allocation* es la cantidad que el Gobierno está dispuesto a pagar a las universidades para la investigación que producen.

Número de tesis leídas	Parellada y Duch (2006) Vázquez-Cueto (2007) Cunha y Rocha (2012) Larrán y García (2014)
Número de proyectos aprobados por el Ministerio	Larrán y García (2014)

Un segundo grupo de outputs relativos a la investigación (tabla 2.4) es el de ingresos por actividades de I+D. El output más frecuente es el de ingresos recibidos por actividades de investigación (Ahn et al., 1989; Abott y Doucouliagos, 2003; Agasisti y Johnes, 2009; Agasisti y Pérez, 2010; Vázquez, 2011; Agasisti y Haelermans, 2013), que proporciona información sobre la repercusión externa de la investigación. La obtención de proyectos y su continuidad en el tiempo puede interpretarse como un signo de su calidad porque han superado procesos de evaluación por parte de la institución que concede la financiación del proyecto (Trillo, 2002). No obstante, presenta el inconveniente de que no todas las ramas de enseñanza presentan las mismas necesidades de financiación para sus proyectos; las ramas experimentales tienen una mayor necesidad de instrumental, que a menudo financian con los ingresos procedentes de proyectos. Por tanto, cabría esperar que las universidades más experimentales obtengan una mayor cantidad de ingresos por proyectos que las universidades dedicadas a estudios no experimentales. Este indicador genera debate en el sentido en que existen autores que consideran los ingresos procedentes de la investigación como un input (Johnes y Taylor, 1990; Johnes y Johnes, 1993) argumentando que este tipo de ingresos son utilizados para más fines que la investigación.

En cuanto al output ingresos procedentes de contratos que recoge los contratos de investigación y consultoría que se realizan al amparo del artículo 83 de la LOU, se puede encontrar en el trabajo de Palomares (2010) como un indicador de la función investigadora y como un output de la tercera misión en otros trabajos como el de Larrán y García (2014).

Tabla 2.4: Output relativos a ingresos recibidos por actividades de investigación y desarrollo

INDICADOR	AUTORES
Ingresos por investigación (Fondos públicos y privados)	Ahn et al. (1989) Abott y Doucouliagos (2003) Agasisti y Johnes (2009) Agasisti y Pérez Esparrells (2010) Vázquez Rojas (2011) Agasisti y Haelermans (2013)
Ingresos procedentes de contratos (art. 83 LOU)	Palomares-Montero (2010)

En relación a los indicadores de la tercera misión o transferencia del conocimiento (tabla 2.5), son escasos los trabajos que la valoran en los análisis de eficiencia de las instituciones de educación superior. La mayor parte de estudios en este ámbito se centran en las actividades de investigación y docencia. No obstante, se pueden encontrar algunos trabajos en los que figuran que como outputs de la tercera misión los ingresos por prestación de servicios (Thanassoulis et al., 2009), el número de *spin-off* creadas por curso académico (Berbegal et al., 2013; Larrán y García, 2014), el número de patentes (Parellada y Duch, 2006; Larrán y García, 2014) y el número e importe de financiación recibida de proyectos de investigación aprobados por el Ministerio (Larrán y García, 2014).

Ciertos outputs, como los ingresos por prestación de servicios y la financiación recibida para proyectos de investigación, que figuran como indicadores de la función investigadora en la tabla 2.4, son considerados indicadores de la tercera misión por otros autores, lo que pone de manifiesto el bajo consenso acerca de la aproximación a través de indicadores a esta función de la universidad.

Tabla 2.5: Outputs relativos a la transferencia del conocimiento

INDICADOR	AUTORES
Ingresos por prestación de servicios	Thanassoulis (2009)
Nº spin-off	Berbegal et al. (2013)
Nº patentes	Parellada y Duch (2006) Larrán y García (2014)
Nº proyectos y financiación recibida por investigación aprobados por el Ministerio	Larrán y García (2014)

Entre los outputs docentes (tabla 2.6), el más utilizado es el de egresados. Debe tenerse en cuenta que este indicador penaliza a aquellas universidades cuyo número de egresados resulta inferior porque la tasa de suspensos es mayor que en otras universidades. Se estaría obviando la calidad de la docencia y la consecución del aprobado o suspenso que de ello se derivaría.

En cuanto al número de estudiantes, el principal inconveniente es que no refleja la calidad ni la carga docente, es decir, no evidencia el número de créditos por profesor. En España la carga docente varía enormemente de una universidad a otra en la medida en que en muchos casos el profesorado no asume la carga de créditos máxima. Este indicador es útil para describir la demanda de estudios o bien para identificar la capacidad de la universidad para acoger alumnos. Sin embargo, el número de alumnos matriculados (a tiempo completo) puede ser de interés para estudios de eficiencia en costes en tanto que son determinantes del volumen general de recursos necesarios para asegurar una mínima prestación de servicios (Trillo, 2002).

Tabla 2.6: Outputs relativos a la docencia

INDICADOR	AUTORES
Egresados	Ahn y Seiford (1993) Athanasopoulos y Shale (1997) Gómez y Mancebón (2005) Vázquez-Cueto (2007) Agasisti y Johnes (2009) Agasisti y Pérez Esparrells (2010) Cunha y Rocha (2012)* Agasisti y Haelermans (2013) Larrán y García (2014)
Número de estudiantes	Agasisti y Haelermans (2013) Larrán y García (2014)
Número de alumnos matriculados en centros propios 1º y 2º ciclo	Parellada y Duch (2006) Vázquez-Cueto (2007)
Número de cursos ofrecidos	Cunha y Rocha (2012)

*Número de graduados respecto al total de estudiantes

2.4. PRESELECCIÓN DE VARIABLES INPUT Y OUTPUT

2.4.1. Propuesta del input financiación. Justificación

En este trabajo se propone incluir una nueva variable input relativa a la financiación recibida por las universidades. Esta variable está compuesta por los capítulos de *transferencias corrientes* y de *tasas y precios públicos* procedentes de la liquidación del presupuesto de las universidades públicas. El objetivo de este apartado es justificar la importancia de tomar en consideración este nuevo input para el análisis de la eficiencia en la gestión de las universidades públicas españolas. Por ello, en primer lugar se explica la estructura financiera tradicional de las universidades públicas para, seguidamente, analizar la evolución que viene sufriendo dicha estructura en los últimos años.

En España, el modelo de financiación del sistema universitario está descentralizado por Comunidades Autónomas. Desde 1996, año en el que tuvo lugar la última fase de descentralización de las competencias en materia

universitaria, las 47 universidades públicas dependen financiera y administrativamente de las Comunidades Autónomas. Por tanto, al tener potestad para desarrollar las políticas universitarias, la evolución de la financiación de las universidades ha sido diferente de una Comunidad Autónoma a otra.

Concluido el proceso de transferencia de competencias el modelo de financiación que se adoptó por un tiempo fue de tipo incrementalista, es decir, la asignación de la subvención a cada universidad se obtenía a través de la actualización de las dotaciones históricas. Este sistema se caracterizaba además por una escasa transparencia y rendición de cuentas a la sociedad. Sin embargo, desde finales de los años 90, las Comunidades Autónomas comienzan a considerar variables de calidad, eficiencia, competencia y adecuación de la oferta universitaria a las necesidades del territorio en que se encuentran a la hora de fijar la subvención (Vázquez, 2010). De este modo, hasta el inicio de la crisis, el sistema de financiación de las universidades españolas se ha basado fundamentalmente en variables docentes (número de estudiantes, créditos matriculados), en valores estructurales de coste de personal (número de PDI y PAS³) y, en menor medida, en indicadores de calidad en docencia e investigación a través de la figura del contrato-programa (Pérez y Hernández, 2013).

El modelo de financiación actual, para prácticamente todas las universidades españolas, se basa en tres fuentes de financiación principales:

- a) Recaudación por precios públicos procedentes de las matrículas en enseñanzas oficiales. Éstas son pagadas por los estudiantes o bien por compensación de becas.
- b) La subvención nominativa fijada por cada Comunidad Autónoma.
- c) Los ingresos obtenidos a través de prestaciones de servicios tales como formación continuada, investigación, transferencia tecnológica, innovación,...

³ Personal de Administración y Servicios

En promedio, en 2009, la proporción de recursos de origen público obtenidos por las universidades públicas estaba en torno al 87%, mientras que los recursos de origen privado suponían alrededor del 13%.

La docencia, principalmente de grado, es una de las actividades más relevantes para la universidad. La mayor parte de los recursos que obtiene para ejecutar esta función docente son de origen público, ya que el importe de la matrícula que soportan las familias apenas cubre el 12-15% del coste total de los estudios. Este comportamiento es bastante frecuente en las universidades públicas españolas.

En cuanto a la investigación, una parte importante de los recursos procede de la Administración Pública y programas de la Unión Europea. En este caso suelen ser los grupos de investigación los que, en función de calidad del proyecto y su trayectoria, compiten por conseguir financiación para desarrollar sus proyectos.

En definitiva, lo que se pretende hacer constar es que la financiación de la universidad, tanto en su vertiente docente como de investigación, ha sido tradicionalmente pública.

Este modelo de financiación se veía reforzado desde las instituciones europeas en el sentido de que se animaba a los países miembros a incrementar el gasto en educación universitaria así como en la promoción de la investigación. Sin embargo, en los inicios de la crisis económica, la tendencia comienza a cambiar tanto a nivel nacional como europeo. Así, España comienza a tomar medidas de restricción y estabilidad presupuestarias mediante la reducción del gasto público y el incremento de financiación privada de la enseñanza superior. Esto supone un punto de inflexión en la tendencia creciente de asignación de recursos financieros a las universidades públicas. Para llevar a cabo estas medidas se aprueba el proyecto *Estrategia Universidad 2015* que, entre otros, propone el cambio en la estructura financiera de las universidades. La propuesta consiste en aumentar los precios públicos de los créditos matriculados en segundas y sucesivas matrículas, con el objetivo de incrementar las tasas porcentualmente en base al coste medio

de la educación universitaria a recibir por el alumno durante el curso académico, de modo que, las universidades alcancen un mayor grado de autosuficiencia.

En concreto se establece que “Los estudiantes que repitan matrícula en una enseñanza universitaria deberán pagar hasta el 50% y el 100% del coste medio de prestación del servicio universitario en segunda y tercera o sucesivas matrículas. Su aplicación se hará progresivamente, así durante los seis años (hasta el 2015-2016) de desarrollo del modelo se propone un aumento anual de entre el 10% y el 15% para la segunda matrícula y de entre 15 y 30% la tercera. Los aumentos no se producirán hasta el curso 2011-2012 y sólo serán de aplicación a los estudiantes que tienen como actividad exclusiva el desarrollo de su proceso formativo”. Por otra parte, se establece como objetivo el logro de financiación privada a través de los acuerdos con empresas.

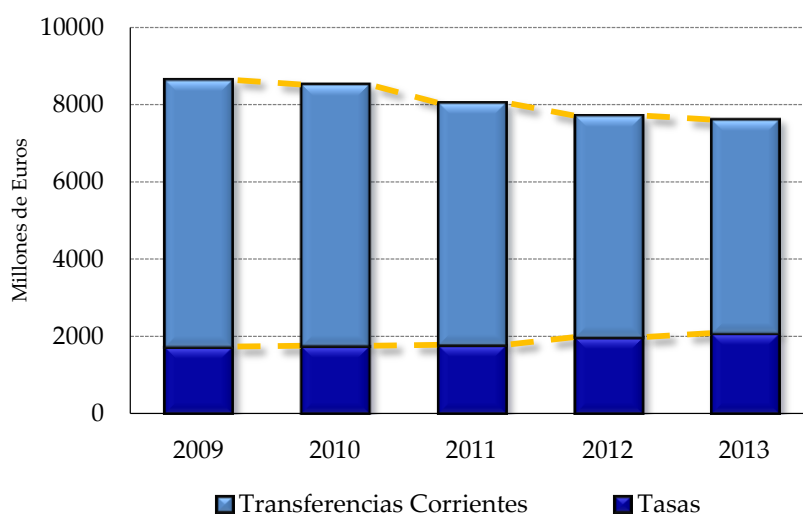
Estos cambios van dirigidos a reducir la dependencia de las universidades respecto a la financiación pública y dotarlas de mayor autosuficiencia financiera. Su efecto es fácilmente observable en las figuras que se presentan a continuación y que muestran la evolución del modelo de financiación de las universidades públicas españolas⁴. Para ello se hace uso de los derechos reconocidos netos de los capítulos I (Tasas y precios públicos) y IV (Transferencias corrientes) de la liquidación del presupuesto. Del capítulo I, que representa los fondos privados, se toman los ingresos que figuran en el artículo 31 *precios públicos* ya que éstos suponen un porcentaje muy elevado de los ingresos totales reconocidos en éste capítulo. Además, de este modo se eliminan los ingresos que puedan percibir las universidades por prestación de servicios ya que, además de ser poco relevantes, son muy dispares en función de las condiciones económicas de la Comunidad Autónoma, viveros de empresas próximos a las universidades,... En cuanto al capítulo IV, las transferencias corrientes representan los fondos públicos.

En el gráfico 2.1 se representa la evolución de los ingresos por tasas y por transferencias corrientes procedentes de las Administraciones Públicas. Como se puede observar se ha producido de forma simultánea una reducción de las

⁴ Dado que son las Comunidades Autónomas las que tienen capacidad de decisión sobre el modelo de financiación de las universidades, los datos se desagregan por Comunidades Autónomas.

transferencias corrientes y un aumento de los ingresos por tasas. La pérdida de financiación en términos globales es del 12%, lo que supone una merma para el sistema universitario de 1.027 millones de euros.

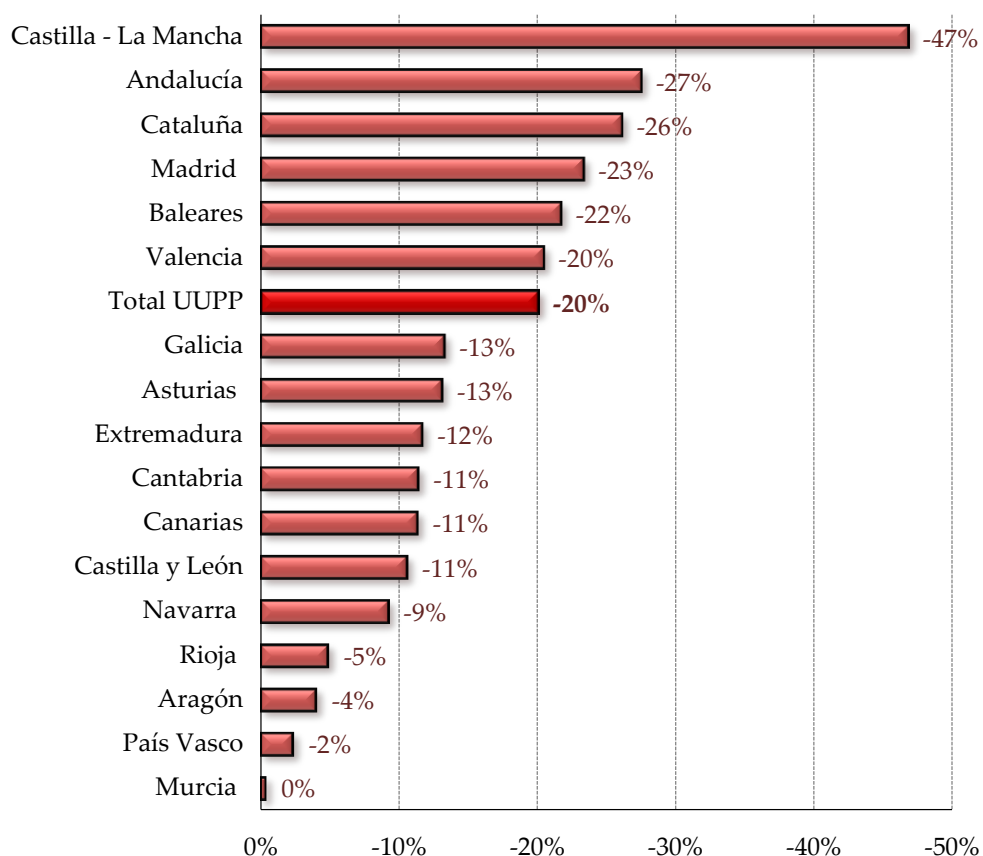
Gráfico 2.1: Evolución de la financiación de las universidades públicas españolas. Periodo 2009-2013.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MECD

La evolución de la financiación autonómica (transferencias corrientes) ha tenido un comportamiento muy distinto en las diferentes Comunidades Autónomas. La reducción promedio de esta partida ha sido del 20%, sin embargo comunidades como Castilla La Mancha, Andalucía y Cataluña presentan mermas del 47%, 27% y 26% respectivamente. Las comunidades que presentan una evolución más estable son Murcia, País Vasco, Aragón y La Rioja con disminuciones de 0,5%, 2%, 4% y 5% respectivamente. A continuación, en el gráfico 2.2 se muestra la evolución de la financiación pública por Comunidad Autónoma a fin de visualizar de forma gráfica las desigualdades que se comentan anteriormente.

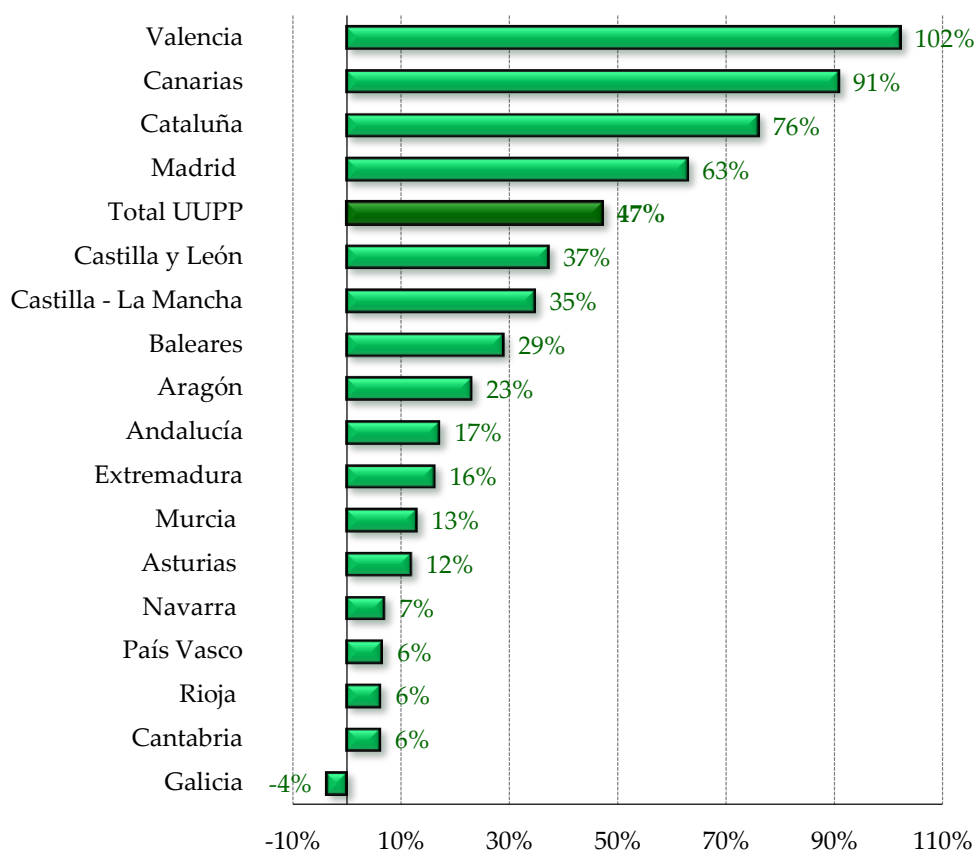
Gráfico 2.2: Evolución de las transferencias corrientes por Comunidad Autónoma. Tasa de Variación 2009-2013.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MECD

De igual modo, el capítulo de *Tasas y precios públicos* presenta evoluciones dispares en los distintos territorios autonómicos. Según datos del MEC la demanda de enseñanzas universitarias no ha sufrido una variación significativa en el período que se considera en este estudio, lo que conlleva a suponer que la recaudación de ingresos por tasas depende en gran medida de la política de precios públicos desarrollada por cada Comunidad Autónoma. A continuación, en el gráfico 2.3 se muestran las tasas de variación de la recaudación por precios públicos desagregadas por comunidad.

Gráfico 2.3: Evolución de la recaudación por precios públicos por Comunidad Autónoma. Tasa de variación 2009-2013.



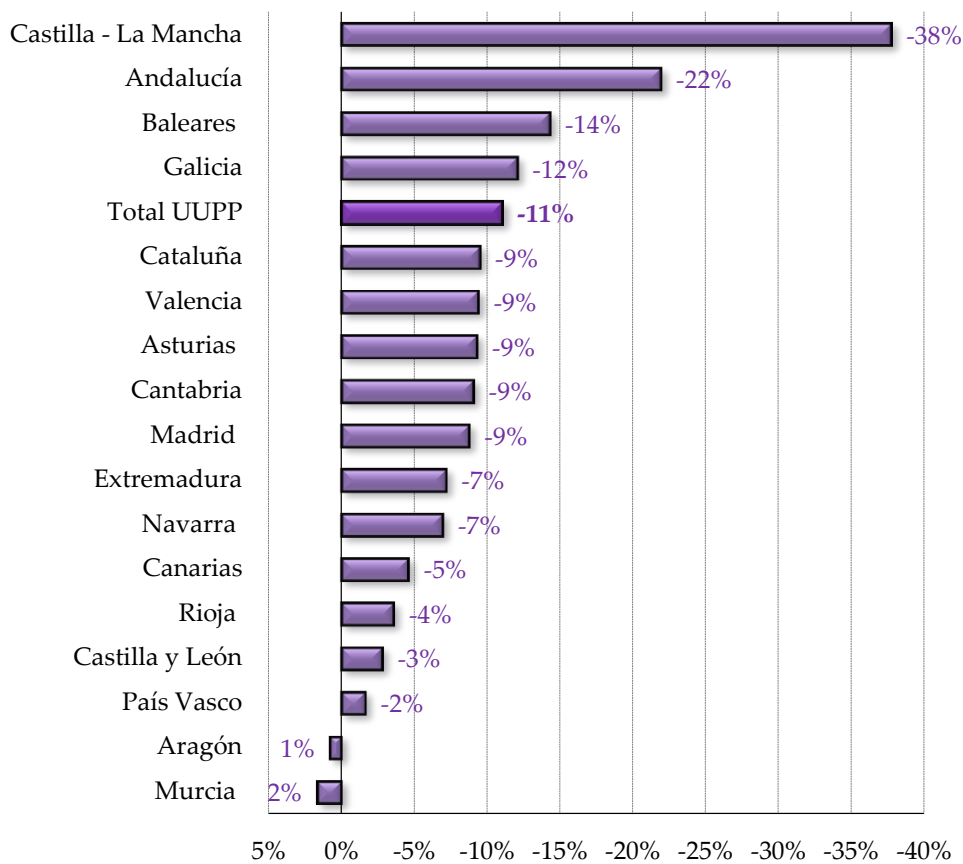
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MECD

Las comunidades que mayores incrementos han experimentado en ingresos por precios públicos han sido Valencia, Canarias, Cataluña y Madrid con un crecimiento del 102%, 91%, 76% y 63%, respectivamente. En el extremo contrario se encuentra Galicia con una tasa de variación del - 4%.

Una vez presentada la evolución de las variables *Tasas y Precios Públicos* y *Transferencias Corrientes* de forma independiente, es interesante observar el efecto de la combinación de ambas políticas de los gobiernos autonómicos. En el gráfico

2.4 se observa la variación de la financiación estructural⁵ de las universidades públicas.

Gráfico 2.4: Tasa de variación de la financiación estructural de las universidades públicas españolas. Periodo 2009-2013.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MECD.

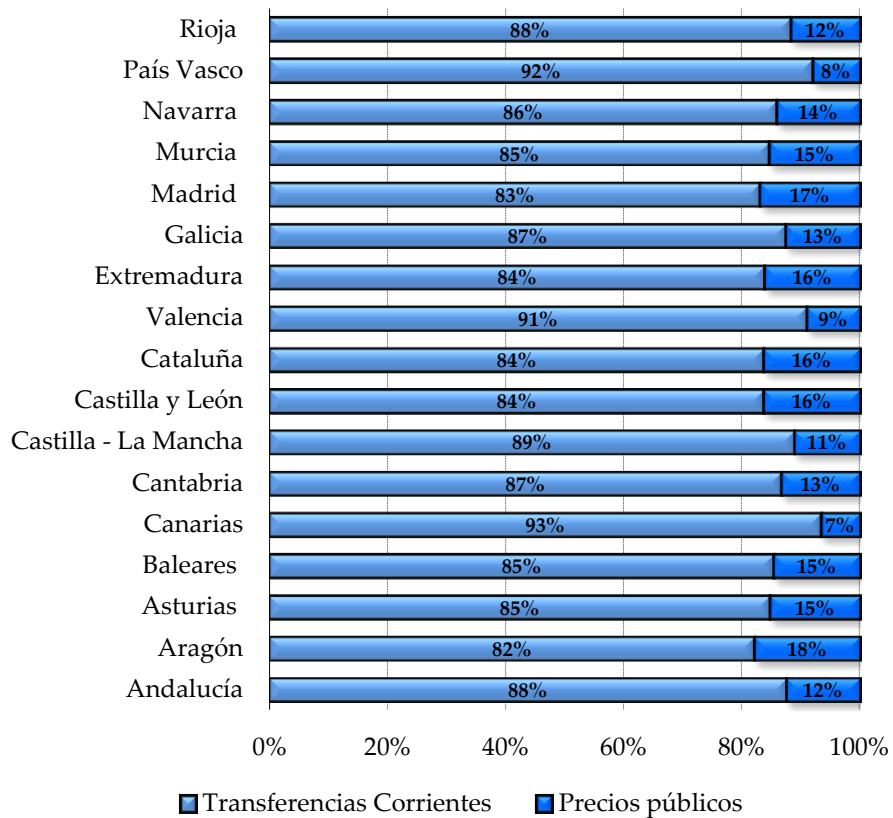
Las Comunidades Autónomas presentan variaciones muy heterogéneas, entre ellas la pequeña mejora en la financiación estructural recibida en Aragón y

⁵ Financiación Estructural = Financiación recibida de la Comunidad Autónoma por Transferencias Corrientes + recursos obtenidos a través de precios públicos.

Murcia y, en el extremo contrario, Castilla La Mancha con una merma en los recursos recibidos del 38%, y Andalucía con una reducción del 22%.

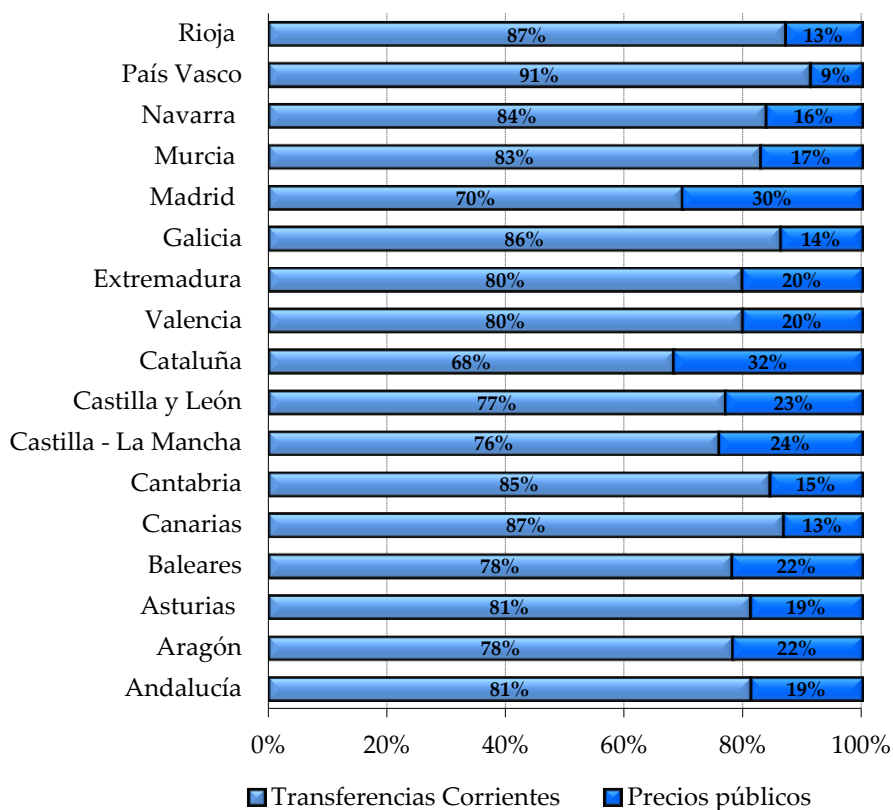
Dentro de la norma de que cualquier esquema de financiación ha de cumplir el principio de garantía de suficiencia de ingresos, garantía de estabilidad y flexibilidad del modelo de financiación y consecución de la eficacia y la eficiencia, las decisiones de los gobiernos regionales han seguido políticas muy distintas. Algunos han optado por incrementar los precios públicos drásticamente de modo que el peso de los ingresos privados aumente de forma significativa, mientras que otras comunidades han optado por seguir manteniendo bajo el precio por crédito. En los siguientes gráficos se muestra la evolución de las contribuciones de los fondos privados y públicos considerados hasta ahora, a la financiación de las universidades.

Gráfico 2.5: Contribución de precios públicos y transferencias corrientes a la financiación de las universidades públicas por Comunidad Autónoma. Año 2009



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MECD

Gráfico 2.6: Contribución de precios públicos y transferencias corrientes a la financiación de las universidades públicas por Comunidad Autónoma. Año 2013



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del MECD

En 2009 las políticas autonómicas estaban más homogeneizadas que en 2013. Así, en 2009 la contribución de las transferencias corrientes oscilaba entre el 82% y el 93% y la contribución de los precios públicos entre el 7% y el 18%. Sin embargo en 2013 la diferencia entre el valor máximo y mínimo para ambas partidas se duplica. La contribución de las transferencias varía entre el 68% y el 91% y la de los precios entre el 9% y el 32%. Como se puede apreciar hay una clara tendencia a incrementar la recaudación procedente de fondos privados, principalmente a través del incremento de los precios públicos. Las Comunidades más influidas por esta tendencia son Cataluña (15%), Madrid (13%), Castilla La

Mancha (13%) y Valencia (13%). De hecho, las dos primeras llegan a obtener más de un 30% de su financiación estructural a través de esta vía. En el caso contrario se encuentran La Rioja y País Vasco, que apenas han variado el nivel de contribución de los ingresos por precios públicos, dependiendo en gran medida de las subvenciones transferidas desde la Administración Pública.

La conclusión de este análisis podría resumirse en que la financiación en términos globales está en progresiva disminución a la vez que las políticas regionales van encaminadas a un incremento de los ingresos por la prestación del servicio docente.

El interrogante que se plantea ahora es si los cambios en la estructura financiera están afectando a la eficiencia con la que las universidades gestionan sus recursos. En una primera hipótesis cabría esperar que, al disponer de una cantidad inferior de recursos y ser necesario mantener las funciones docente e investigadora, la eficiencia debería aumentar.

2.4.2. Propuesta de variables Input y Output

Una vez justificada la relevancia de considerar la variable financiación como input y habiendo revisado los indicadores más utilizados en la literatura, se proponen una serie de inputs para analizar la pertinencia de incluirlos en el modelo:

Tabla 2.7: Propuesta de variables input

VARIABLES INPUT	DESCRIPCIÓN
Financiación (FINANC)	Suma de los capítulos Tasas y Precios Públicos y Transferencias Corrientes de la liquidación del presupuesto.
Personal Docente e Investigador (PDI)	Personal funcionario, emérito y contratado.
Personal de Administración y Servicios (PAS)	Personal funcionario y laboral contratado por las propias universidades.
Gastos corrientes en bienes y servicios (GBBSS)	Obligaciones reconocidas netas de la liquidación del presupuesto referentes al capítulo de Gastos Corrientes en bienes y servicios.

A continuación, y en base a la revisión de la literatura expuesta en apartados anteriores, se proponen outputs que permitan representar las tres funciones de la universidad: docencia, investigación y transferencia del conocimiento.

Tabla 2.8: Propuesta de variables output

VARIABLES OUTPUT	DESCRIPCIÓN
Publicaciones (PUBLIC)	Número de documentos publicados al año por las universidades españolas recogidos en las bases de datos multidisciplinares de la WoS.
Citas (CIT)	Promedio de citas recibidas por las publicaciones anuales de cada universidad.
Publicaciones primer cuartil (PUBLIC_1)	Documentos de cada universidad que han sido publicados en revistas del primer cuartil de la categoría temática del Journal Citation Reports (JCR) a la que estén adscritos, ordenando dicha categoría por el Factor de Impacto de las revistas. Cada título es considerado una única vez en el cuartil que más le favorece.
Patentes (PAT)	Número de patentes concedidas a cada universidad por la Oficina Española de Patentes y Marcas.
I+D y consultoría (CONS)	Importe obtenido por actividades de investigación, desarrollo y apoyo técnico regulado mediante contrato.
Licencias (LIC)	Importe generado por el uso, explotación, modificación,... de una determinada tecnología o conocimiento de la universidad.
Spin off (SPO)	Número de nuevas empresas basadas en el conocimiento generado por la universidad.
Tesis (TES)	Número de tesis defendidas en cada universidad.
Egresados (EGR)	Estudiantes que han completado con éxito todos los créditos del plan de estudios en que estén matriculados.
Estudiantes (EST)	Personas matriculadas en alguna universidad española en titulaciones de grado y primer y segundo ciclo.

Fuente: Observatorio IUNE y MECD

Una vez determinadas las variables que se considera que definen adecuadamente la función de producción de las universidades, es necesario llevar a cabo un análisis que permita determinar aquellas que resultan más apropiadas. Para ello, en el siguiente epígrafe se seleccionan las variables input y output describiendo, en primer lugar, los métodos de selección propuestos en la literatura para, posteriormente, aplicar aquellos que mejor se adaptan a las características de la muestra.

2.5. SELECCIÓN DE VARIABLES INPUT Y OUTPUT

La técnica DEA en sí misma no ofrece una guía para determinar la función de producción y las variables input y output que la definen, más bien es el propio investigador el que en base a su juicio y experiencia determina las variables a considerar en el estudio. Sin embargo, una selección errónea de las variables tendría un impacto significativo en los índices de eficiencia estimados (Sexton et al., 1986) ya que, por ejemplo, un número elevado de variables conllevaría a la pérdida de poder discriminatorio del DEA debido a que el número de unidades evaluadas como eficientes sería mucho mayor (Fried et al., 2008; Jenkins y Anderson, 2003). A este respecto, una regla comúnmente aceptada es la propuesta por Friedman y Sinuany-Stern (1998), que establece que el total de variables input y output a utilizar en el análisis sea inferior a un tercio del total de DMUs. Además, es preciso evitar incluir variables que puedan aportar información redundante al modelo que se pretende evaluar, para lo cual es necesario omitir variables input o output que estén altamente correlacionadas con la menor pérdida de información posible (Jenkins y Anderson, 2003).

Siguiendo a Nataraja y Johnson (2011), el proceso de selección de variables se puede abordar empleando diversos métodos. En su revisión, identifican ocho métodos que permiten seleccionar las variables de forma estadística, contrastan la robustez de cuatro de ellos y describen las características deseables de las muestras en cada caso. El primer método se refiere a la metodología ECM (Efficiency Contribution Measure) propuesta por Pastor et al. (2002). Ésta desarrolla un método para analizar la relevancia de una variable basándose en su contribución a la estimación de la eficiencia. Para ello toma en consideración dos

formulaciones DEA, una en la que incluye la variable a evaluar y otra en la que no, de modo que a través de los tests estadísticos pertinentes se determina la relevancia de la variable evaluada. La segunda metodología, es el PCA (Principal Components Analysis)-DEA que permite sintetizar la información y reducir la dimensión de las variables generando un conjunto de componentes principales que recogen la máxima varianza a la vez que permanecen incorreladas entre sí. Adler y Golany (2002) proponen una formulación matemática que permite obtener los índices de eficiencia reemplazando las variables originales por los componentes principales. En tercer lugar, el test de regresión propuesto por Ruggiero (2005), consiste en obtener una medida inicial de eficiencia para, posteriormente, regresar dicha eficiencia sobre un conjunto de variables candidatas. De este modo, si los coeficientes de la regresión son estadísticamente significativos y tienen el signo apropiado, se consideran relevantes para la función de producción. Por último, analizan el método estadístico Bootstrapping planteado por Simar y Wilson (2001), en el que se propone probar la relevancia de eliminar o agregar una variable input y/o output estimando seis tests estadísticos sobre la muestra. La técnica bootstrap se utiliza para hallar los valores críticos de dichos tests.

De los cuatro métodos restantes, el propuesto por Banker (1996), plantea tres tests estadísticos para analizar la significatividad de una variable input o output en la función de producción. Para ello establece como hipótesis nula que la variable evaluada no influye en el proceso productivo. Fanchon (2003) sugiere usar reiteradamente el DEA para analizar el incremento del número de observaciones eficientes. Para validar las variables incluidas, se realizan dos regresiones adicionales, una en la que solo se incluyen observaciones eficientes y otra con ambos tipos de observaciones, eficientes e ineficientes. La propuesta de Daraio y Simar (2007) consiste en agregar las variables input y output altamente correlacionadas para reducirlas a un único input y un único output. Por último, el método propuesto por Jenkins y Anderson (2003) consiste en reducir el número de variables omitiendo aquellas que proporcionan menor información basándose en la correlación parcial, en la que la varianza de un input o un output en torno a su valor medio indica la importancia de una determinada variable.

En base a los resultados de Nataraja y Johnson (2011), para obtener resultados robustos al aplicar los métodos anteriormente expuestos, es deseable tener en cuenta ciertos aspectos. En algunos casos es necesario disponer de una muestra superior a 100 observaciones y variables que no estén altamente correlacionadas y en otros, se requiere un esfuerzo computacional muy elevado, por ello quedan fuera del alcance de este trabajo todos los métodos expuestos a excepción del PCA-DEA y el análisis de correlaciones parciales de Jenkins y Anderson (2003).

Seleccionar la metodología PCA-DEA supondría incluir en el modelo variables que no corresponden a una única función de la universidad, ya que los componentes principales se obtienen a partir de una combinación lineal de las variables originales. Sin embargo, para este trabajo se considera pertinente que todas las funciones de la universidad queden representadas por una variable output, ya que si, por ejemplo, se estudia un modelo con mayor número de variables de investigación, el análisis DEA posterior podría favorecer a aquellas universidades más orientadas a la función investigadora. Finalmente, el método que mejor se ajusta a las características de la muestra es el planteado por Jenkins y Anderson (2003). Estos autores plantean un análisis estadístico que permite conocer la información retenida en las variables seleccionadas respecto a la información contenida en la totalidad de las variables originales. Para ello, desarrollan un método basado en la correlación parcial como medida de la información contenida en cada variable. No obstante, tal y como estos autores indican, la decisión final sobre las variables a omitir dependerá del estudio concreto que se pretenda realizar y de la importancia que el investigador quiera atribuir a una variable específica.

Finalmente, el procedimiento de selección de variables input y output que se va a aplicar en este trabajo se divide en tres etapas:

- I. Análisis de correlaciones intragrupos. Se analizarán de forma separada los grupos de variables output relativas a cada función y, por otra parte, el grupo de variables input. Este análisis permite detectar aquellas variables que presenten correlaciones elevadas y eliminar las que se consideran menos adecuadas en relación a la orientación del estudio en cada caso.

- II. Análisis de correlaciones intergrupos. El objetivo es medir la relación entre los outputs y el input seleccionado.
- III. Análisis de correlación parcial de los outputs (Jenkins y Anderson, 2003). Permite obtener la varianza residual de las variables output que se mantienen en el análisis condicionadas a la omisión del resto.

2.5.1. Análisis de correlaciones intragrupos

En este subepígrafe se presentan las matrices de correlación para el conjunto de variables input y output de forma separada. En primer lugar, las tablas 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 y 3.13 muestran las matrices de correlación para el conjunto de variables output propuestas en la tabla 2.8 para cada año. Para su interpretación se han separado los output de investigación (azul), tercera misión o transferencia de conocimiento (verde) y docencia (lila). El objetivo es seleccionar, al menos, una variable que represente a cada una de las funciones mencionadas.

Tabla 2.9: Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2009.

	PUBLIC	CIT	PUBLIC_1	TES	PAT	CONS	LIC	SPO	EGR	EST
PUBLIC	1									
CIT	,971	1								
PUBLIC_1	,993	,989	1							
TES	,933	,849	,897	1						
PAT	,308	,157	,248	,394	1					
CONS	,195	,127	,185	,121	,513	1				
LIC	,078	,042	,052	,083	,368	,336	1			
SPO	,147	,097	,148	,087	,507	,758	,108	1		
EGR	,832	,709	,777	,893	,468	,183	,061	,136	1	
EST	,789	,659	,728	,862	,547	,288	,158	,200	,965	1

Tabla 2.10: Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2010

	PUBLIC	CIT	PUBLIC_1	TES	PAT	CONS	LIC	SPO	EGR	EST
PUBLIC	1									
CIT	,968	1								
PUBLIC_1	,994	,986	1							
TES	,925	,836	,896	1						
PAT	,425	,308	,386	,477	1					
CONS	,371	,276	,341	,349	,726	1				
LIC	,324	,251	,297	,362	,495	,553	1			
SPO	,419	,325	,380	,518	,715	,717	,366	1		
EGR	,817	,691	,768	,881	,449	,396	,365	,514	1	
EST	,793	,665	,742	,858	,526	,474	,398	,567	,978	1

Tabla 2.11: Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2011.

	PUBLIC	CIT	PUBLIC_1	TES	PAT	CONS	LIC	SPO	EGR	EST
PUBLIC	1									
CIT	,963	1								
PUBLIC_1	,992	,984	1							
TES	,931	,847	,900	1						
PAT	,414	,256	,374	,411	1					
CONS	,367	,250	,340	,292	,773	1				
LIC	,380	,337	,395	,310	,551	,578	1			
SPO	,297	,183	,270	,260	,689	,793	,332	1		
EGR	,748	,608	,684	,829	,438	,289	,189	,330	1	
EST	,773	,623	,707	,824	,558	,431	,282	,379	,934	1

Tabla 2.12: Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2012.

	PUBLIC	CIT	PUBLIC_1	TES	PAT	CONS	LIC	SPO	EGR	EST
PUBLIC	1									
CIT	,952	1								
PUBLIC_1	,993	,975	1							
TES	,924	,807	,886	1						
PAT	,429	,292	,387	,480	1					
CONS	,422	,254	,372	,488	,838	1				
LIC	,510	,528	,520	,357	,408	,411	1			
SPO	,332	,240	,305	,327	,515	,675	,344	1		
EGR	,787	,635	,731	,899	,454	,483	,410	,272	1	
EST	,759	,584	,694	,874	,566	,565	,361	,381	,945	1

Tabla 2.13: Matriz de correlaciones de las variables output. Año 2013.

	PUBLIC	CIT	PUBLIC_1	TES	PAT	CONS	LIC	SPO	EGR	EST
PUBLIC	1									
CIT	,957	1								
PUBLIC_1	,992	,982	1							
TES	,936	,845	,909	1						
PAT	,281	,095	,225	,353	1					
CONS	,545	,392	,500	,626	,577	1				
LIC	,374	,320	,375	,308	,330	,594	1			
SPO	,353	,239	,322	,310	,576	,445	,377	1		
EGR	,770	,615	,706	,852	,372	,576	,193	,266	1	
EST	,768	,606	,702	,838	,516	,645	,252	,354	,940	1

En primer lugar, se analiza el conjunto de variables que definen la función de investigación: *publicaciones*, *citas*, *publicaciones primer cuartil* y *tesis*. A lo largo de todo el período 2009-2013 presentan correlaciones superiores a 0,807. Es lógico asumir que la función investigadora se traduce en publicaciones de documentos procedentes tanto de la actividad del personal docente e investigador doctor como de los programas de tesis doctoral. Dichas publicaciones pueden ser publicadas en primer cuartil, en cuyo caso, la probabilidad a ser citados por otros autores es mayor. De este modo es fácilmente observable la relación existente

entre los cuatro output de investigación y consecuentemente el porqué de las elevadas puntuaciones de correlación. El uso de todos ellos implicaría incluir información redundante, por ello es necesario determinar qué output resulta más adecuado para el análisis. En este caso, se selecciona como variable output de la función de investigación *publicaciones primer cuartil*. Una primera razón se basa en que considerar la totalidad de las publicaciones implicaría sesgar los resultados en favor de aquellas universidades que realicen un mayor número de publicaciones en revistas que no cuenten con un factor de impacto elevado, es decir, se penalizaría a las universidades que aunque teniendo un menor número de publicaciones son de mayor impacto en la comunidad científica. De este modo se homogeneiza el tipo de publicación. En segundo lugar, este tipo de output es cada vez más popular en la evaluación de las universidades tanto en la esfera nacional (por ejemplo es utilizado por la ANECA para conceder las acreditaciones) como internacional a nivel de rankings. Conscientes de ello, la tendencia de las universidades en los últimos años ha sido la de incrementar la producción de este tipo de output.

Respecto a los output referentes a la transferencia de conocimiento, se observa una elevada correlación entre las patentes y las consultorías en tres de los cinco años que componen el período que se analiza. Esto puede tener explicación en el hecho de que un elevado número de proyectos de consultoría que contratan las empresas (u otro tipo de instituciones) con las universidades culminan con la inscripción de una patente. No obstante hay que tener en cuenta que la oportunidad de obtener un *contrato de I+D* o consultoría depende en gran medida no de la propia gestión de la universidad sino de la zona geográfica en la que se encuentre. Es decir, que las universidades que se encuentran próximas a viveros de empresas pueden optar a éstos contratos con mayor facilidad. Asimismo las variables *consultorías* y *spin off* presentan una correlación superior a 0,67 en cuatro de los cinco años analizados. Para evitar favorecer a aquellas universidades que disfrutaran de un entorno empresarial que propicia los contratos de consultoría y teniendo en cuenta la mencionada existencia de una correlación relativamente elevada de la variable *consultorías* con *patentes* y *spin off*, se deshecha su inclusión en análisis posteriores. Por otra parte, no existe una correlación significativa entre

las variables *patentes, licencias y spin off*, por lo que se someterán a un segundo análisis para comprobar su significatividad en el modelo.

En relación al output docente se observa una correlación superior a 0,93 en todo el período. Así, es necesario eliminar una de ellas para no incluir información redundante en el modelo. Si se escogiera la variable *egresados* como representante del output docente se estaría favoreciendo a aquellas universidades en las que la tasa de alumnos aprobados fuese mayor y penalizando a aquellas en las que la tasa de alumnos suspensos fuera más elevada. Este output no es directamente controlable por el gestor en tanto que depende de factores externos como la motivación del profesorado, la motivación y el background del alumno,... por lo que no se estaría evaluando la eficiencia en sentido estricto. Sin embargo, seleccionar la variable *estudiantes* permite evaluar la capacidad de una universidad para mantener el servicio docente, independientemente de las características de los elementos que intervienen en el mismo. Por ello, el modelo que se propone en este trabajo incluye la variable *estudiantes*.

Una vez analizadas las matrices de correlación de variables output y determinados aquellos indicadores que se consideran más adecuadas al estudio, se procede a realizar un análisis análogo para el conjunto de variables input. A continuación, se presentan las matrices de correlación entre las variables *financiación, personal de administración y servicios, personal docente e investigador y gastos en bienes corrientes* para los años que componen el período 2009-2013.

Tabla 2.14: Matriz de correlaciones de variables input 2009.

	Financiación	PAS	PDI	Gastos Bienes Corrientes
Financiación	1			
PAS	,929	1		
PDI	,961	,948	1	
Gastos Bienes Corrientes	,933	,859	,905	1

Tabla 2.15: Matriz de correlaciones de variables input 2010.

	Financiación	PAS	PDI	Gastos Bienes Corrientes
Financiación	1			
PAS	,937	1		
PDI	,972	,961	1	
Gastos Bienes Corrientes	,938	,831	,899	1

Tabla 2.16: Matriz de correlaciones de variables input 2011.

	Financiación	PAS	PDI	Gastos Bienes Corrientes
Financiación	1			
PAS	,923	1		
PDI	,958	,969	1	
Gastos Bienes Corrientes	,945	,845	,912	1

Tabla 2.17: Matriz de correlaciones variables input 2012.

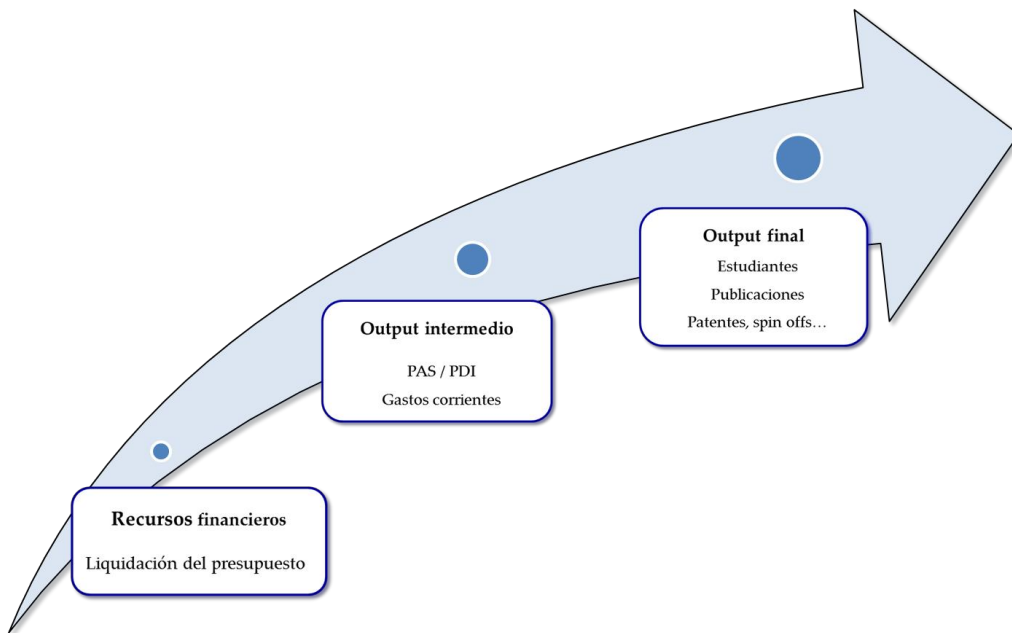
	Financiación	PAS	PDI	Gastos Bienes Corrientes
Financiación	1			
PAS	,947	1		
PDI	,968	,966	1	
Gastos Bienes Corrientes	,928	,841	,906	1

Tabla 2.18: Matriz de correlaciones de variables input 2013.

	Financiación	PAS	PDI	Gastos Bienes Corrientes
Financiación	1			
PAS	,942	1		
PDI	,965	,967	1	
Gastos Bienes Corrientes	,938	,866	,922	1

Como se puede observar en las tablas 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18, las variables presentan correlaciones muy elevadas con valores entre 0,859 y 0,972 a lo largo del período 2009-2013. Por ello, se descarta el uso de algún otro input adicional al de *financiación* propuesto en el epígrafe 2.4.1. A fin de presentar de forma esquemática la justificación sobre la inclusión de esta variable como input para evaluar la eficiencia de las universidades públicas, se expone la siguiente figura:

Figura 2.1: Proceso de generación del servicio docente e investigador.



La eficiencia en sentido estricto se puede definir como la relación entre los recursos utilizados para producir un bien o prestar un servicio, y el output producido. Si se utilizaran como variables input el personal docente e investigador, de administración,... se estaría evaluando la eficiencia empleando únicamente una parte de los recursos utilizados por las universidades, condicionando los resultados a los inputs seleccionados. Por ejemplo, si se selecciona como input el PDI contratado doctor y funcionario se obtendría un resultado distorsionado en tanto que una universidad puede decidir si contratar doctores, ayudantes o convocar una plaza para personal funcionario, contribuyendo todas ellas a la obtención del output final. Con esta opción quedaría fuera del análisis, por ejemplo, el personal asociado que tan común viene siendo en los últimos años. Esta reflexión lleva a dar un paso hacia atrás en el proceso de generación del servicio docente e investigador, llegando hasta el origen del mismo, es decir, a la financiación. Toda universidad recibe una subvención por parte de la Administración Pública así como ingresos por prestación de servicios (docentes y de investigación) que ha de gestionar

decidiendo el capital a asignar en personal docente, de administración, en proyectos de investigación,... para desarrollar las funciones propias de una universidad. De este modo el investigador no condiciona la evaluación de la eficiencia a un determinado input. No obstante, este modelo no está exento de críticas, puesto que sería mucho más ajustado emplear los *derechos liquidados* (cuantía efectivamente recibida por la universidad) y no los *derechos reconocidos netos* (cuantía contabilizada por la universidad). Sin embargo, en el momento de realización de este trabajo la información no está disponible.

2.5.2. Análisis de correlaciones intergrupos

Una vez determinado el conjunto de variables incorreladas para cada una de las funciones de la universidad, se realiza un segundo análisis de correlación intergrupo, es decir del input sobre los outputs, de modo que se pueda determinar que las variables outputs tienen relación con el input y por lo tanto el modelo es coherente. A continuación, la tabla 2.19 muestra las mencionadas correlaciones para cada año del período 2009-2013.

Tabla 2.19: Matriz de correlaciones intergrupos.

		VARIABLES OUTPUT				
		EST	PUBLIC_1	SPO	LIC	PAT
VARIABLE INPUT: FINANCIACIÓN	2009	0.94	0.77	0.31	0.26	0.574
	2010	0.95	0.79	0.58	0.46	0.61
	2011	0.91	0.77	0.43	0.43	0.53
	2012	0.91	0.78	0.4	0.51	0.56
	2013	0.90	0.78	0.43	0.38	0.46

Los outputs estudiantes y publicaciones en primer cuartil, tal y como se observa en la tabla 2.19, presentan una correlación elevada con el input, superior a 0.9 en el caso de la variable estudiantes y cercana a 0.8 en el de publicaciones en primer cuartil. Por lo tanto, se corrobora la selección de inputs de docencia e investigación alcanzada mediante el análisis previo de correlaciones intragrupos.

Respecto a las variables que identifican la función de transferencia del conocimiento (*spin off*, *licencias* y *patentes*), se observa que el output patentes es el que presenta una correlación más elevada con el input llegando a 0.61 en el año 2010, mientras que los dos outputs restantes presentan correlaciones inferiores, por debajo de 0,5, en cuatro de los cinco años del periodo. En base a estos resultados el indicador de la función de transferencia del conocimiento en este trabajo será *patentes*. Es destacable que el uso de la variable *patentes* como output de la tercera misión ya ha sido utilizado en la literatura en los trabajos de Parrellada y Duch (2006), Duch y Vilalta (2010), Buela-Casal (2012) y Larrán y García (2014) entre otros. Además, el comunicado de la Comisión Europea de 2003 puso de manifiesto la relevancia de la variable patentes como indicador de la transferencia del conocimiento.

2.5.3. Análisis de correlaciones parciales

En este subepígrafe se desarrolla la tercera etapa del análisis propuesto para la selección de variables. Ésta consiste en aplicar el análisis de correlaciones parciales de Jenkins y Anderson (2003) al conjunto de outputs a fin de determinar la información retenida por las tres variables seleccionadas respecto al conjunto de variables originales.

La tabla 2.20 presenta el conjunto de variables output consideradas inicialmente, de las cuales, tras la aplicación de las dos etapas previas, se decide mantener únicamente tres de ellas, EST, PUBLIC_1 y PAT, y por lo tanto omitir las siete restantes.

Tabla 2.20: Variables retenidas y excluidas.

	VARIABLES
Nº de outputs retenidos: 3	EST, PUBLIC_1, PAT
Nº de outputs excluidos: 7	EGR, CIT, PUBLIC, CONS, LIC, SPO, TES

Los pasos que permiten replicar el análisis de correlaciones parciales de Jenkins y Anderson (2003) se estructuran en las siguientes etapas:

- Normalizar el conjunto de datos para obtener una media de valor cero y varianza de valor uno a fin de asegurar que todas las variables se traten por igual.
- Dividir las variables output en dos grupos. El primero, $i = 1, \dots, p$ representa las variables a omitir (excluidas). El segundo grupo, $i = p + 1, \dots, m$ incluye las variables seleccionadas para permanecer en el modelo final (retenidas).
- La matriz de varianzas-covarianzas presenta la siguiente estructura:

$$V = \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} \\ V_{21} & V_{22} \end{pmatrix}$$

donde V_{11} representa la matriz de varianzas covarianzas de las variables $i = 1, \dots, p$; y V_{22} representa la matriz de covarianzas de las variables $i = p + 1, \dots, m$.

- Cálculo de la matriz de varianzas-covarianzas parcial de las variables $i = 1, \dots, p$ dadas las variables $i = p + 1, \dots, m$: $V_{11.2} = V_{11} - V_{12}V_{22}^{-1}V_{21}$.
- Cálculo de la traza de la matriz $V_{11.2}$. El resultado obtenido representa el tamaño de la varianza que permanece de las variables $i = 1 \dots p$, tras condicionar a que las variables retenidas sean $i = p + 1, \dots, m$.

Los resultados obtenidos al aplicar este proceso para cada uno de los años del período 2009-2013 se presentan a continuación:

Tabla 2.21: Proporción de varianza residual en los output estudiantes, publicaciones en primer cuartil y patentes.

	2009	2010	2011	2012	2013
Proporción de varianza residual	73,25%	80,00%	79,90%	79,17%	77,14%

En la tabla 2.21 se observa que la proporción de varianza residual de las tres variables seleccionadas, condicionada a la omisión del resto de variables originales, presenta valores de entre 73,25% en 2009 hasta 80% en 2010.

En cuanto al promedio del período 2009-2013, la varianza residual es en promedio del 77,89%. Estos resultados están en línea con los presentados por Jenkins y Anderson (2003) en los que se considera un 77,7% una proporción de varianza residual aceptable, que justifica la estimación del modelo DEA omitiendo una serie de variables sin una pérdida significativa de información.

Por tanto, el análisis de correlaciones parciales corrobora la robustez de la selección de outputs propuesta previamente a partir de los resultados de los análisis de correlación intra e intergrupos.

Finalmente, en base a los diferentes análisis aplicados en este capítulo, la función de producción seleccionada en este trabajo para evaluar la eficiencia del SUPE incluye el input financiación y los outputs estudiantes, publicaciones en primer cuartil y patentes (tabla 2.22).

Tabla 2.22: Variables input y output seleccionadas.

INPUT
Financiación
OUTPUTS
Estudiantes
Publicaciones en primer cuartil
Patentes

SELECCIÓN DE LA MUESTRA

3. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

3.1. INTRODUCCIÓN

Un aspecto fundamental en los estudios de eficiencia es que las unidades de la muestra que se analiza trabajen en el mismo entorno tecnológico de producción¹. La justificación a esta afirmación es clara si se tiene en cuenta que la frontera de producción se define a partir de las mejores prácticas de las unidades de la muestra, cuantificando el grado de eficiencia de las unidades evaluadas en función de la distancia que las separa de dicha frontera. Por tanto al evaluar las unidades productivas comparándolas unas con otras, es de suma importancia escoger unidades con un patrón común de recursos y objetivos de producción similares (Trillo, 2002).

Para tratar estas cuestiones este capítulo se estructura de la siguiente forma: en primer lugar, se identifican las posibles unidades muestrales para evaluar la eficiencia de las instituciones de educación superior, determinando la unidad muestral de referencia escogida para esta investigación. En segundo lugar, se exponen las diferentes opciones que contempla la literatura para superar el problema de la homogeneidad de la muestra en el ámbito de la educación superior. Por último, se clasifican las Universidades Públicas en función de la proporción de estudiantes matriculados por rama de enseñanza a través del análisis cluster.

¹ Sexton (1986), en el contexto del análisis DEA, hace alusión a esta afirmación para referirse a unidades que emplean una combinación similar de factores productivos. En el caso del análisis envolvente es de especial importancia debido a la gran sensibilidad que presenta éste método a los comportamientos atípicos.

3.2. UNIDAD MUESTRAL DE REFERENCIA

El análisis envolvente de datos está basado en la noción de eficiencia relativa propuesta por Farrell en 1957, esto es la eficiencia obtenida por una unidad productiva en referencia a la conseguida por otras unidades. Por tanto, es fundamental que las unidades del conjunto que se pretende evaluar sean lo más homogéneas posible.

Analizando este aspecto en la literatura relacionada con la educación superior, se pueden distinguir tres formas de evaluar a las instituciones en función de la unidad de análisis (Gómez-Sancho, 2003; Vázquez, 2011):

- a) Evaluación de departamentos de características similares de diversas universidades
- b) Evaluación de los departamentos de una universidad
- c) Evaluación de la universidad en su conjunto

En la primera opción la mayoría de estudios tratan de evaluar distintas universidades de un país tomando como unidad de análisis los departamentos que las componen. Existen trabajos tanto a nivel internacional (Beasley, 1990 y 1995) como nacional (Pina y Torres, 1995; Martínez, 2000).

Los trabajos realizados tomando la segunda opción, analizan la eficiencia de la función docente e investigadora de los departamentos de una misma universidad. A nivel internacional se encuentran, entre otros, los trabajos de Sinuary-Stern et al. (1994), en Israel y Kao y Hung (2006), en Taiwan. A nivel nacional, son numerosos los estudios que han optado por esta unidad muestral, es el caso de los trabajos de Torrico (2000), Castrodeza y Peña (2002), Trillo (2002), Murias (2004) y Martín (2005). Dyson et al. (2001) advierten que en el caso en que se comparen departamentos de una misma universidad, sería inapropiado hacerlo entre departamentos de ciencias y de humanidades ya que presentan distintas estructuras de gasto.

En tercer lugar se encuentran los estudios que toman como unidad de análisis las universidades en su conjunto, normalmente dentro de un mismo país.

A nivel internacional destacan los trabajos Hanke et al (1998) que evalúan la eficiencia de las universidades austriacas en su doble función, la docente y la investigadora; y Avkiran (2001) y Abbot y Doucouliagos (2003) que estudian la eficiencia de las universidades australianas. A nivel nacional destacan los trabajos de Gómez y Mancebón (2005) que evalúan la eficiencia productiva de las universidades públicas españolas agrupándolas según la oferta de titulaciones en su función docente e investigadora, Vázquez (2007) analiza la producción docente de las 47 universidades públicas españolas y Vázquez (2011), evalúa la eficiencia técnica de las universidades públicas españolas en su labor docente e investigadora por separado y en conjunto.

En esta tesis se pretende evaluar la eficiencia técnica productiva con la que operan las universidades públicas españolas así como el cambio de productividad en el período 2009-2012. Por ello se opta por tomar como unidad de análisis la universidad en su conjunto.

La elección de la universidad como unidad de referencia presenta la ventaja de poder obtener resultados de las actividades docente e investigadora teniendo en cuenta las interrelaciones y restricciones existentes entre ellas. Además, el marco de actuación económico y legislativo es común para las universidades públicas españolas. Sin embargo, también implica enfrentarse a una menor homogeneidad de la muestra (Gómez y Mancebón, 2005).

3.3. REVISIÓN DE LITERATURA

Para superar la limitación de la heterogeneidad de la muestra la mayoría de los trabajos excluyen observaciones o bien subdividen la muestra en grupos en función de un criterio previamente establecido.

Siguiendo a Gómez y Mancebón (2005), los trabajos que tratan de evaluar la eficiencia productiva de instituciones de educación superior pueden dividirse en dos grupos según el criterio de segmentación aplicado a la muestra. Existe un grupo de autores que utilizan una clasificación externa, y otro en el que los propios autores establecen el criterio de segmentación que consideran más adecuado para el análisis.

En relación al primer grupo, en el que la clasificación es externa al investigador, se encuentran los trabajos realizados sobre instituciones estadounidenses y canadienses. En EEUU, la muestra se puede seleccionar atendiendo a los criterios de la *Carnegie Foundation*. Se trata de una clasificación que se publicó en 1971 con el fin de identificar categorías de colegios y universidades que fueran homogéneas respecto a las funciones que desarrollan, a las características de los alumnos y al profesorado. Por otro lado, en Canadá se sigue el criterio empleado por la revista *Maclean* para el análisis anual de las instituciones de educación superior.

Es necesario señalar que además de atender a los criterios anteriormente mencionados, en EEUU se han llevado a cabo numerosos estudios que evalúan y comparan la eficiencia productiva de las universidades públicas y privadas. Por tanto, otra subdivisión de la muestra es la relativa a la naturaleza jurídica de la institución de educación superior. En este ámbito se encuentran los trabajos de Rhodes y Southwick (1993), que tratan de evaluar 96 universidades públicas y 64 universidades privadas; Ahn (1987) y Ahn et al. (1988), que evalúan instituciones de educación superior segmentándolas en primer lugar en facultades que tienen o no medicina, y posteriormente en públicas o privadas.

Respecto al segundo grupo anteriormente mencionado, se presentan numerosos estudios en los que el propio investigador propone el criterio de segmentación de la muestra. A continuación, se enumeran una serie de estudios que adoptan como criterio de homogeneidad la exclusión de aquellas universidades o facultades que presenten una estructura diferente o estén muy especializadas. En este sentido Athanassopoulos (1997), excluye del total de universidades del Reino Unido aquellas que no ofertan todos los grados y las escocesas por presentar una estructura diferente al resto de universidades. Sarrico et al. (1997) analiza las universidades del Reino Unido excluyendo aquellas que se centran en la oferta de títulos de postgrado. Hanke y Leopoldeder (1998) excluyen del total de universidades austriacas la universidad de veterinaria y elimina los datos relativos a las facultades de medicina. En China, Ng y Li (2000) reducen la muestra a las instituciones de educación superior más importantes con el fin de dar homogeneidad a la muestra, sin embargo, no especifican en base a qué criterio se discrimina la importancia de la institución.

En el ámbito de la educación superior española los escasos intentos por homogeneizar la muestra han sido realizados en función de un criterio de segmentación propuesto por el investigador. Por una parte se pueden encontrar trabajos en los que, atendiendo a dicho criterio, se ha utilizado una técnica estadística como es el análisis cluster para definir la muestra a analizar y por otra, trabajos en los que el investigador discierne directamente las unidades que compondrán la muestra. Entre los trabajos que se valen del análisis cluster, se pueden encontrar clasificaciones según la oferta de titulaciones clasificadas por ramas de enseñanza (Gómez, 2005; Gómez et al., 2009; Vázquez, 2011) y según la estructura de producción de las universidades respecto a cada una de las tres misiones propias de la universidad: la docencia, la investigación y la transferencia de conocimiento (De la Torre et al., 2015). Respecto a los trabajos en los que el investigador propone la muestra atendiendo a un criterio *ad hoc* al estudio, se encuentran, entre otros, los trabajos de Giménez y Martínez (2001) en el que se agrupan las universidades según un índice de experimentalidad dado por la propia universidad, de Trillo del Pozo (2002) que elimina los departamentos con bajos o nulos niveles de investigación y agrupa el resto de departamentos en función de su orientación científica, y Martín (2005) que forma dos grupos muestrales en función de si los departamentos son experimentales o no.

En la mayoría de casos, estas clasificaciones responden a la necesidad del investigador de minimizar las desviaciones en los resultados que puede producir el problema de heterogeneidad, tratándose frecuentemente de clasificaciones *ad hoc* (De la Torre et al., 2015). No obstante, la capacidad para identificar universidades comparables empleando clasificaciones unidimensionales es limitada ya que reducen la heterogeneidad de las instituciones a una única variable (Van Vught et al., 2011).

3.4. LA HOMOGENEIZACIÓN DE LA MUESTRA

El objetivo de este apartado es obtener grupos o conglomerados de universidades que sean lo más homogéneas posible entre sí a fin de obtener resultados robustos en la posterior aplicación de la metodología DEA.

3.4.1. Criterio de segmentación

En un elevado número de trabajos sobre la evaluación de la eficiencia se destaca la dificultad para seleccionar la muestra que va a ser analizada. Sin embargo, pese a ser un elemento clave para la obtención de resultados robustos, en muchas ocasiones no se justifican de forma clara y concisa los motivos de selección de la muestra.

Siguiendo la propuesta de Gómez y Mancebón (2008, 2010) y el trabajo de Vázquez (2011), en esta tesis se segmentan las universidades públicas españolas por ramas de enseñanza. El uso de este tipo de segmentación resulta de utilidad cuando se busca estudiar las diferencias entre las instituciones de educación superior en relación a los recursos utilizados y los resultados logrados. Los motivos por los que se considera adecuado segmentar por ramas de enseñanza son múltiples.

En primer lugar la financiación recibida por las universidades desde la Comunidad Autónoma (Transferencias Corrientes) varía en función de las titulaciones que imparta. Esto se debe a que cada titulación tiene asignado un grado de experimentalidad (desde 1 hasta 5 de mayor a menor grado) que varía en función de la carga de créditos prácticos y la rama de enseñanza en que se clasifica. La tabla 3.1 describe la relación entre grados de experimentalidad y rama de enseñanza según el Ministerio de Educación:

Tabla 3.1: Grado de experimentalidad según rama de enseñanza

Grado de Experimentalidad	Rama de Enseñanza
1	Ciencias de la Salud
2	Ingeniería y Arquitectura
3	Ciencias
4	Ciencias Sociales
5	Artes y Humanidades

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Educación

El grado de experimentalidad más alto corresponde a las titulaciones encuadradas en la rama de enseñanza de Ciencias de la Salud y el más bajo a las de la rama de Artes y Humanidades. De este modo, la subvención por crédito de las titulaciones con grado de experimentalidad 1 es superior a la subvención recibida por el resto de titulaciones. Así, por ejemplo, el grado de enfermería, a igualdad de condiciones en cuanto a número de créditos matriculados, personal docente,... recibe una subvención de la Comunidad Autónoma superior a un grado de Administración y Dirección de Empresas.

Por otra parte, los precios por crédito establecidos por las Comunidades Autónomas dependen asimismo del grado de experimentalidad asociado a la titulación. De forma análoga a las transferencias corrientes, a mayor experimentalidad mayor precio por crédito. Este hecho repercute directamente en la recaudación procedente de las matrículas de los alumnos en enseñanzas de grado y máster. Así, las universidades con elevado número de titulaciones de la rama de Ingeniería por ejemplo, registran un mayor ingreso por matrícula que las universidades con mayoría de titulaciones de humanidades.

El hecho de que las titulaciones tengan atribuidos diferentes grados de experimentalidad y que en base a ello se fijen las subvenciones y precios públicos, se debe a la naturaleza de los gastos que se derivan de cada una de las titulaciones. Así los grados de medicina, enfermería,... requieren, por ejemplo, de equipos de laboratorio de alto coste de adquisición y mantenimiento (tanto para la docencia como para la investigación) mientras que los grados de historia, geografía,... no precisan de instalaciones específicas para su funcionamiento (Agasisti y Pérez, 2010).

Estas circunstancias hacen que sea fundamental buscar conjuntos de universidades con una oferta similar de titulaciones, ya que no tendría sentido comparar universidades con distinto coste por alumno, coste por investigador, mantenimiento de instalaciones,... De lo contrario, las universidades más enfocadas a titulaciones de grado de experimentalidad bajo podrían presentar el problema de sobreestimación de la eficiencia de gestión de su presupuesto.

Otro de los motivos que justifican el uso de las ramas de enseñanza como criterio de segmentación es la consideración del output de investigación en la función de producción universitaria. Más concretamente, en la literatura es frecuente el uso de las publicaciones en revistas científicas con índice de impacto JCR (*Journal Citation Report*), sin embargo éste presenta importantes limitaciones. Según Gómez Sancho (2009) uno de los problemas más destacables es la representatividad de la muestra de revistas seleccionadas ya que, al ser un indicador multidisciplinar, el hecho de algún área no esté incluida o esté subrepresentada repercute en la evaluación de las publicaciones. En este sentido, se encuentran campos como las ciencias jurídicas cuya principal vía de transmisión de conocimiento no es la revista científica, lo que supondría una clara desventaja. Por otra parte, para la elaboración de éste índice sólo se tienen en cuenta los datos relativos a los dos últimos años, lo que penaliza a aquellas investigaciones que, por su naturaleza, requieren un periodo de asimilación más largo. Segmentando por ramas de enseñanza, quedan superadas estas limitaciones en el sentido en que las muestras de universidades que se evalúan son homogéneas en cuanto a la contribución de las distintas ramas de enseñanza y por tanto, las condiciones para su evaluación son similares.

Por último, es remarcable que la clasificación por ramas de enseñanza se utiliza con frecuencia en el ámbito de la educación superior. El Ministerio de Educación y la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE) exponen periódicamente los datos relativos a las instituciones universitarias desglosados por rama de enseñanza. La Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad (ANECA) se vale asimismo de las ramas de enseñanza a la hora de estructurar el proceso de acreditación. Tal y como se comenta anteriormente, las Comunidades Autónomas también se basan en el grado de experimentalidad y, por ende, en las ramas de enseñanza a la hora de establecer los precios públicos.

3.4.2. Variable discriminante

Una vez delimitado el criterio de segmentación es necesario establecer la variable que permita discriminar entre una rama de enseñanza u otra. Gómez y Mancebón (2008) emplean como variable discriminante la oferta de titulaciones agrupadas por ramas de conocimiento. Sin embargo, apuntan que presenta las limitaciones de considerar como iguales a todas las titulaciones recogidas en una misma área de conocimiento y no tener en cuenta los diferentes tamaños de las titulaciones. Vázquez (2011) utiliza como variable discriminante el PDI a tiempo completo, sin embargo, esta información no está disponible de forma explícita, por lo que asume que el PDI a tiempo completo es proporcional al PDI total (funcionario, catedrático, asociado, ayudante doctor,...) por rama de enseñanza. La principal limitación que presenta esta variable es que la gestión del PDI, en lo que se refiere a categorías de profesorado, difiere de una titulación a otra, formando parte de la estrategia de cada departamento para la consecución de los outputs de docencia e investigación. A esto hay que añadir que en los últimos años, debido a los recortes presupuestarios y a la aprobación del *RD-Ley 14/2012 de 20 de abril de medidas urgentes para la racionalización del gasto público en el ámbito educativo* que limita la tasa de reposición del PDI al 10%, las diferencias entre el PDI a tiempo completo real y el estimado se agravarían.

En este trabajo, dado que el análisis se realiza en función de la financiación recibida, es necesario determinar una variable discriminante que permita clasificar a las universidades por rama de enseñanza y tipo de financiación recibida. Por este motivo no es factible el uso de las variables anteriormente comentadas y se propone utilizar como variable discriminante *la proporción de estudiantes matriculados por rama de enseñanza*. Esta variable supera la limitación de no considerar la dimensión de las ramas de enseñanza en cada universidad. Además, dado que la financiación que reciben las universidades depende en gran medida del grado de experimentalidad de sus titulaciones y éstas, a su vez, de la rama de enseñanza a la que pertenezcan, esta variable permite discriminar por tipo de financiación recibido. Es decir, va a permitir agrupar las universidades de composición similar en lo que se refiere a titulaciones y por tanto, con una estructura de ingresos y gastos similar. Además, esta información está disponible, por lo que no es necesario realizar aproximaciones.

3.4.3. Análisis cluster

La metodología que se emplea en esta tesis para homogenizar la muestra es el análisis *cluster*. Se trata de una técnica estadística multivariante que permite agrupar elementos o variables buscando la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia inter-grupos.

En primer lugar, es necesario decidir el algoritmo de formación de conglomerados, para lo cual se distingue entre dos categorías: los *algoritmos de partición*, en los que el conjunto de observaciones se dividen en k grupos definidos inicialmente por el investigador y los *algoritmos jerárquicos*, que muestran una jerarquía de divisiones del conjunto de observaciones en grupos o conglomerados. Ambas técnicas pueden ser complementarias, de modo que una vez obtenido el número de clusters por el método jerárquico, se afinen los resultados a través del análisis de los centros de los conglomerados tal y como se verá en el siguiente apartado de resultados.

En una primera etapa, se empleará el *algoritmo jerárquico aglomerativo*, es decir se parte de una situación en la que cada observación constituye un conglomerado y en pasos sucesivos se van fusionando hasta que todas las observaciones quedan recogidas en un único conglomerado.

En segundo lugar, se debe decidir el tipo de medida a emplear para medir la similitud o divergencia entre observaciones, para lo cual se dispone principalmente de tres métodos: medidas de distancia, medidas de correlación y medidas de asociación. Las dos primeras exigen datos métricos, mientras que las medidas de asociación se utilizan con datos no métricos. Dado que en este caso los datos son de tipo métrico se descartan éstas últimas, pudiendo optar por las medidas de distancia o correlación. Puesto que en este estudio es de interés conocer la proximidad de las observaciones respecto a las otras y no obtener un patrón de los valores, se selecciona el método de medidas de distancia.

En la literatura se pueden encontrar numerosos tipos de medidas de distancia siendo una de las más frecuentes la distancia euclídea. Ésta representa la distancia entre dos puntos, que es la longitud de la hipotenusa de un triángulo rectángulo. La distancia euclídea al cuadrado presenta la ventaja de no tener que

utilizar la raíz cuadrada y el inconveniente de que es muy sensible a las unidades de medida de las variables, por ello se utiliza la proporción de alumnos matriculados por rama de enseñanza y no los valores absolutos.

Una vez definida la distancia que se va a emplear, es necesario seleccionar un método de conglomeración, es decir el método por el cual se puede volver a calcular las distancias entre los nuevos elementos en cada una de las etapas del proceso de fusión. Se ha de recordar que la esencia del cluster jerárquico aglomerativo es la de ir fusionando observaciones hasta que todas ellas queden agrupadas en un único conglomerado. Para ello se dispone de varios métodos, entre otros, se encuentran los siguientes: El método de vinculación por el vecino más próximo, que va seleccionando y fundiendo los dos elementos de la matriz de distancias que se encuentran más próximos. Resulta un método sencillo pero tiende a formar clusters demasiado grandes. El método de vinculación por el vecino más lejano, que une los clusters considerando la menor de las distancias existentes entre los miembros más lejanos de distintos grupos. Tiende a formar cluster pequeños y compactos. El método de vinculación inter-grupos, que calcula la distancia entre dos conglomerados como la distancia promedio entre todos los pares de elementos de ambos conglomerados. Este método presenta la ventaja de aprovechar la información de todas las observaciones incluidas en los dos conglomerados que se están comparando. El método de Ward fusiona en cada etapa los dos clusters para los que se obtenga el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias, dentro de cada cluster, de cada individuo al centroide del cluster. En definitiva, este método une elementos tratando de minimizar la varianza dentro de cada grupo. Un estudio realizado por Kuiper y Fisher (1975) demuestra que este método tiene la capacidad de determinar mejor las clasificaciones óptimas que otros métodos. El método de agrupación de centroides, que halla la distancia entre dos conglomerados como la distancia entre sus vectores de medias. En este análisis se va a emplear como método de aglomeración el método de Ward.

Este trabajo emplea un análisis cluster de tipo *jerárquico* con algoritmo de formación de conglomerados *aglomerativo*, cuya medida de distancia es la *distancia euclídea al cuadrado* y método de Ward como método de conglomeración.

3.4.4. Resultados del análisis cluster

En base a las características metodológicas especificadas anteriormente, en este apartado se muestran los resultados obtenidos al aplicar el análisis cluster a la muestra de universidades tomando como criterio de segmentación las ramas de enseñanza y utilizando como variable discriminante la proporción de alumnos matriculados en cada una de ellas. El proceso se repite para los años 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013.

En un primer intento de obtener muestras homogéneas de universidades a través del análisis cluster, los dendogramas muestran en todos los años la existencia de un grupo de cuatro universidades en las que aproximadamente el 90% de los alumnos matriculados es de la rama de ingeniería y arquitectura. Esta tipología se corresponde con las universidades politécnicas. En todos los periodos estas cuatro universidades forman un cluster independiente y minoritario, por lo que no habiendo universidades que se asemejen se considera pertinente excluirlas del análisis. El resto de clusters obtenidos muestran una estructura más clara en cuanto a la intensidad de matrículas en una u otra rama de enseñanza. Por tanto, se considera un total de 43 universidades públicas españolas para aplicar el análisis cluster.

Otra de las observaciones destacables en este primer análisis es que las universidades públicas españolas están dando cada vez un peso mayor a la rama de ciencias de la salud. Esto es fácilmente observable en tanto los dendogramas indican la aparición de un cluster adicional en los últimos cursos académicos en el que el centroide de la rama de ciencias de la salud adquiere mayor relevancia.

- Resultados año 2009

En la selección del número de conglomerados a partir del dendograma² que se desprende del análisis cluster, se busca cortar el gráfico en una etapa en la que el número de conglomerados resultante no sea elevado con el fin de evitar que el DEA pierda poder discriminatorio al aplicarlo sobre muestras de pequeño

² Se trata de una representación gráfica en forma de árbol que resume el proceso de agrupación resultante de un análisis cluster. En este estudio se obtienen con el programa estadístico SPSS versión 19.

tamaño. Así, observando el dendograma que deriva del análisis cluster en el curso 2009-2010 (ver anexo I), se pueden distinguir 2 grupos si se corta el gráfico en la etapa 10.

Una vez determinado el número de clusters según el dendograma, se calcula por el procedimiento no jerárquico de k medias los centros de los conglomerados finales³ y el número de casos en cada conglomerado a fin de tratar de analizar si el número de conglomerados y su composición es óptimo. Para ello se obliga al programa a calcular resultados para 2 grupos, que se muestran a continuación.

Tabla 3.2: Centroides de los conglomerados. Año 2009.

	Conglomerado	
	1	2
CC. Sociales	,50	,62
Ingeniería y Arquitectura	,28	,08
Artes y Humanidades	,07	,11
CC. Salud	,10	,11
Ciencias	,06	,08

³ Los centros de los conglomerados permiten valorar si difieren las medias de cada cluster en cada variable. De este modo el investigador puede determinar si el número de conglomerados resultantes es óptimo.

Tabla 3.3: Número de casos en cada conglomerado. Año 2009

Conglomerado	Nº de casos
1	31
2	12

Como se puede observar en la tabla 3.3. el grupo 1 cuenta con 31 observaciones, lo que representa al 72% del total de universidades incluidas en el análisis. Este conglomerado está formado por universidades en las que predominan las titulaciones de ciencias sociales, ya que como se observa en la tabla 2.2, el valor medio de esta rama de enseñanza en las universidades del cluster 1 es del 50%. El grupo 2, más reducido, lo forman 12 universidades, lo que representa al 28% del total. La diferencia fundamental con el conglomerado uno es que en este caso el porcentaje de alumnos matriculados en la rama de ingeniería es residual, repartiendo el peso entre el resto de ramas de enseñanza (artes, ciencias y ciencias de la salud). Destaca que en ambos grupos el peso de las ramas tanto de ciencias como de ciencias de la salud se sitúa en torno al 10%.

En concreto las universidades que conforman cada uno de los grupos se presentan a continuación:

Cuadro 3.1: Universidades por conglomerado. Año 2009.

Conglomerado	Universidades
1	A Coruña, Alcalá, Alicante, Burgos, Cádiz, Cantabria, Carlos III de Madrid, Castilla La Mancha, Córdoba, Extremadura, Girona, Granada, Huelva, Jaén, Jaume I de Castellón, La Laguna, La Rioja, Las Palmas de Gran Canaria, León, Lleida, Málaga, Miguel Hernández de Elche, Oviedo, País Vasco, Pública de Navarra, Rovira i Virgili, Salamanca, Sevilla Valladolid, Vigo y Zaragoza.

2	Almería, Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Complutense de Madrid, Illes Balears, Murcia, Pablo de Olavide, Pompeu Fabra, Rey Juan Carlos, Santiago de Compostela y Valencia.
---	--

- Resultados año 2010

Al igual que para el curso académico anterior, el primer paso consiste en aplicar un análisis cluster de tipo jerárquico aglomerativo. En el dendograma que de él se desprende se pueden distinguir tres grupos de universidades al detener las fusiones en la etapa 10 o bien dos grupos si se detienen en la etapa 16.

A fin de determinar la conveniencia de utilizar dos o tres conglomerados en los análisis posteriores se procede a analizar los centros de los conglomerados a través de un análisis no jerárquico de k medias. En primer lugar se analizan los resultados considerando tres conglomerados:

Tabla 3.4: Centroides de los conglomerados. Año 2010

	Conglomerado		
	1	2	3
CC. Sociales	,47	,49	,67
Ingeniería y Arquitectura	,34	,16	,16
Artes y Humanidades	,06	,11	,08
CC. Salud	,09	,16	,05
Ciencias	,04	,09	,05

Tabla 3.5: Número de casos en cada conglomerado. Año 2010

Conglomerado	Nº de casos
1	15
2	20
3	8

Como se puede observar en la tabla 3.5, en este año se pueden distinguir tres grupos de universidades. Dos de ellos aglutinan al 81.4% del total de universidades, mientras que el tercer grupo representa únicamente al 18%.

El primer grupo, al igual que en el curso académico anterior, se caracteriza por la concentración de titulaciones de las ramas de ciencias sociales e ingeniería, cuyo valor medio se sitúa en el 47% y 34% respectivamente. El segundo y tercer grupo muestran una estructura muy similar. Tal y como se puede apreciar en la tabla 3.4, ambos presentan su mayor proporción de matrículas en la rama de ciencias sociales y pequeñas diferencias en tres de las cuatro ramas restantes. La diferencia fundamental reside en el peso de la rama de ciencias de la salud en el grupo dos, que sitúa su valor medio en un 16%.

En vista de la elevada similitud de los centroides de los grupos dos y tres y, observando que el tercer grupo recoge únicamente a ocho universidades españolas, se estima conveniente reducir el número de conglomerados a dos. A continuación se muestran los resultados al calcular de nuevo los centroides.

Tabla 3.6: Centroides de los conglomerados finales. Año 2010

	Conglomerado	
	1	2
CC. Sociales	,46	,57
Ingeniería y Arquitectura	,32	,14
Artes y Humanidades	,06	,11
CC. Salud	,12	,11
Ciencias	,05	,08

Tabla 3.7: Número de casos en cada conglomerado final. Año 2010

Conglomerado	Nº de casos
1	20
2	23

De nuevo el primer conglomerado se caracteriza por incluir universidades en las que la proporción de matrículas más elevada se produce en las ramas de ciencias sociales e ingeniería con un valor medio del 46% y 32%, respectivamente. Este grupo incluye al 57.5% de las universidades. El grupo dos presenta de igual modo un peso elevado en la rama de ciencias sociales, sin embargo, el resto de

ramas tienen un peso más homogéneo. Este conglomerado representa al 46.5% de universidades.

Más concretamente las universidades que componen cada uno de los grupos se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.2: Universidades por conglomerado. Año 2010

Conglomerado	Universidades
1	A Coruña, Alcalá, Burgos, Cantabria, Carlos III de Madrid, Castilla La Mancha, Córdoba, Extremadura, Jaén, Las Palmas de Gran Canaria, León, Lleida, Miguel Hernández de Elche, Oviedo, País Vasco, Pública de Navarra, Rovira i Virgili, Sevilla Valladolid, Vigo y Zaragoza.
2	Alicante, Almería, Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Cádiz, Complutense de Madrid, Girona, Granada, Huelva, Illes Balears, Jaume I de Castellón, La Laguna, La Rioja Málaga, Murcia, Pablo de Olavide, Pompeu Fabra, Rey Juan Carlos, Salamanca, Santiago de Compostela y Valencia.

- **Resultados año 2011**

En este caso se pueden diferenciar dos grupos en el dendograma si se corta el gráfico en la etapa 12. El análisis aplica el método de k medias, imponiendo la formación de dos conglomerados.

Tabla 3.8: Centroides de los conglomerados. Año 2011

	Conglomerado	
	1	2
CC. Sociales	,48	,58
Ingeniería y Arquitectura	,28	,09
Artes y Humanidades	,07	,11
CC. Salud	,12	,13
Ciencias	,06	,08

Tabla 3.9: Número de casos en cada conglomerado. Año 2011

Conglomerado	Nº de casos
1	29
2	14

A partir del análisis de los centroides, se puede observar que los dos grupos obtenidos son muy similares a los descritos para el año 2009. El grupo uno, formado por 29 universidades, representa al 67.4% del total. Este grupo se caracteriza por agrupar a aquellas universidades en las que predominan las titulaciones de las ramas de ciencias sociales e ingeniería. Éstas tienen un valor medio de 48% y 28%, respectivamente. El grupo dos, menos numeroso, incluye al 32.6% restante. Se caracteriza por obtener, en promedio, más de la mitad de sus

matrículas en la rama de ciencias sociales. A diferencia del primer grupo, en este caso la rama de ingeniería apenas tiene representatividad, sin embargo la rama de artes y humanidades adquiere mayor relevancia.

Las universidades que componen cada uno se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.3: Universidades por conglomerado. Año 2011

Conglomerado	Universidades
1	A Coruña, Alcalá, Alicante, Burgos, Cádiz, Cantabria, Carlos III de Madrid, Castilla La Mancha, Córdoba, Extremadura, Girona, Jaén, Jaume I de Castellón, La Laguna, La Rioja, Las Palmas de Gran Canaria, León, Lleida, Málaga, Miguel Hernández de Elche, Oviedo, País Vasco, Pública de Navarra, Rovira i Virgili, Salamanca, Sevilla Valladolid, Vigo y Zaragoza.
2	Almería, Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Complutense de Madrid, Granada, Huelva, Illes Balears, Murcia, Pablo de Olavide, Pompeu Fabra, Rey Juan Carlos, Santiago de Compostela y Valencia.

- **Resultados año 2012**

El dendograma que presenta el análisis jerárquico en el año 2012 muestra dos grupos al detener las fusiones en la etapa 12. Una vez delimitado el número de cluster que se desean obtener se procede al análisis de los centroides por el método de k medias.

Tabla 3.10: Centroides de los conglomerados. Año 2012

	Conglomerado	
	1	2
CC. Sociales	,46	,53
Ingeniería y Arquitectura	,32	,14
Artes y Humanidades	,06	,11
CC. Salud	,11	,15
Ciencias	,04	,08

Tabla 3.11: Número de casos en cada conglomerado. Año 2012

Conglomerado	Nº de casos
1	18
2	25

Tal y como se puede observar en la tabla 3.10, el grupo uno tiene una carga elevada de alumnos matriculados en la rama de ciencias sociales e ingeniería y arquitectura, alcanzando un valor medio de 46% y 32% respectivamente. Este grupo es el menor de los dos y representa al 41.86% de las universidades. El grupo dos, compuesto por el 58.14% restante, se caracteriza por la elevada concentración de matrículas en la rama de ciencias sociales, suponiendo, en promedio, un peso del 53% en las universidades recogidas en este grupo. Le

siguen en importancia las ramas de ingeniería y arquitectura y ciencias de la salud con valores medios de 14% y 15% respectivamente. En este curso académico el grupo dos ha pasado a ser el de mayor tamaño.

Cuadro 3.4: Universidades por conglomerado. Año 2012

Conglomerado	Universidades
1	A Coruña, Alcalá, Burgos, Cantabria, Carlos III de Madrid, Castilla La Mancha, Jaén, Jaume I de Castellón, Las Palmas de Gran Canaria, León, Miguel Hernández de Elche, Oviedo, País Vasco, Pública de Navarra, Sevilla, Valladolid, Vigo y Zaragoza.
2	Alicante, Almería, Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Cádiz, Complutense de Madrid, Córdoba, Extremadura, Girona, Granada, Huelva, Illes Balears, La Laguna, La Rioja, Lleida, Málaga, Murcia, Pablo de Olavide, Pompeu Fabra, Rey Juan Carlos, Rovira i Virgili, Salamanca, Santiago de Compostela y Valencia.

- **Resultados año 2013**

Observando el dendograma que resulta para el año 2013 se pueden observar tres conglomerados si se detienen las fusiones en la etapa 15. Al igual que en los cursos anteriores se procede a calcular los centros de los conglomerados a fin de determinar si es óptimo utilizar tres grupos en los análisis posteriores.

Tabla 3.12: Centroides de los conglomerados. Año 2013

	Conglomerado		
	1	2	3
Cc. Sociales	,49	,45	,68
Ingeniería y Arquitectura	,28	,13	,11
Artes y Humanidades	,07	,11	,09
CC. Salud	,11	,22	,08
Ciencias	,05	,09	,05

Tabla 3.13: Número de casos en cada conglomerado. Año 2013

Conglomerado	Nº de casos
1	22
2	16
3	5

El primer grupo está definido por las ramas de ciencias sociales e ingeniería al igual que en el resto de años analizados. Se trata del conglomerado de mayor tamaño con un total de 22 universidades, lo que representa al 51,16%. El segundo y tercer grupo presentan una distribución de los pesos de las titulaciones similar, ya que en ambos casos se puede observar una elevada concentración de

titulaciones en la rama de ciencias sociales, con valores medios de 45% y 68%, respectivamente y una contribución más débil de las ramas de ingeniería, artes y humanidades y ciencias. Ambos grupos difieren sustancialmente en el peso de la rama de ciencias de la salud en el cluster 2, en el que alcanza un valor medio del 22%. Este grupo representa al 37,21% de las universidades mientras que el grupo tres tan solo incluye al 11,6%.

Al igual que en el año 2010, se considera conveniente reducir el número de conglomerados a dos. Para ello se vuelve a aplicar el análisis no jerárquico imponiendo la creación de dos grupos.

Tabla 3.14: Centroides de los conglomerados finales. Año 2013

	Conglomerado	
	1	2
CC. Sociales	,52	,45
Ingeniería y Arquitectura	,25	,13
Artes y Humanidades	,07	,11
CC. Salud	,10	,22
Ciencias	,05	,09

Tabla 3.15: Número de casos en cada conglomerado final. Año 2013

Conglomerado	Nº de casos
1	27
2	16

Como se puede observar en las tablas 3.14 y 3.15, los valores de los centroides no han variado significativamente. El grupo uno sigue estando marcado por las ramas de ciencias sociales e ingeniería en porcentajes muy similares a los obtenidos cuando se ha aplicado el cluster no jerárquico con tres grupos. Este grupo vuelve a ser el de mayor tamaño representando al 62.8% de las universidades.

Por otra parte, los centroides del grupo dos han permanecido invariables de modo que, al igual que en caso anterior, las ramas de mayor peso son la rama de ciencias sociales (45%) y ciencias de la salud (22%). Las universidades que componen este grupo representan al 37.2% de la muestra. En concreto las universidades de cada conglomerado se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 3.5: Universidades por conglomerado. Año 2013

Conglomerado	Universidades
1	A Coruña, Alicante, Almería, Burgos, Cádiz, Cantabria, Carlos III, Castilla La Mancha, Extremadura, Huelva, Baleares, Jaén, Jaume I de Castellón, La Rioja, Las Palmas de Gran Canaria, León, Málaga, Oviedo, Pablo de Olavide, País Vasco, Pompeu Fabra, Navarra, Rey Juan Carlos, Sevilla, Valladolid, Vigo y Zaragoza.
2	Alcalá, A. Barcelona, A. Madrid, Barcelona, Complutense, Córdoba, Girona, Granada, La Laguna, Lleida, Miguel Hernández, Murcia, Rovira i Virgili, Salamanca, Santiago de Compostela y Valencia.

A partir del análisis de los resultados obtenidos se pueden observar conglomerados de universidades bien definidos. A fin de facilitar la descripción de cada uno de ellos, a continuación se muestra una tabla que clasifica a las universidades en dos conglomerados en cada año. Los conglomerados se caracterizan por lo siguiente:

- Conglomerado 1 (■): Universidades en las que las ramas de *ciencias sociales e ingeniería y arquitectura* tienen el mayor peso de alumnos matriculados. En los capítulos sucesivos se hará referencia a este conglomerado como universidades técnico-sociales.

- Conglomerado 2 (■): Universidades que se caracterizan por tener un peso elevado de matrículas en la rama de *ciencias sociales*. En los capítulos sucesivos se hará referencia a este conglomerado como universidades sociales.

Cuadro 3.6: Universidades por conglomerado periodo 2009-2013

	2009	2010	2011	2012	2013
A Coruña	1	1	1	1	1
Alcalá	1	1	1	1	2
Alicante	1	2	1	2	1
Almería	2	2	2	2	1
Autónoma de Barcelona	2	2	2	2	2
Autónoma de Madrid	2	2	2	2	2
Barcelona	2	2	2	2	2
Burgos	1	1	1	1	1
Cádiz	1	2	1	2	1
Cantabria	1	1	1	1	1
Carlos III de Madrid	1	1	1	1	1
Castilla-La Mancha	1	1	1	1	1

Complutense de Madrid	2	2	2	2	2
Córdoba	1	1	1	2	2
Extremadura	1	1	1	2	1
Girona	1	2	1	2	2
Granada	1	2	2	2	2
Huelva	1	2	2	2	1
Illes Balears	2	2	2	2	1
Jaén	1	1	1	1	1
Jaume I de Castellón	1	2	1	1	1
La Laguna	1	2	1	2	2
La Rioja	1	2	1	2	1
Las Palmas de Gran Canaria	1	1	1	1	1
León	1	1	1	1	1
Lleida	1	1	1	2	2
Málaga	1	2	1	2	1
Miguel Hernández de Elche	1	1	1	1	2
Murcia	2	2	2	2	2
Oviedo	1	1	1	1	1
Pablo de Olavide	2	2	2	2	1
País Vasco	1	1	1	1	1
Pompeu Fabra	2	2	2	2	1
Pública de Navarra	1	1	1	1	1
Rey Juan Carlos	2	2	2	2	1
Rovira i Virgili	1	1	1	2	2
Salamanca	1	1	1	2	2

Santiago de Compostela	2	2	2	2	2
Sevilla	1	1	1	1	1
Valencia	2	2	2	2	2
Valladolid	1	1	1	1	1
Vigo	1	1	1	1	1
Zaragoza	1	1	1	1	1

Como se puede observar a lo largo del periodo considerado, las universidades se han clasificado en dos conglomerados, uno definido principalmente por el elevado peso de las ramas de ciencias sociales e ingeniería y arquitectura y otro en el que destaca la rama de ciencias sociales. Es destacable que el peso de la rama de ciencias de la salud ha seguido una evolución positiva. El valor del centroide ha pasado de 11 puntos en 2009 a 22 en 2013 lo cual indica que las universidades públicas han tendido a incrementar la oferta de titulaciones de ciencias de la salud.

A lo largo de todo el periodo considerado se pueden distinguir dos grupos de universidades que permanecen en el mismo conglomerado. En este sentido las universidades de A Coruña, Burgos, Cantabria, Carlos III, Castilla La Mancha, Jaén, Las Palmas de Gran Canaria, León, Oviedo, País Vasco, Pública de Navarra, Sevilla, Valladolid, Vigo y Zaragoza quedan recogidos en todos los casos en el conglomerado uno. Las universidades Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Complutense de Madrid, Murcia, Santiago de Compostela y Valencia están incluidas al conglomerado dos.

Se pueden obtener dos conclusiones principales a partir de este análisis. En primer lugar se puede afirmar que en la totalidad de universidades españolas, a excepción de las universidades politécnicas, la rama de ciencias sociales tiene un peso significativo respecto al total de matriculaciones de alumnos. La variable que discrimina entre el grupo uno y dos es la relativa a las matrículas en la rama de ingeniería. En una segunda conclusión, se ha de destacar el hecho de que la rama de ciencias de la salud haya ganado peso en un porcentaje elevado de

universidades, lo que puede comprobarse al observar la evolución del centroide de la rama de ciencias de la salud. Este resultado es acorde a lo obtenido en el primer análisis cluster.

En relación a lo expuesto al inicio de este apartado, los precios por crédito así como la financiación pública recibida por crédito varía en función de la experimentalidad de la titulación, lo cual va unido a la rama de enseñanza a la que pertenezca. Por tanto, la cuantía de subvención recibida así como el tipo de gasto de las universidades seguirá un patrón similar si pertenecen al mismo cluster, lo que permitirá comparar universidades con una estructura similar en relación a la financiación. Puesto que las universidades que componen dichos clusters varían de un año a otro, se considera adecuado aplicar la metodología DEA a cada uno de los conglomerados obtenidos en cada año.

Además, es preciso aclarar que las universidades politécnicas, excluidas del análisis cluster al inicio, se incluyen en el conglomerado 1 para la aplicación del DEA. Esto se debe a que este conglomerado destaca por estar compuesto por universidades con una elevada proporción de alumnos en titulaciones técnicas, es decir, es el conglomerado con una estructura más afín a las universidades politécnicas.

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA
EN UNIVERSIDADES**

4. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN UNIVERSIDADES

4.1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo, que expone los resultados de eficiencia para el sector de la educación superior pública en España, se estructura en cuatro partes. En la primera, se realiza una revisión de literatura sobre la medición de eficiencia en instituciones universitarias. En la segunda parte, se exponen los principales estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en este trabajo para analizar la eficiencia del SUPE. En la tercera parte de este capítulo, se presentan los resultados relativos a las medidas de eficiencia técnica al aplicar el DEA sobre una muestra de 47 universidades públicas españolas en el período 2009-2013. Para ello, se diferencia entre resultados obtenidos empleando muestras homogéneas, correspondientes a los clusters, y la totalidad de la muestra. Asimismo, en este apartado se muestran los resultados obtenidos para el SUPE en su conjunto.

La metodología DEA permite obtener información adicional a los índices de eficiencia. Gracias a lo cual, en este tercer apartado, se analizan las mejoras potenciales del sector, se identifican las DMUs de referencia y se establece un ranking de eficiencia de las universidades públicas españolas para cada año. Además, se lleva a cabo un análisis de sensibilidad que permite discernir sobre la orientación del SUPE en lo relativo a las funciones de docencia, investigación y transferencia tecnológica.

Por último, el cuarto apartado, incluye un análisis del cambio de productividad del SUPE tanto por universidades como por Comunidades Autónomas.

4.2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La evaluación de la eficiencia técnica de las instituciones de educación superior públicas ha adquirido especial relevancia en los últimos años, siendo objeto de análisis en numerosas investigaciones tanto a nivel nacional como internacional. La mayoría de estudios relativos a la medición de eficiencia a nivel internacional se han desarrollado en los países más avanzados, destacando los realizados en Estados Unidos, Reino Unido y Australia. En EEUU, son relevantes los trabajos enumerados a continuación. Ahnet al. (1988) aplican por primera vez la metodología DEA a una muestra de universidades para medir su eficiencia. El estudio lo realizan para 161 instituciones en el curso 1984-1985 obteniendo una eficiencia media del sector del 82%. Breu y Raab (1994) miden la eficiencia de las 25 instituciones "top" estadounidenses. En su estudio muestran un nivel promedio de eficiencia del 93,5% en el curso 1992-1993. Sav (2012) mide la eficiencia de 133 instituciones de educación superior en el periodo 2005-2009 y obtiene un nivel promedio de eficiencia del 81%. Por otra parte, Mcmillan y Datta (1998), quienes evalúan la eficiencia de 45 universidades en el curso 1992-1993, obtienen una eficiencia media del 80%. En Reino Unido, los trabajos de Athanassopoulos y Shale (1997), Flegg et al. (2004) y Johnes (2006 y 2008) evalúan la eficiencia de las instituciones universitarias británicas, encontrando que el sector de la educación superior obtiene altos niveles de eficiencia que oscilan entre un 85% y un 96% en promedio. En Australia, destacan los trabajos de Avkiran (2001) y Abbot y Doucouliagos (2003), quienes evalúan la eficiencia del sistema universitario para el año 1995. Concluyen que la eficiencia del sector para ese año es de aproximadamente el 91%. Estudios posteriores como el de Lee (2011), que mide la eficiencia en el período 2006-2009, obtienen un resultado significativamente inferior, en torno al 75%.

A nivel europeo, también se pueden encontrar algunos trabajos en este campo. Así, en Alemania, Warning (2004) estima la eficiencia técnica de 73 instituciones en 1998 respecto a su función docente e investigadora, situando el nivel promedio de eficiencia en el 72%. Kempkes y Pohl (2010) estiman el nivel de eficiencia de 72 universidades alemanas en el período 1998-2003, mostrando un nivel de eficiencia promedio del 82%. En Portugal, Cunha y Rocha (2012) analizan

la eficiencia de las instituciones de educación superior portuguesas en 2008 distinguiendo tres grupos de universidades. En promedio, la eficiencia se sitúa entre un 77,9% y un 83,2%. Por otra parte, en Grecia destaca el trabajo de Kyratzi et al. (2015) en el que se analiza la eficiencia de las universidades griegas en el periodo 2005-2009, obteniendo una eficiencia promedio en el sector del 89,9%.

Por otra parte, entre los estudios *cross-country* destacan Agasisti y Pohl (2012), que evalúan la eficiencia de las universidades italianas y alemanas en el periodo 2001-2007 obteniendo una puntuación de eficiencia promedio de 66,8% y 76,8%, respectivamente; y Agasisti y Pérez (2010), que comparan las puntuaciones de eficiencia de 60 instituciones italianas y 47 españolas en el curso 2004-2005, observando en ambos casos un nivel promedio de eficiencia en torno al 80%.

Los estudios realizados en España sobre la medida de eficiencia de las instituciones de educación superior son escasos, centrándose la mayoría de ellos en el estudio de eficiencia a nivel departamental. Entre los trabajos que toman la universidad como unidad de análisis se encuentran el de Duch (2006) y Parellada y Duch (2006), que analizan las 47 universidades públicas españolas, concluyendo que la especialización docente de las universidades podría influir en su eficiencia técnica. Además obtienen unos índices de eficiencia promedio del 88% y 92%, respectivamente. Hernáñez et al. (2007) comparan la eficiencia de las universidades de Castilla y León con el resto de universidades españolas. Duch-Brown y Vilalta (2010), estudian la eficiencia de 46 universidades públicas españolas en el curso académico 2004-2005, obteniendo una eficiencia promedio del 89,2%. Vázquez (2011) analiza la eficiencia técnica de las universidades españolas bajo diferentes combinaciones de input y output y grupos de universidades, y obtiene que el nivel de eficiencia promedio en el período 2002-2008 es del 86%. Fernández-Santos et al. (2013) evalúan la eficiencia de 39 universidades públicas españolas en 2002-2008, obteniendo una eficiencia promedio en el periodo de 91,8%.

En relación al cambio de productividad de las instituciones de educación superior, son escasas las referencias que pueden encontrarse en la literatura, utilizando la mayoría de ellas el índice de Malmquist. A nivel internacional, los trabajos más recientes son los de Flegg et al. (2004), quienes muestran una mejora

productiva de las universidades británicas del 51,5% en promedio en el período 1980-1992 debido principalmente a un desplazamiento de la frontera; Johnes (2008), que analiza el cambio de productividad de 112 instituciones inglesas en el período 1996-1997 y observa un incremento del 1% debido a una mejora en la tecnología del 6% y a un decrecimiento de la eficiencia técnica del 5%. Por otra parte, Sav (2012) en EEUU, muestra un receso en la productividad del 1,3% en el período 2005-2009, causado principalmente por un empeoramiento de la eficiencia técnica. En España, el estudio de García et al. (2010) muestra un cambio de productividad del 0,2%, provocado por un cambio positivo en la eficiencia técnica en el período 1995-2006. Agasisti y Esparrells (2010) encuentran que en el período 2004-2005 el SUE experimenta un incremento en la productividad del 6%, debido en su mayor parte a una mejora de la eficiencia técnica del 23% de media. Por su parte, Vázquez (2011) obtiene una disminución de la productividad del 8%, presentando recesos tanto en los niveles de eficiencia como en el efecto frontera.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA. DATOS Y VARIABLES

Antes de presentar los resultados, se exponen los principales estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el trabajo. La financiación como variable input y estudiantes, patentes y publicaciones en primer cuartil como outputs¹.

Así, las siguientes tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 muestran las principales características descriptivas de las distribuciones de las variables seleccionadas para el análisis de la eficiencia del sector de la educación superior pública española, en promedio, para el período 2009-2013 y a nivel de cada año.

¹ Los datos relativos a las variables se han obtenido del observatorio IUNE y del Ministerio de Educación.

Tabla 4.1: Estadísticos descriptivos de publicaciones en primer cuartil.

	2009	2010	2011	2012	2013
Máximo	1978	1974	2293	2566	2711
Mínimo	60	74	72	97	93
Desviación Típica	397,95	434,95	488,97	565,08	578,55
Media	437,21	489,81	548,68	621,66	645,91

La variable publicaciones en primer cuartil presenta un incremento progresivo tanto del nivel máximo como mínimo, pasando de 1978 publicaciones a 2711 y de 60 a 93, respectivamente; lo que manifiesta el esfuerzo realizado por las universidades españolas en los últimos años por incrementar el número de publicaciones de calidad. En consonancia, el promedio de publicaciones en primer cuartil sigue una tendencia positiva a lo largo del período, pasando de un valor en 2009 de 437,21 a 645,91 en 2013, lo que supone un incremento del promedio del 47,7%. La desviación típica alcanza valores cercanos al del promedio, por lo que el cálculo del coeficiente de variación revela valores elevados comprendidos entre 0,89 y 0,91. Esto implica una elevada heterogeneidad en las universidades públicas españolas en lo que a número de publicaciones en primer cuartil se refiere.

Tabla 4.2: Estadísticos descriptivos de patentes.

	2009	2010	2011	2012	2013
Máximo	22	43	46	49	52
Mínimo	0	1	0	0	0
Desviación Típica	6,25	8,90	9,88	9,28	11,05
Media	6,89	9,15	10,51	10,15	11,83

La variable patentes muestra una evolución positiva del valor máximo a lo largo del periodo, pasando de 22 patentes en 2009 a 52 en 2013. Sin embargo, el valor mínimo se mantiene en cero de 2009 a 2013, manteniéndose en cero. Al igual que ocurre con la variable anterior, el promedio y la desviación típica presentan valores muy similares, de modo que el coeficiente de variación toma valores

comprendidos entre 0,91 y 0,97, manifestando la heterogeneidad de los valores de esta variable en el sistema universitario público español.

Tabla 4.3: Estadísticos descriptivos de estudiantes.

	2009	2010	2011	2012	2013
Máximo	72.258	72.457	71.720	71.328	67.664
Mínimo	1.987	4.137	5.144	4.849	4.488
Desviación Típica	14.802,02	14.826,49	14.647,49	14.536,20	14.056,10
Media	23.212,51	23.481,40	23.856,43	23.530,26	23.081,11

La variable estudiantes experimenta un incremento notable del valor mínimo de 2009 a 2013, pasando de 1987 estudiantes en 2009 a 4488 en 2013. Sin embargo, el valor máximo presenta una evolución negativa a lo largo del periodo, disminuyendo en un 6,4% el volumen de estudiantes máximo alcanzado por el SUPE. En relación al coeficiente de variación, en este caso los valores son significativamente menores que en las dos variables output anteriores, tomando valores comprendidos entre 0,61 y 0,64, mostrando así una mayor homogeneidad.

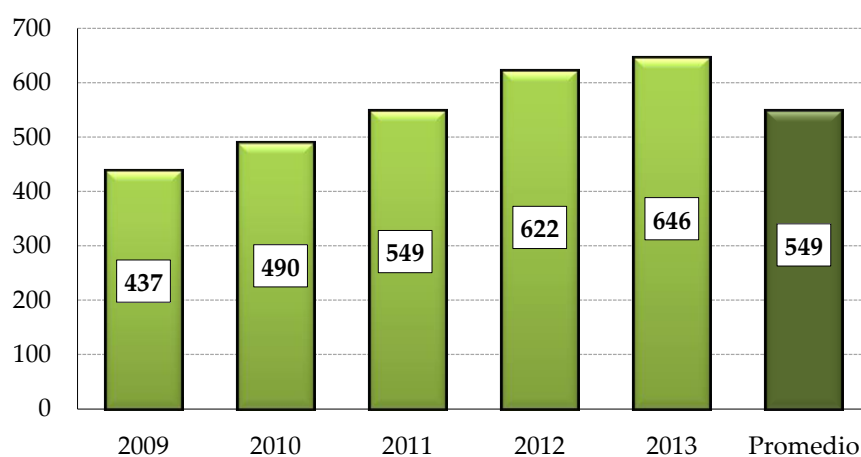
En lo que se refiere al input, el valor máximo y mínimo de la financiación recibida por las universidades públicas españolas describe una evolución negativa a lo largo del periodo 2009-2013. Así, el valor máximo disminuye de 508,11 millones de euros en 2009 a 480,63 millones de euros en 2013, lo que supone un 5,4% menos. El valor mínimo sin embargo presenta una evolución negativa más suave, disminuyendo un 3,4% de 2009 a 2013. Por otra parte, el coeficiente de variación alcanza valores comprendidos entre 0,62 y 0,65, lo que resalta la heterogeneidad de los valores de esta variable.

Tabla 4.4: Estadísticos descriptivos de financiación.

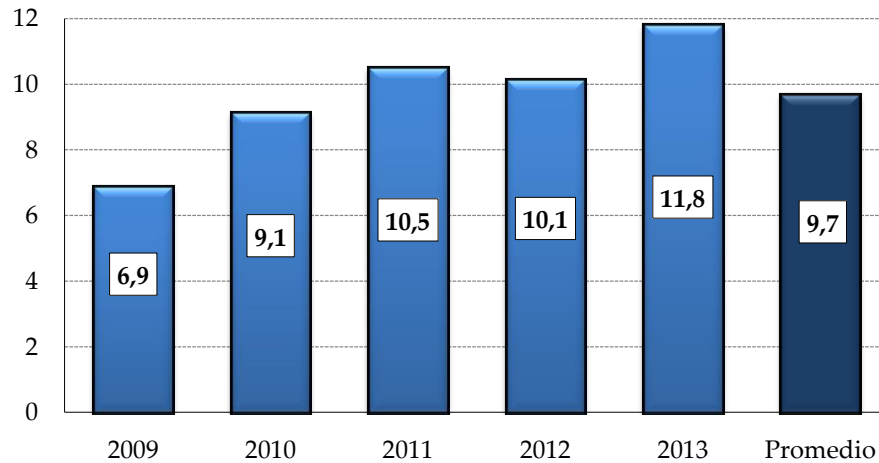
	2009	2010	2011	2012	2013
Promedio	179.717.496	176.861.413	166.317.574	159.421.169	157.212.832
Desviación Típica	115.824.871	114.208.948	103.298.864	101.175.239	98.035.687
Mínimo	39.729.515	41.332.327	40.820.266	38.025.411	38.363.938
Máximo	508.113.700	505.351.886	473.339.275	479.405.511	480.626.415

A fin de tener una descripción gráfica sintética de la evolución en el período 2009-2013, a continuación se representan los promedios de cada una de las variables input y output. Así, en el gráfico 4.1 se representa la evolución promedio de la variable publicaciones en primer cuartil. Se observa que esta variable ha incrementado su valor en el periodo en un 47,8%, pasando de 437 en 2009 a 646 publicaciones en 2013. La tasa de variación anual se mantiene positiva a lo largo de todo el período, siendo la tasa media de variación anual del 10%. En 2011-2012 se observa la mayor variación con un 13%. En 2012-2013 dicha tasa de variación anual disminuye hasta el 4%.

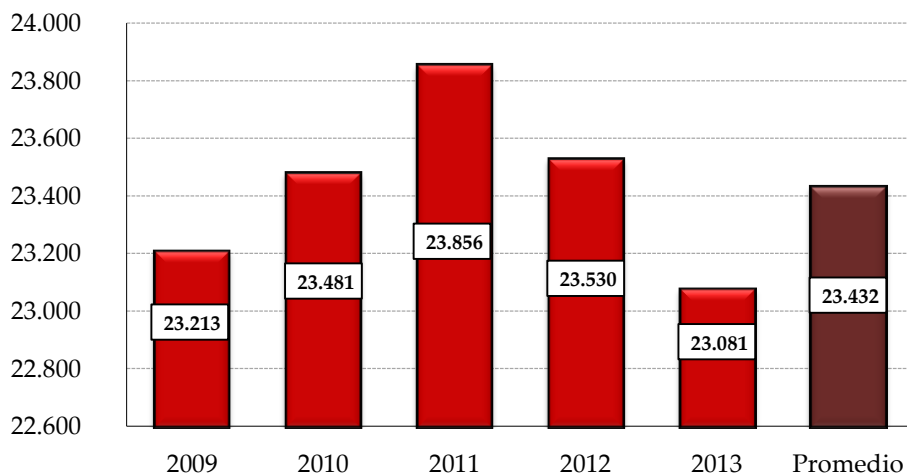
Gráfico 4.1: Promedio anual de publicaciones en primer cuartil



En el siguiente gráfico 4.2, se representa la evolución de los promedios anuales relativos a la variable patentes. El incremento promedio del volumen de patentes se cifra en un 72%, pasando de 6,9 patentes en 2009 a 11,8 en 2013. La tasa de variación anual es positiva a lo largo de todo el período, con una media de 15,2%, excepto en el transcurso del año 2011 a 2012 en el que disminuye un 3,4%. El año que presenta una mayor tasa de variación es el 2012-2013 con un 16,5%.

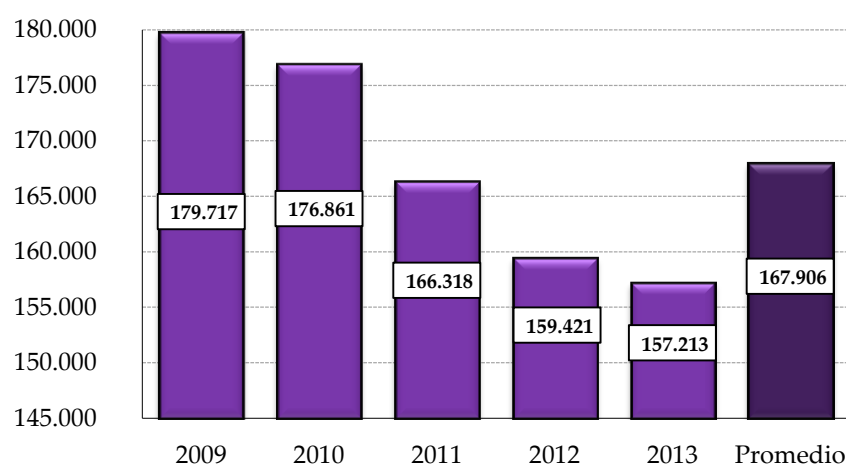
Gráfico 4.2: Promedio anual de patentes

La variable estudiantes, representada en el gráfico 4.3, presenta una evolución positiva desde 2009 a 2011, sin embargo en los dos últimos años del período la tasa de variación anual es negativa con unos porcentajes de 1,37% en 2012 y 1,91% en 2013. Así, el volumen de alumnos en 2013 es inferior al de 2009 en un 0,6%.

Gráfico 4.3: Promedio anual de estudiantes

Por último, en el gráfico 4.4, se representa la variable financiación. Esta variable está compuesta por los ingresos percibidos por las universidades tanto por las transferencias corrientes recibidas de la Administración Pública (en su mayoría la Comunidad Autónoma) como los percibidos por tasas y precios públicos relativos a la prestación de servicios, principalmente el de enseñanza. Como se aprecia en el gráfico, la tasa de variación anual a lo largo del período ha sido negativa, destacando la del transcurso del año 2010 a 2011 con una variación negativa del 6%. En promedio, la financiación ha disminuido un 12,5% entre 2009 y 2013.

Gráfico 4.4: Promedio anual de la financiación



No obstante, se pueden encontrar universidades que han experimentado decrementos en la financiación muy superiores al promedio. Es el caso de la Universidad de Castilla La Mancha, con una disminución en el período del 38%, Granada del 31%, Málaga y Sevilla del 31%, Huelva un 25%, la Politécnica de Valencia un 23%, Santiago de Compostela un 20% y las Politécnicas de Cataluña y Madrid un 19%.

4.4. RESULTADOS DE EFICIENCIA DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS ESPAÑOLAS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología DEA tanto en las universidades pertenecientes a los cluster hallados en el capítulo III como a la totalidad de la muestra de universidades públicas. Para ello se presentan los índices de eficiencia obtenidos al aplicar el modelo CCR y BCC sobre las universidades que conforman el cluster que está siendo analizado para cada año, así como el efecto escala, resultante de la razón entre los modelos CCR y BCC.

4.4.1. Resultados de eficiencia 2009

- UNIVERSIDADES TÉCNICO-SOCIALES

Los índices de eficiencia obtenidos mediante los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades técnico-sociales se presentan en la tabla 4.5.

Tabla 4.5: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales. Año 2009.

Universidad	CCR	BCC	Efecto escala
A Coruña	98,49	100	98,49
Alcalá	79,95	84,68	94,41
Alicante	82,62	89,06	92,77
Burgos	100	100	100
Cádiz	82,48	86,24	95,64
Cantabria	100	100	100
Carlos III de Madrid	77,01	77,06	99,93
Castilla-La Mancha	71,16	75,38	94,40
Córdoba	89,41	90,06	99,27
Extremadura	100	100	100
Girona	86,80	89,57	96,90
Granada	91,43	100	91,43
Huelva	85,78	86,47	99,20
Jaén	89,95	90,28	99,64

Jaume I de Castellón	73,25	73,25	99,99
La Laguna	100	100	100
La Rioja	84,13	100	84,13
Las Palmas de Gran Canaria	82,19	84,84	96,88
León	82,22	82,52	99,63
Lleida	74,40	80,70	92,20
Málaga	82,60	100	82,60
Miguel Hernández de Elche	86,25	90,83	94,95
Oviedo	88,53	91,38	96,89
País Vasco	58,81	89,74	65,53
Politécnica de Cartagena	84,71	100	84,71
Politécnica de Catalunya	74,23	100	74,23
Politécnica de Madrid	63,76	99,60	64,01
Politécnica de Valencia	61,80	85,17	72,57
Pública de Navarra	62,79	65,05	96,53
Rovira i Virgili	99,18	100	99,18
Salamanca	82,23	85,16	96,56
Sevilla	92,25	100,00	92,25
Valladolid	80,82	83,52	96,76
Vigo	93,63	95,11	98,44
Zaragoza	100	100	100
Promedio	84,08	90,73	92,86
Desviación Típica	11,61	9,39	9,89

La eficiencia promedio bajo el supuesto de rendimientos constantes (CCR) se sitúa en 84,08 puntos, mientras que bajo el supuesto de rendimientos variables (BCC) el promedio es sensiblemente más elevado, alcanzando los 90,73 puntos. Esto supone una diferencia de la eficiencia promedio entre ambos supuestos del 7,3%.

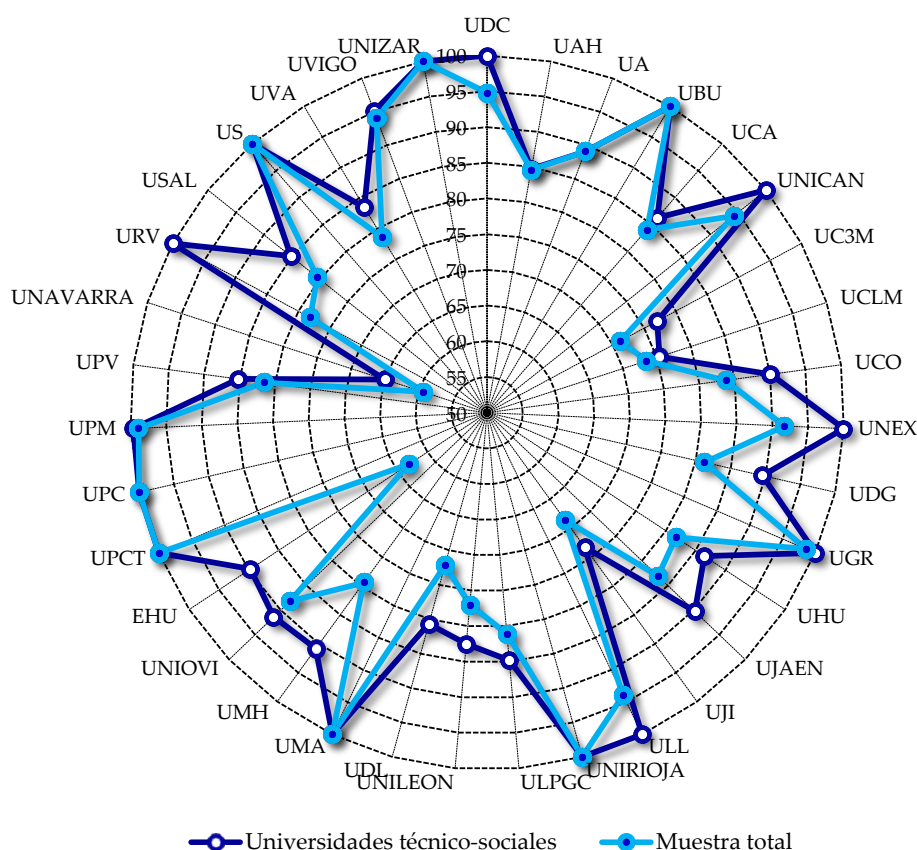
Cuando se aplica el modelo CCR se obtiene un total de cinco universidades eficientes, mientras que cuando el modelo aplicado es el BCC, éste asciende a trece. En términos porcentuales, supone pasar de un 14,28% a un 37,14% de universidades eficientes en 2009. De forma análoga, el porcentaje de universidades cuyas puntuaciones de eficiencia superan los 90 puntos aumenta de 29% a 54% cuando éstas son evaluadas considerando rendimientos variables de escala.

Las diferencias observadas bajo los distintos supuestos de rendimiento se deben a la consideración de la escala de producción de la unidad evaluada. Por ello, se presenta la eficiencia de escala a fin de analizar la parte de ineficiencia presente en los índices calculados bajo rendimientos constantes como consecuencia de la escala de producción en cada una de las unidades. En promedio, la ineficiencia debida a la escala es del orden del 7,14%, siendo las universidades más afectadas la del País Vasco, Málaga y las cuatro universidades politécnicas. Por el contrario, aquellas que obtienen el mismo índice de eficiencia en ambos supuestos son las universidades de Burgos, Cantabria, Extremadura, La Laguna y Zaragoza.

A continuación, se comparan los índices de eficiencia resultantes bajo rendimientos variables cuando las universidades son evaluadas bajo una muestra homogénea y cuando son evaluadas respecto a la totalidad de la muestra. El gráfico 4.5 pretende mostrar los resultados de eficiencia, así como las diferencias existentes en ambos escenarios².

² Para una información más detallada véase el anexo II

Gráfico 4.5: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2009.



La eficiencia promedio, bajo rendimientos variables, al evaluar las universidades técnico-sociales respecto a la totalidad de la muestra se sitúa en 85,88 puntos, lo que supone una pérdida de eficiencia del 5,3% respecto a la eficiencia promedio obtenida para las universidades técnico-sociales.

En el gráfico 4.5 se observan universidades que resultan eficientes solamente cuando son evaluadas con universidades de características similares, es decir, cuando el análisis se aplica sobre una muestra homogénea. En esta situación se encuentran las universidades de A Coruña, Cantabria, Extremadura, La Laguna y Rovira i Virgili. Esto supone que el número de universidades

eficientes crece un 14,28% cuando la muestra es homogénea. No obstante, se pueden observar seis universidades que resultan eficientes tanto en el análisis para la totalidad de las universidades como en el que se aplica a una muestra homogeneizada. Es el caso de las universidades de La Rioja, Málaga, Sevilla, Zaragoza y las Politécnicas de Cartagena y Cataluña. Esto resulta razonable si se tiene en cuenta que el input del modelo que se está analizando es la financiación recibida por las universidades y que la variable empleada para homogeneizar la muestra ha permitido crear clusters con estructuras similares de ingresos y gastos. En línea con este resultado se encuentra el trabajo de Vázquez (2011), que obtiene mejores resultados de eficiencia cuando aplica el DEA a grupos de universidades afines.

- UNIVERSIDADES SOCIALES

A continuación, la tabla 4.6 presenta las medidas de eficiencia al aplicar el DEA-CCR y DEA-BCC a las universidades sociales, así como el efecto escala.

Tabla 4.6: Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2009.

Universidad	CCR	BCC	Efecto Escala
Almería	100	100	100
Autónoma de Barcelona	100	100	100
Autónoma de Madrid	100	100	100
Barcelona	100	100	100
Complutense de Madrid	86,36	100	86,36
las Illes Balears	100	100	100
Murcia	96,47	100	96,47
Pablo de Olavide	39,14	100	39,14
Pompeu Fabra	82,43	100	82,43
Rey Juan Carlos	100	100	100
Santiago de Compostela	95,67	100	95,67
Valencia	80,26	88,27	90,92
Promedio	90,03	99,02	90,92
Desviación Típica	17,64	3,38	17,37

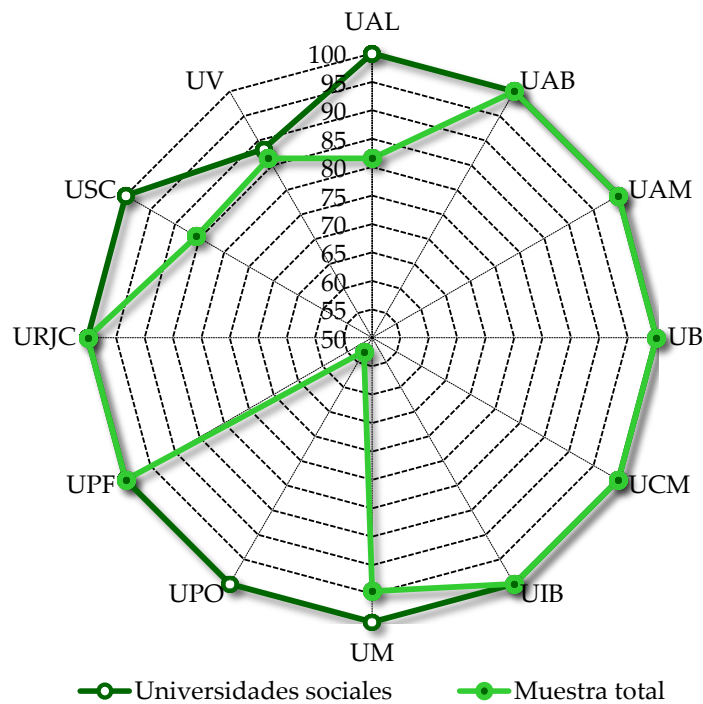
La eficiencia promedio aplicando el modelo BCC es notablemente superior a la obtenida al aplicar el modelo CCR, obteniendo una diferencia del 9%. En rendimientos variables se alcanza un índice de eficiencia promedio de 99,02, muy superior al obtenido en las universidades técnico-sociales en este mismo año.

El número de universidades clasificadas como eficientes aumenta de seis a once cuando se tiene en cuenta la escala de producción. Esto supone pasar de un 50% de universidades eficientes a un 91,6%.

La ineficiencia debida al efecto es escala es del 9,08% en promedio. Las universidades más afectadas en este sentido son Pompeu Fabra, Complutense de Madrid y Pablo de Olavide.

A continuación, se comparan los resultados obtenidos en el conjunto de universidades sociales respecto a los resultados cuando el análisis se aplica a la totalidad de la muestra (gráfico 4.6.).

Gráfico 4.6: Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2009



La eficiencia promedio de las universidades sociales cuando éstas se evalúan respecto a la totalidad de la muestra es de 91,74 puntos, lo que supone una pérdida de eficiencia del 8% respecto a la eficiencia promedio obtenida para las universidades sociales.

El 41,6% de las universidades sociales resultan eficientes únicamente cuando se evalúan con universidades de características similares, es decir, cuando se aplica el análisis a la muestra homogeneizada. Este es el caso de las universidades de Almería, Murcia, Pablo de Olavide y Santiago de Compostela. Por el contrario, un 58,3% de las universidades son evaluadas como eficientes tanto en el análisis aplicado a la totalidad de la muestra de universidades como en el aplicado a las universidades sociales. En esta situación se encuentran las universidades Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Complutense de Madrid, Islas Baleares, Pompeu Fabra y Rey Juan Carlos.

4.4.2. Resultados de eficiencia 2010.

- UNIVERSIDADES TÉCNICO-SOCIALES

Las medidas de eficiencia obtenidas mediante los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades técnico-sociales para el año 2010 se presentan en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Resultados de eficiencia universidades técnico-sociales. Año 2010.

Universidad	CCR	BCC	Efecto Escala
A Coruña	100	100	100
Alcalá	82,44	82,54	99,88
Burgos	90,47	100	90,47
Cantabria	100	100	100
Carlos III de Madrid	62,38	64,70	96,41
Castilla-La Mancha	63,67	73,27	86,89
Córdoba	88,51	89,02	99,43
Extremadura	91	95,58	95,21
Jaén	83,54	84,08	99,36
Las Palmas de Gran Canaria	56,59	60,37	93,74
León	78,40	81,39	96,32
Lleida	66,92	75,79	88,29
Miguel Hernández de Elche	81,25	84,70	95,93
Oviedo	98,73	100	98,73
País Vasco	61,83	100	61,83
Pública de Navarra	58,75	61,45	95,59
Rovira i Virgili	89,01	90,89	97,93
Sevilla	83,89	100,00	83,89
Valladolid	72,52	80,25	90,37
Vigo	100	100	100
Zaragoza	91,22	100	91,22
Politécnica de Cartagena	74,25	100	74,25
Politécnica de Catalunya	100	100	100
Politécnica de Madrid	99,18	100	99,18
Politécnica de València	72,06	88,34	81,57
Promedio	81,86	88,50	92,66
Desviación típica	14,44	13,20	9,29

La eficiencia promedio bajo el supuesto de rendimientos constantes se sitúa en 81,86 puntos, mientras que en el caso de considerar rendimientos variables el promedio asciende hasta los 88,5 puntos, lo que supone una diferencia del 7,5%.

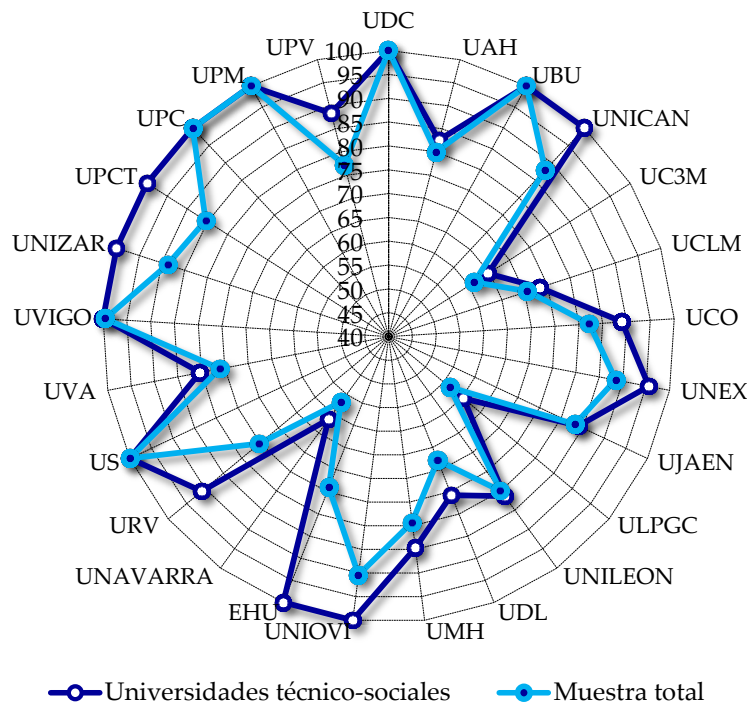
Cuando se aplica el modelo CCR se obtienen cuatro universidades eficientes mientras que, cuando se aplica el modelo BCC, esta cifra asciende a 11. En

términos porcentuales, supone pasar de un 16% a un 44% de universidades clasificadas como eficientes. De forma similar, el porcentaje de universidades cuyas puntuaciones son superiores a 90 puntos asciende a un 52% en el modelo BCC frente al 36% que se obtendría con el modelo CCR.

La ineficiencia debida a la escala en 2010 para las universidades técnico-sociales es, en promedio, del 7,34%. Las universidades más afectadas por el efecto escala son Castilla La Mancha, Lleida, País Vasco, Sevilla y las politécnicas de Valencia y Cartagena. En el caso contrario, las universidades de A Coruña, Cantabria, Vigo y Politécnica de Cataluña, resultan eficientes tanto en el modelo BCC como CCR.

En el gráfico 4.7, se analizan las diferencias que surgen al llevar a cabo el análisis de eficiencia en la muestra homogeneizada de universidades técnico-sociales o en la totalidad de la muestra.

Gráfico 4.7: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2010.



La eficiencia promedio bajo rendimientos variables cuando se considera el total de universidades es de 82,4 puntos, 6 puntos por debajo del promedio obtenido por las universidades técnico-sociales, lo que en términos porcentuales supone un 7,3% menos.

En el gráfico 4.7, se observan universidades que son eficientes únicamente en el contexto de una muestra homogénea. Este sería el caso de las universidades de Cantabria, Oviedo, País Vasco, Vigo, Zaragoza y Politécnica de Cartagena. En el conjunto de universidades técnico-sociales el porcentaje de unidades eficientes se cifra en un 44%, mientras que cuando estas universidades se evalúan respecto a la totalidad de la muestra, dicho porcentaje cae al 20%.

No obstante, al igual que en los casos anteriores, también se observan universidades que son eficientes en ambos escenarios. En esta situación se encuentran las universidades de A Coruña, Burgos, Sevilla, Politécnica de Cataluña y Politécnica de Madrid.

- UNIVERSIDADES SOCIALES

Los índices de eficiencia obtenidos de los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades evaluadas sociales se presentan en la tabla 4.8.

Tabla 4.8: Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2010.

Universidad	CCR	BCC	Eficiencia de Escala
Alicante	78,35	85,71	91,41
Almería	98,78	100	98,78
Autónoma de Barcelona	98,22	100	98,22
Autónoma de Madrid	100	100	100
Barcelona	87,52	100	87,52
Cádiz	97,51	97,77	99,73
Complutense de Madrid	79,40	100	79,40
Girona	77,57	77,61	99,95
Granada	82,72	100	82,72
Huelva	76,64	83,44	91,85
Jaume I de Castellón	64,81	64,86	99,94

La Laguna	91,37	91,55	99,80
La Rioja	92,88	100	92,88
las Illes Balears	100	100	100
Málaga	85,70	94,87	90,33
Murcia	84,70	91,01	93,07
Pablo de Olavide	79,91	90,19	88,60
Pompeu Fabra	75,42	87,62	86,08
Rey Juan Carlos	100	100	100
Salamanca	68,82	74,97	91,79
Santiago de Compostela	87,25	90,19	96,74
Valencia	76,51	89,49	85,49
Promedio	85,64	91,79	93,38
Desviación Típica	10,61	9,74	6,41

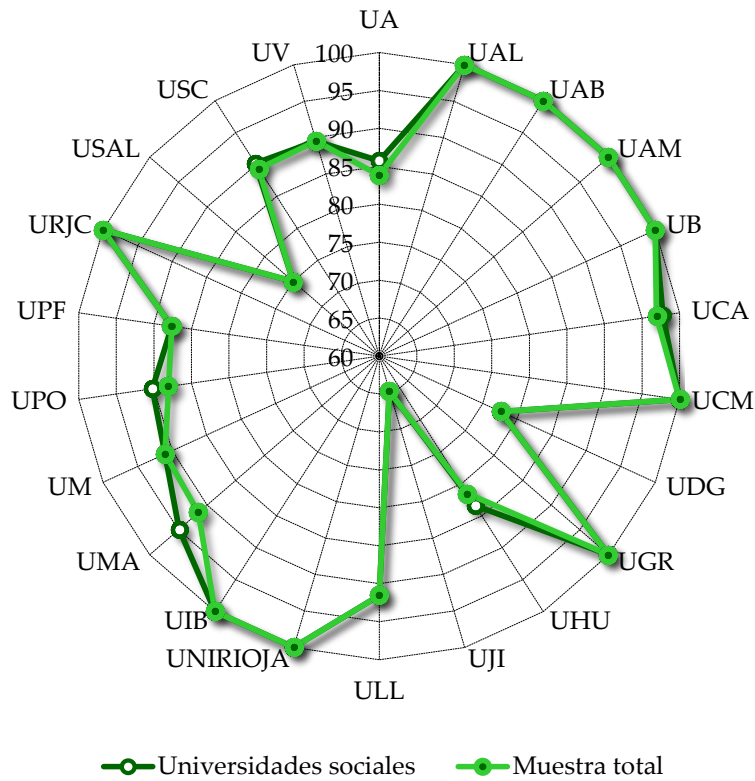
La eficiencia promedio cuando se aplica el modelo BCC es de 91,79 puntos, un 6,7% superior a la obtenida al aplicar el modelo CCR. Asimismo, este índice de eficiencia promedio es superior al presentado por las universidades técnico-sociales en este mismo año en un 3,7%.

El número de universidades eficientes cuando se consideran rendimientos variables de escala se incrementa de tres a nueve, lo que supone un 27% más de universidades frente al supuesto de rendimientos constantes. Esta diferencia surge como consecuencia de la consideración de la escala de producción de las universidades evaluadas.

La ineficiencia debida al efecto escala es del 6,62% en promedio. Las universidades más afectadas en este sentido son Barcelona, Granada, Pablo de Olavide, Pompeu Fabra y Valencia.

En el gráfico 4.8. se comparan los resultados obtenidos al aplicar el modelo BCC sobre una muestra homogénea y sobre el total de la muestra.

Gráfico 4.8: Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2010.



La eficiencia promedio de las universidades sociales es de 91,79 puntos, muy similar al promedio obtenido cuando estas mismas universidades se evalúan respecto a la totalidad de la muestra. En este año, a diferencia de los resultados obtenidos hasta ahora, apenas existe una diferencia de 0,5 puntos en la eficiencia promedio.

Asimismo, destaca que todas las universidades que son eficientes, lo son en ambos escenarios. Es el caso de las universidades de Almería, Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Complutense de Madrid, Granada, La Rioja, Islas Baleares y Rey Juan Carlos.

4.4.3. Resultados de eficiencia 2011.

- UNIVERSIDADES TÉCNICO-SOCIALES

En la tabla 4.9 se presentan los índices de eficiencia estimados para los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades técnico-sociales.

Tabla 4.9: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales. Año 2011.

Universidad	CCR	BCC	Efecto Escala
A Coruña	93,59	96,87	96,61
Alcalá	69,10	69,56	99,34
Alicante	73,95	75,45	98,01
Burgos	84,21	100	84,21
Cádiz	68,97	71,48	96,49
Cantabria	100	100	100
Carlos III de Madrid	75,98	76,35	99,52
Castilla-La Mancha	73,77	74,09	99,56
Córdoba	83,17	83,50	99,60
Extremadura	87,58	92,53	94,66
Girona	89,93	99,46	90,41
Jaén	75,38	81,80	92,16
Jaume I de Castellón	66,04	70,10	94,21
La Laguna	100	100	100
La Rioja	61,31	100	61,31
Las Palmas de Gran Canaria	72,72	75,60	96,19
León	83,55	91,19	91,62
Lleida	75,68	90,91	83,25
Málaga	100	100	100
Miguel Hernández de Elche	78,21	85,29	91,69
Oviedo	82,04	85,69	95,74
País Vasco	55,84	100	55,84
Pública de Navarra	62,51	64,66	96,66
Rovira i Virgili	100	100	100
Salamanca	71,93	72,50	99,22

Sevilla	100	100	100
Valladolid	68,05	69,83	97,45
Vigo	100	100	100
Zaragoza	99,68	100	99,68
Politécnica de Cartagena	100	100	100
Politécnica de Catalunya	96,99	100	96,99
Politécnica de Madrid	87,31	100	87,31
Politécnica de Valencia	69,42	98,97	70,14
Promedio	82,03	88,66	92,97
Desviación Típica	13,64	12,48	10,95

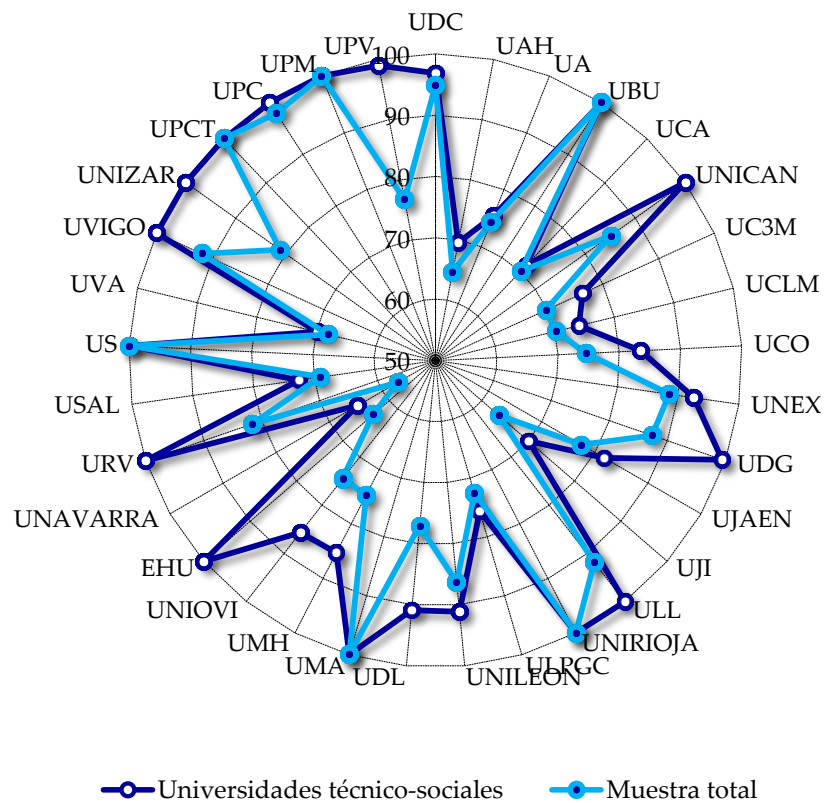
En el año 2011, tal y como se observa en la tabla 4.9, la eficiencia promedio bajo el supuesto de rendimientos constantes se sitúa en 82,03 puntos, mientras que bajo el supuesto de rendimientos variables el promedio es ligeramente más elevado, alcanzando los 88,66 puntos, lo que supone un incremento de la eficiencia promedio del 8%.

Cuando se aplica el modelo CCR, se obtiene un total de siete universidades eficientes, mientras que cuando se aplica el modelo BCC, éste asciende a trece. En términos porcentuales, supone pasar de un 21% a un 39,4% de universidades eficientes en 2011. De forma similar, el porcentaje de universidades cuyas puntuaciones de eficiencia son mayores de 90, aumenta de 30% a 57%, cuando éstas son evaluadas considerando rendimientos variables de escala.

En promedio, la ineficiencia debida a la escala de producción, es del orden del 7%, siendo las universidades más afectadas la de Burgos, La Rioja, Lleida, País Vasco, Politécnica de Madrid y Politécnica de Valencia.

En el gráfico 4.9 que se muestra a continuación, quedan representados los índices de eficiencia obtenidos al aplicar el DEA sobre la muestra homogénea, en este caso las universidades técnico-sociales para el año 2011, y los obtenidos al aplicar el DEA sobre la totalidad de la muestra.

Gráfico 4.9: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2011.



La eficiencia promedio de las universidades técnico-sociales bajo rendimientos variables es de 88,66 puntos, mientras que el promedio de eficiencia de estas mismas universidades evaluadas respecto a la totalidad de la muestra disminuye hasta los 81,35 puntos. Esto supone una pérdida de eficiencia del 8% cuando la evaluación de la misma no se realiza en relación a universidades de características similares.

En este sentido, tal y como muestra el gráfico 4.9, las universidades obtienen un resultado más favorable cuando se evalúan respecto a las universidades sociales y no respecto a la totalidad. En concreto, las universidades de Cantabria, La Laguna, País Vasco, Rovira y Virgili, Vigo, Zaragoza y la Politécnica de

Cataluña, logran ser clasificadas como eficientes cuando se evalúa su eficiencia en un escenario de homogeneidad.

Las universidades que se mantienen eficientes en cualquiera de los dos escenarios son Burgos, La Rioja, Málaga, Sevilla, Politécnica de Cartagena y Politécnica de Madrid.

- UNIVERSIDADES SOCIALES

Los resultados de eficiencia mediante los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades sociales, se presentan en la tabla 4.10.

Tabla 4.10: Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2011.

Universidad	CCR	BCC	Efecto Escala
Almería	72,64	98,66	73,63
Autónoma de Barcelona	100	100	100
Autónoma de Madrid	100	100	100
Barcelona	97,05	100	97,05
Complutense de Madrid	75,77	100	75,77
Granada	100	100	100
Huelva	95,59	100	95,59
las Illes Balears	92,71	100	92,71
Murcia	77,01	77,56	99,29
Pablo de Olavide	95,15	100	95,15
Pompeu Fabra	88,28	100	88,28
Rey Juan Carlos	100	100	100
Santiago de Compostela	74,35	75,14	98,95
Valencia	70,30	78,65	89,38
Promedio	88,49	95	93,27
Desviación Típica	11,74	9,72	8,79

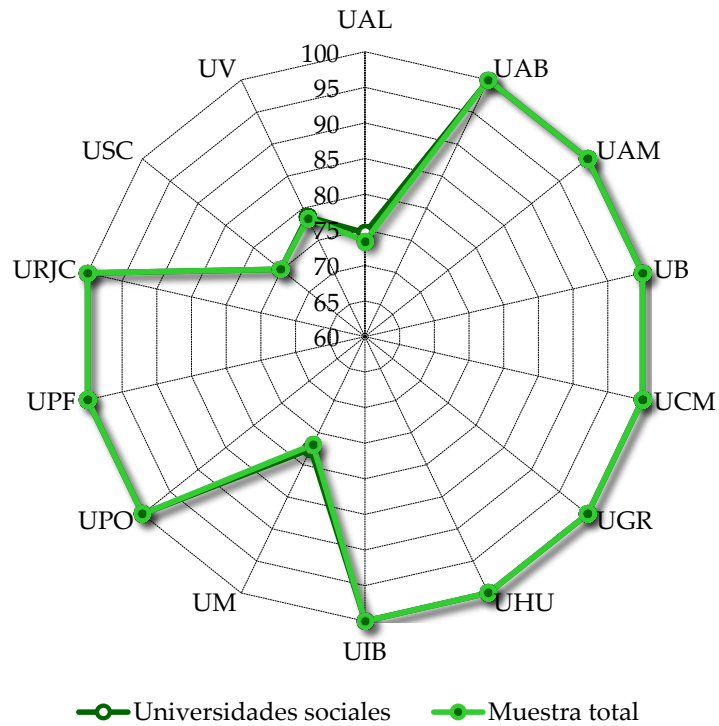
En el año 2011, la eficiencia promedio de las universidades sociales bajo el supuesto de rendimientos constantes se sitúa en 88,49% mientras que, bajo el supuesto de rendimientos variables, el promedio asciende hasta un 95,00%, lo que supone una diferencia de 6,5%.

Cuando se aplica el modelo CCR, se obtiene un total de cuatro universidades eficientes, mientras que cuando se aplica el modelo BCC, éste asciende a diez. En términos porcentuales, supone pasar de un 28% a un 71,42% de universidades eficientes. De forma similar, el porcentaje de universidades cuyas puntuaciones de eficiencia son mayores de 90, aumenta de 57,1% a 78,57% cuando éstas son evaluadas considerando rendimientos variables de escala.

En promedio, la ineficiencia debida a la escala de producción es del 6,73%. Las universidades más afectadas por la escala de producción son Almería, Complutense de Madrid y Valencia.

En el gráfico 4.10 que se muestra a continuación quedan representados los índices de eficiencia obtenidos al aplicar el DEA sobre el conjunto de universidades sociales y sobre la totalidad de la muestra.

Gráfico 4.10: Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2011.



En este caso, todas las universidades sociales que resultan eficientes también lo son cuando se evalúan junto con el resto de universidades públicas. Este es el caso de las universidades Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Complutense de Madrid, Granada, Huelva, Islas Baleares, Pablo Olavide, Pompeu Fabra y Rey Juan Carlos, que representan al 71,4% del total de universidades sociales. Esto significa que, para este caso concreto, la homogeneización de la muestra no ha tenido efecto sobre las puntuaciones de eficiencia de las universidades analizadas.

4.4.4. Resultados de eficiencia 2012.

- UNIVERSIDADES TÉCNICO-SOCIALES

En la tabla 4.11 se presentan los resultados de eficiencia para los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades técnico-sociales.

Tabla 4.11: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales. Año 2012

Universidad	CCR	BCC	Efecto escala
A Coruña	93,64	100	93,64
Alcalá	67,54	69,04	97,83
Burgos	96,56	100	96,56
Cantabria	100	100	100
Carlos III de Madrid	87,48	88,12	99,27
Castilla-La Mancha	97,01	98,59	98,40
Jaén	73,03	76,92	94,94
Jaume I de Castellón	72,61	75,35	96,36
Las Palmas de Gran Canaria	78,70	81,92	96,07
León	90,01	99,06	90,86
Miguel Hernández de Elche	72,09	75,26	95,79
Oviedo	88,23	93,72	94,14
País Vasco	62,40	100	62,40
Pública de Navarra	57,51	62,29	92,33
Sevilla	100	100	100
Valladolid	69,52	71,35	97,44
Vigo	84,13	85,09	98,87
Zaragoza	88,43	100	88,43
Politécnica de Cartagena	81,06	100	81,06
Politécnica de Catalunya	73,34	90,69	80,87
Politécnica de Madrid	100	100	100
Politécnica de Valencia	62,18	92,75	67,04
Promedio	81,61	89,10	91,92
Desviación Típica	13,48	12,36	10,33

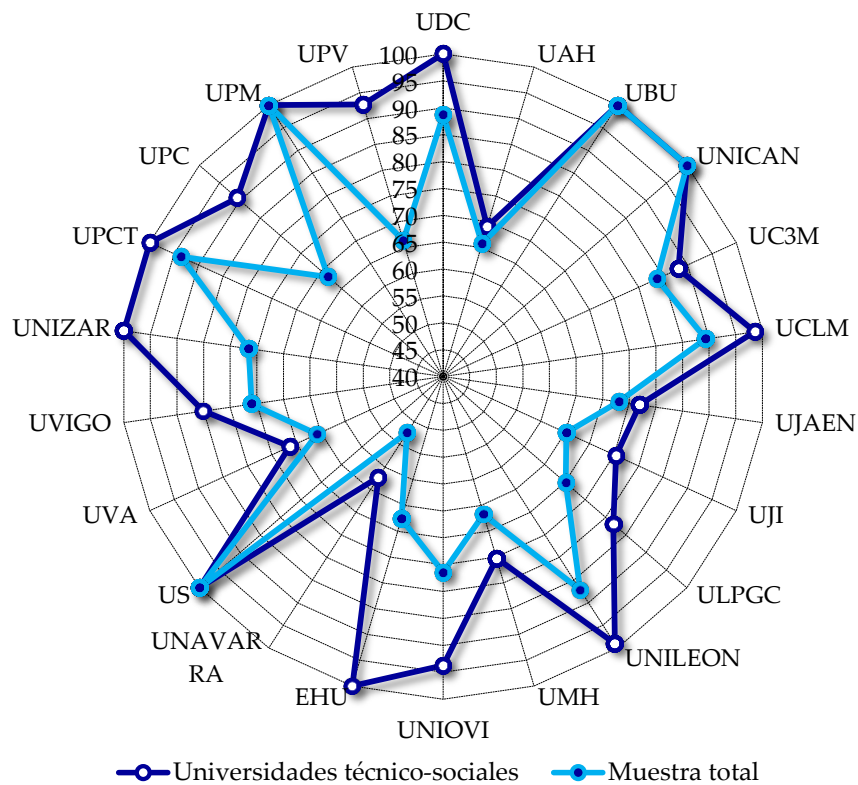
La eficiencia promedio de las universidades técnico-sociales bajo el supuesto de rendimientos variables se sitúa en 89,10, lo que supone un 8,4% más que en rendimientos constantes, en cuyo caso la eficiencia promedio disminuye hasta los 81,61 puntos.

De conformidad con estos resultados, el número de universidades eficientes en el caso en que se aplica el modelo BCC es de ocho, mientras que cuando se aplica el modelo CCR esta cifra disminuye a tres. En términos porcentuales, supone pasar de un 13,6% de universidades eficientes a un 36,3%. Asimismo, el porcentaje de universidades con puntuaciones superiores a 90 puntos asciende de 31,8% a 59% cuando se toman rendimientos constantes o variables, respectivamente.

La ineficiencia debida a la escala de producción se sitúa en el año 2012 en torno al 8%. Las universidades más afectadas por el efecto escala son País Vasco, Zaragoza, las Politécnicas de Cartagena, Cataluña y Valencia.

A continuación, a fin de analizar el comportamiento de los índices de eficiencia cuando las universidades son evaluadas considerando una muestra homogénea como es el conjunto de universidades técnico-sociales o la totalidad de la muestra, se presenta el gráfico 4.11.

Gráfico 4.11: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2012.



La eficiencia promedio bajo rendimientos variables y considerando la totalidad de la muestra, se sitúa en 78,8 puntos, 10,3 puntos por debajo de la eficiencia promedio de las universidades técnico-sociales.

Las universidades técnico-sociales resultan más eficientes cuando se comparan entre sí que con la totalidad de la muestra. Las universidades de A Coruña, País Vasco, Zaragoza, Politécnica de Cartagena y Politécnica de Madrid resultan eficientes únicamente cuando la muestra es homogénea. Por otra parte, Burgos, Cantabria, Sevilla y la Politécnica de Madrid resultan eficientes en ambos escenarios. En este caso, evaluar las universidades en una muestra no homogénea reduciría a la mitad el porcentaje de universidades eficientes, de 36% a 16%.

- UNIVERSIDADES SOCIALES

El análisis de eficiencia mediante los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades sociales se presentan en la tabla 4.12.

Tabla 4.12: Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2012.

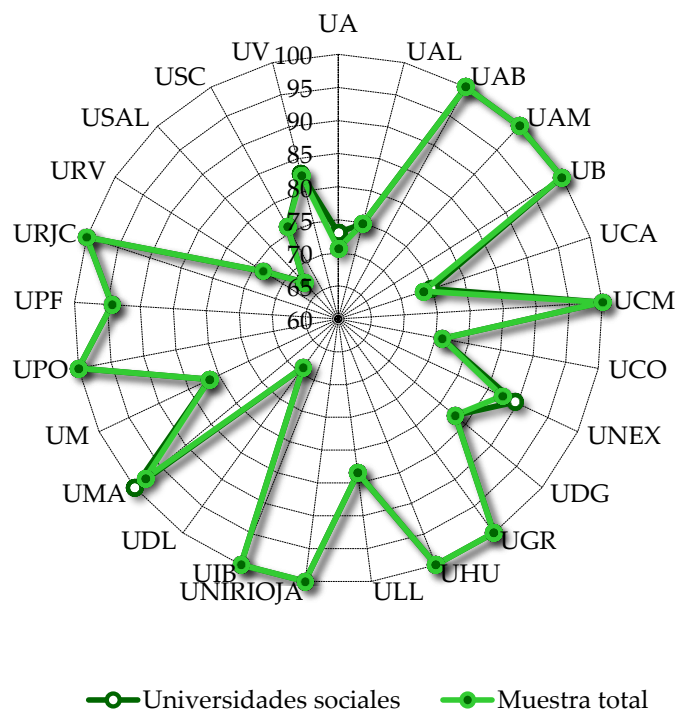
Universidad	CCR	BCC	Efecto escala
Alicante	71,37	73,02	97,74
Almería	74,45	74,84	99,48
Autónoma de Barcelona	98,43	100	98,43
Autónoma de Madrid	100	100	100
Barcelona	86,55	100	86,55
Cádiz	73,02	74,74	97,70
Complutense de Madrid	71,49	100	71,49
Córdoba	75,5	75,98	99,37
Extremadura	88,23	89,55	98,53
Girona	80,87	82,9	97,55
Granada	98,37	100	98,37
Huelva	100	100	100
La Laguna	83,32	83,48	99,81
La Rioja	70,15	100	70,15
las Illes Balears	96,62	100	96,62
Lleida	65,37	69,04	94,68
Málaga	96,96	100	96,96
Murcia	80,89	81,51	99,24
Pablo de Olavide	91,64	100	91,64
Pompeu Fabra	77,74	94,28	82,46
Rey Juan Carlos	100	100	100
Rovira i Virgili	71,97	73,44	98,00
Salamanca	66,94	67,63	98,98
Santiago de Compostela	75,63	75,95	99,58
Valencia	71,66	82,76	86,59
Promedio	82,69	87,96	94,39
Desviación Típica	11,91	12,23	8,50

A diferencia de lo que ocurre en los años anteriormente analizados, la eficiencia promedio de las universidades sociales, bajo el supuesto de rendimientos variables, es ligeramente inferior a la presentada por las universidades técnico-sociales. La eficiencia promedio se sitúa en este caso en 87,96 puntos, 5,27 puntos por encima de la eficiencia promedio bajo rendimientos constantes.

En el modelo BCC un total de 11 universidades resultan eficientes, lo que supone un 44% del total de universidades sociales. En el modelo CCR, estas cifras se reducen considerablemente, pasando a mostrar únicamente tres universidades eficientes, es decir, un 12% de universidades del cluster.

En el gráfico 4.12, se representan las puntuaciones obtenidas por las universidades sociales en el cluster y en la totalidad de la muestra.

Gráfico 4.12: Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2012.



En el gráfico 4.12 se puede apreciar que apenas existen diferencias en los índices de eficiencia. Además, en este caso las universidades que son eficientes en el cluster también lo son cuando se evalúan respecto a la totalidad de la muestra. Lo que supone que en ambos casos un 44% de las universidades sea eficiente.

4.4.5. Resultados de eficiencia 2013.

- UNIVERSIDADES TÉCNICO-SOCIALES

Los resultados de eficiencia de los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades técnico-sociales se presentan en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales. Año 2013.

Universidad	CCR	BCC	Eficiencia de escala
A Coruña	82,16	83,66	98,21
Alicante	69,04	69,28	99,65
Almería	68,33	71,9	95,03
Burgos	79,66	100	79,66
Cádiz	67,07	67,54	99,30
Cantabria	100	100	100
Carlos III de Madrid	62,09	62,14	99,92
Castilla-La Mancha	84,69	85,23	99,37
Extremadura	80,85	80,87	99,98
Huelva	100	100	100
Jaén	68,5	70,14	97,66
Jaume I de Castellón	63,25	63,76	99,20
La Rioja	60,05	100	60,05
las Illes Balears	100	100	100
Las Palmas de Gran Canaria	62,82	63,01	99,70
León	74,01	76,96	96,17
Málaga	86,46	86,65	99,78
Oviedo	77,57	93,19	83,24

Pablo de Olavide	95,84	100	95,84
País Vasco	56,22	100	56,22
Politécnica de Cartagena	69,27	87,5	79,17
Politécnica de Catalunya	100	100	100
Politécnica de Madrid	78,79	86,81	90,76
Politécnica de Valencia	62,27	90,48	68,82
Pompeu Fabra	100	100	100
Pública de Navarra	62,46	64,61	96,67
Rey Juan Carlos	100	100	100
Sevilla	100	100	100
Valladolid	66,94	67,23	99,57
Vigo	74,43	77,28	96,31
Zaragoza	81,7	100	81,70
Promedio	78,53	85,43	92,64
Desviación Típica	14,67	14,24	12,18

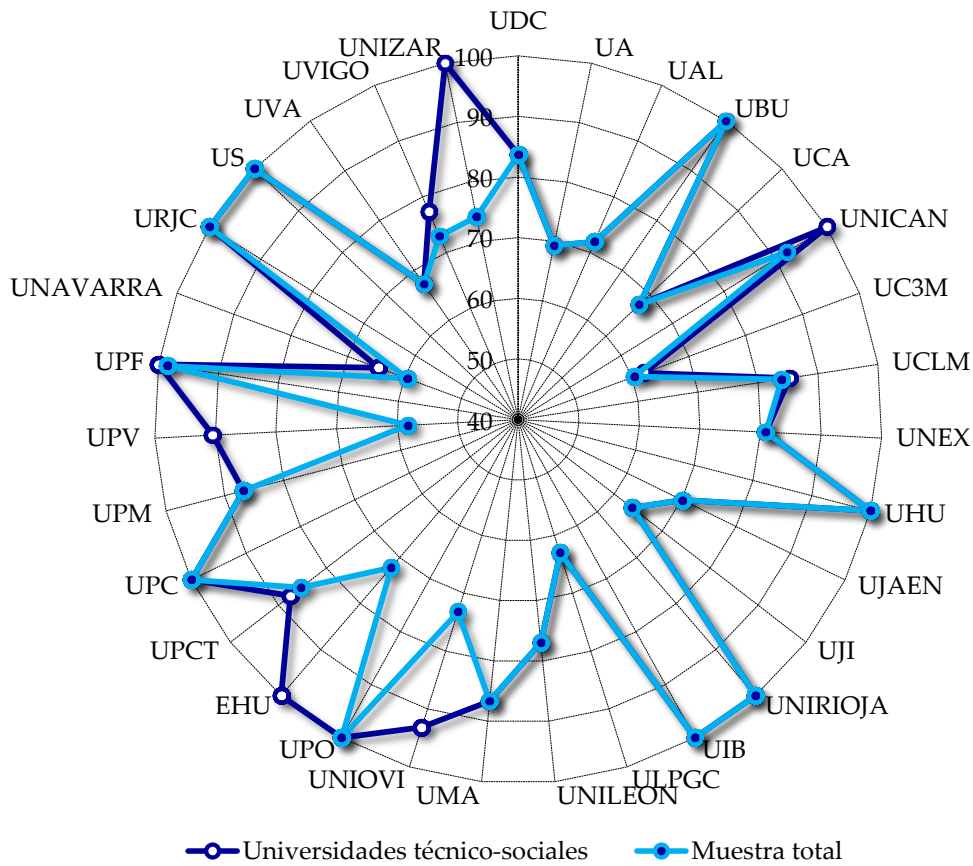
La eficiencia promedio al considerar rendimientos constantes, se sitúa en 78,53 puntos, mientras que cuando se consideran rendimientos variables, el promedio es sensiblemente superior, ascendiendo a 85,43 puntos. Esto supone una diferencia del 8% en la eficiencia promedio.

Cuando se aplica el modelo CCR se obtiene un total de siete universidades eficientes, mientras que cuando el modelo aplicado es el BCC, éste asciende a doce. En términos porcentuales, supone pasar de un 22,5% a un 38,7% de universidades eficientes en 2013. De forma análoga, el porcentaje de universidades cuyas puntuaciones de eficiencia se sitúan por encima de los 90 puntos aumenta del 25,8% al 45,2% cuando éstas se evalúan considerando rendimientos variables a escala.

La ineficiencia debida a la escala se sitúa en el 7,3%. Las universidades más afectadas por el efecto escala son Burgos, La Rioja, Oviedo, País Vasco, Politécnica de Cartagena, Politécnica de Valencia y Zaragoza.

A continuación, en el gráfico 4.13, se presentan los índices de eficiencia de las universidades técnico-sociales en el año 2013 cuando éstas se evalúan en el contexto de una muestra homogénea como es el propio cluster y cuando se evalúan respecto a la totalidad de la muestra.

Gráfico 4.13: Resultados de eficiencia de las universidades técnico-sociales y de la muestra total. Año 2013.



La eficiencia promedio de las universidades técnico-sociales bajo rendimientos variables cuando éstas se evalúan en una muestra no homogénea, es decir, respecto a la totalidad de la muestra es de 81,23 puntos, esto es 4,2 puntos

por debajo de la eficiencia promedio obtenida cuando se evalúan de forma separada.

Un 38,7% de las universidades son eficientes cuando la muestra es homogénea. Este porcentaje disminuye hasta el 25,8% cuando se toman los índices obtenidos al compararlas con el total de universidades. Las universidades más afectadas en este sentido son Oviedo, País Vasco, Politécnica de Valencia y Zaragoza.

Por otra parte, las universidades de Huelva, La Rioja, Baleares, Pablo de Olavide, Politécnica de Cataluña, Rey Juan Carlos y Sevilla son eficientes en ambos escenarios.

- UNIVERSIDADES SOCIALES

En la tabla 4.14 que figura a continuación, se muestran los índices de eficiencia de los modelos CCR y BCC así como el efecto escala de las universidades sociales.

Tabla 4.14: Resultados de eficiencia de las universidades sociales. Año 2013.

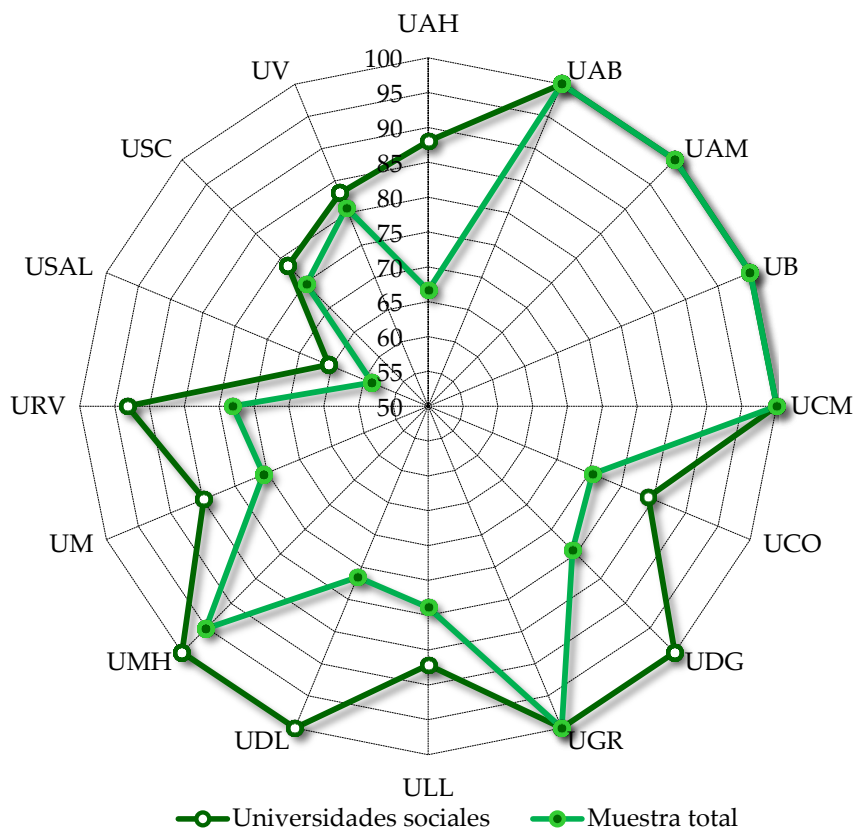
Universidad	CCR	BCC	Efecto Escala
Alcalá	76,87	88,01	87,34
Autónoma de Barcelona	100	100	100
Autónoma de Madrid	100	100	100
Barcelona	93,63	100	93,63
Complutense de Madrid	68,23	100	68,23
Córdoba	74,36	84,16	88,36
Girona	78,67	100	78,67
Granada	100	100	100
La Laguna	79,07	87,16	90,72
Lleida	68,56	100	68,56
Miguel Hernández de Elche	100	100	100
Murcia	80,33	84,85	94,67
Rovira i Virgili	76,17	93,18	81,75
Salamanca	63,02	65,46	96,27
Santiago de Compostela	75,21	78,47	95,85
Valencia	75	83,08	90,27
Promedio	81,82	91,52	89,64
Desviación Típica	12,64	10,42	10,48

La eficiencia promedio aplicando el modelo BCC es notablemente superior a la obtenida al aplicar el modelo CCR, en concreto, la diferencia entre ambos es del 11,8%. En rendimientos variables la eficiencia promedio alcanza un valor de 91,52 puntos, mientras que en rendimientos constantes cae hasta los 81,82 puntos.

El número de universidades clasificadas como eficientes resulta ser el doble cuando se tiene en cuenta la escala de producción. La ineficiencia debida a la escala de producción es en promedio del 10,3%. Las universidades más afectadas en este sentido son la Universidad Complutense de Madrid, Girona, Lleida y Rovira y Virgili.

A continuación, en el gráfico 4.14, se comparan los índices de eficiencia obtenidos ante dos escenarios. Uno en el que la muestra es homogénea y otro en el que se considera la totalidad de la muestra de universidades.

Gráfico 4.14: Resultados de eficiencia de las universidades sociales y de la muestra total. Año 2013.



La eficiencia promedio de las universidades sociales cuando éstas son evaluadas respecto a la totalidad de la muestra se sitúa en 83,7 puntos porcentuales, lo que supone un 8,5% menos respecto a los 91,2 puntos que obtienen cuando la muestra es homogénea.

Las universidades de Girona, Lleida y Miguel Hernández de Elche son eficientes únicamente cuando se evalúan en relación a las universidades sociales,

lo que supone un 19% del mismo. En el caso contrario se encuentran las universidades Autónoma de Madrid, Autónoma de Barcelona, Barcelona, Complutense de Madrid y Granada que son eficientes en ambos escenarios.

4.5. RESULTADOS DE EFICIENCIA DEL SISTEMA UNIVERSITARIO PÚBLICO ESPAÑOL

4.5.1. Resultados de eficiencia.

A continuación, en las siguientes tablas y gráficos se representan los resultados para el sector de la educación superior pública española. En la tabla 4.15 se presentan las eficiencias promedio obtenidas bajo rendimientos variables para ambos clusters, así como la obtenida al evaluar todas las universidades públicas españolas en su conjunto y la desviación típica en cada caso.

Tabla 4.15: Eficiencia promedio en el período 2009-2013.

	Universidades técnico-sociales		Universidades sociales		Muestra total	
	Eficiencia promedio	Desv. Típica	Eficiencia promedio	Desv. Típica	Eficiencia promedio	Desv. Típica
2009	90,73	9,39	99,02	3,38	87,4	12,31
2010	88,5	13,19	91,79	9,75	86,6	12,60
2011	88,6	12,48	95,00	9,72	84,9	13,56
2012	89,1	12,36	87,96	12,23	83,5	13,81
2013	85,43	14,23	91,52	10,42	82,1	14,15

La eficiencia promedio cuando se evalúa el total de la muestra describe una evolución negativa. Así, en 2009 se observa una puntuación de eficiencia media de 87,38 mientras que en 2013, dicha puntuación se sitúa en 82,09. Esto supone una diferencia del 6,4%. De forma similar, las universidades técnico-sociales muestran una evolución negativa de las eficiencias promedio de los años 2009 a 2013, siendo el promedio de 2009 de 90,73 y el de 2013 de 85,43, lo que supone una diferencia del 6,2%. Por el contrario, las universidades sociales no presentan una evolución clara, mostrando valores por encima de los 90 puntos en cuatro de los cinco años del periodo.

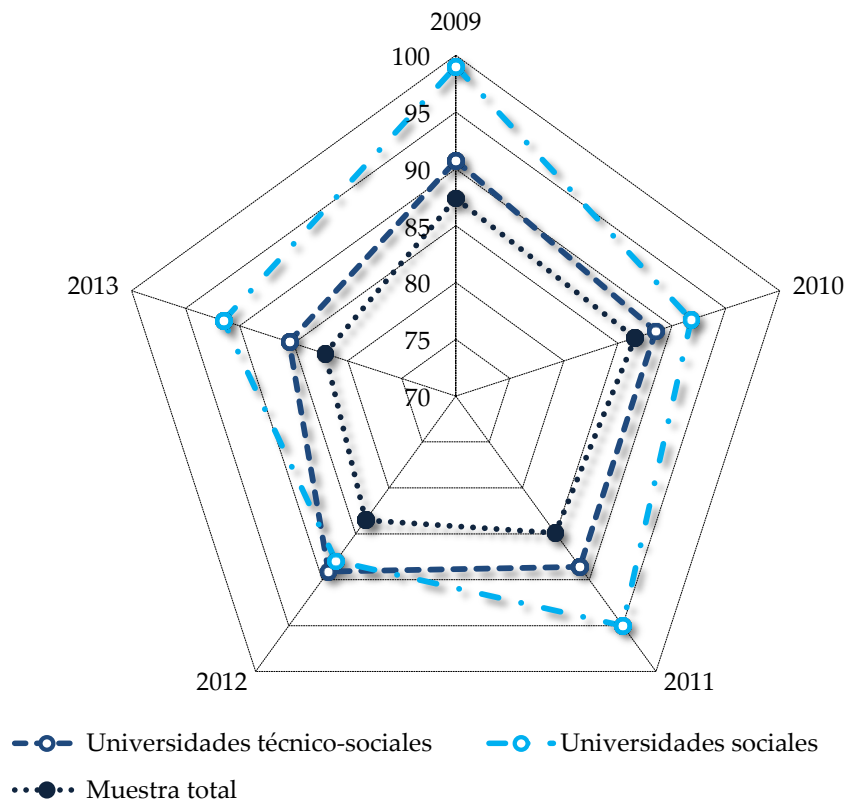
Los promedios de eficiencia obtenidos en los tres casos son representativos de la muestra, ya que los valores del coeficiente de variación oscilan entre 0,03 y 0,17, siendo los de mayor valor los obtenidos para el total de la muestra. Por el contrario, en las universidades sociales se observan los valores más bajos del coeficiente de variación, llegando a un mínimo de 0,03 en 2009.

Estos resultados permiten señalar que las universidades públicas españolas operan por debajo de su rendimiento potencial. Así, el SUPE obtiene un nivel de output un 15,1% inferior al que lograrían en caso de que las universidades operaran de forma eficiente cuando es evaluado en su conjunto. Este porcentaje disminuye cuando las universidades se evalúan con otras universidades afines. Así, en el caso de las universidades técnico-sociales, se podría incrementar la producción en el periodo en un 11,58% y, en el caso de las universidades sociales, un 6,9%. En el apartado 4.5 se analizará en qué output/s deben mejorar las universidades en su conjunto para ser eficientes.

Las estimaciones de eficiencia promedio obtenidas para la totalidad de la muestra presentan valores bastante similares a los alcanzados en estudios previos como Duch (2006) en el curso 2002-2003 y Agasisti y Pérez (2010) en el curso 2004-2005, quienes sitúan la eficiencia promedio entre el 80% y el 88%. Por su parte, Fernández-Santos et al. (2013) obtienen en el período 2002-2008 resultados de eficiencia ligeramente superiores, situándose el promedio del período en un 91,8%.

A continuación, se presentan gráficamente los promedios de eficiencia obtenidos en la tabla 4.15.

Gráfico 4.15: Resultados de eficiencia promedio de las universidades técnico-sociales, sociales y muestra total. Modelo BCC.



En relación a los índices obtenidos por las universidades que componen los cluster, se puede observar que los promedios de las universidades sociales presentan valores superiores tanto en comparación con las universidades técnico-sociales como con la totalidad de la muestra, a excepción del año 2012-2013 en el que las universidades técnico-sociales presentan un promedio superior, en un 1,4%. Asimismo la desviación típica del conjunto de universidades sociales es

inferior al resto, lo que indica que las puntuaciones de eficiencia alcanzadas por las universidades que lo integran son más homogéneas.

De estos datos se podría concluir que las universidades que, en su mayoría, ofrecen titulaciones de la rama de ciencias sociales, son por lo general más eficientes que aquellas que ofrecen titulaciones de la rama de ingeniería y arquitectura. Dado que el análisis cluster se ha realizado considerando la relación existente entre la financiación y el tipo de titulación que oferta una universidad, el hecho de que las universidades sociales sean más eficientes podría deberse a que los gastos de mantenimiento de laboratorios, gastos para investigación y docencia,... son sensiblemente inferiores que en el caso de las universidades con titulaciones técnicas. En línea con este resultado, Gómez y Pastor (2011) encuentran que la valoración de los resultados de la actividad productiva de las universidades está notablemente influida por la especialización por áreas de conocimiento.

A lo largo del análisis se pueden observar universidades que son eficientes en todo el periodo 2009-2013. En el caso de las universidades técnico-sociales, las de Burgos, Cantabria, La Rioja y Zaragoza son eficientes bajo rendimientos variables. La universidad de La Rioja en 2010 y 2012 figura en el cluster de universidades sociales pero sigue manteniendo una puntuación eficiente. En el caso de las universidades sociales, las Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Barcelona, Complutense de Madrid, Islas Baleares y Rey Juan Carlos son eficientes bajo rendimientos variables en todos los años. No obstante es preciso señalar que la Universidad de Islas Baleares y Rey Juan Carlos en el año 2013 pasan a formar parte del cluster de universidades técnico-sociales manteniendo su nivel de eficiencia. Algunas de estas universidades también son eficientes cuando se analizan respecto a la totalidad de la muestra. Es el caso de las universidades de Burgos, La Rioja, Autónoma de Madrid, Autónoma de Barcelona, Barcelona, Complutense de Madrid e Islas Baleares.

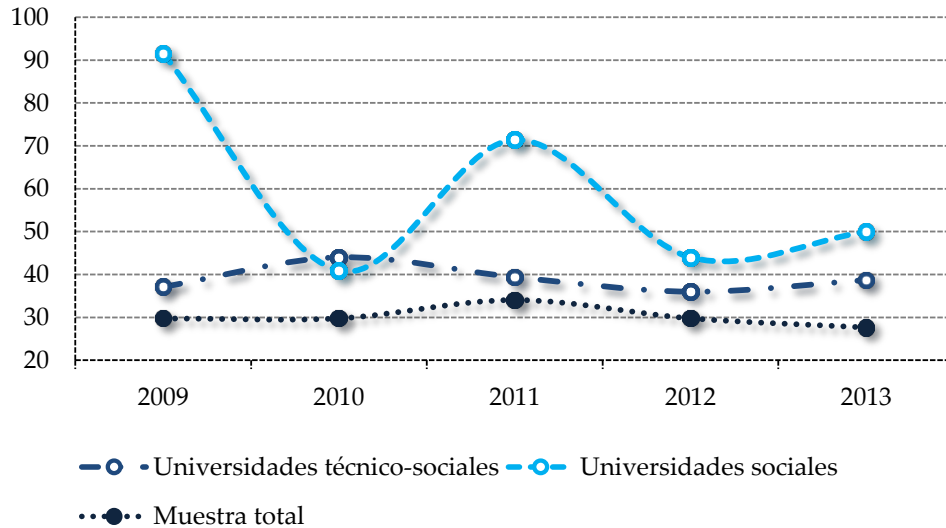
A continuación, en la tabla 4.16 se expone el porcentaje de universidades clasificadas como eficientes y el porcentaje de universidades que han logrado un índice de eficiencia superior a 90 puntos, en el caso de las universidades técnico-sociales, sociales y la totalidad de la muestra.

Tabla 4.16: Evolución de universidades eficientes y universidades con una puntuación superior a 90 de 2009 a 2013.

	Universidades técnico-sociales		Universidades sociales		Muestra total	
	% Eficientes	% Puntuación mayor de 90	% Eficientes	% Puntuación mayor de 90	% Eficientes	% Puntuación mayor de 90
2009	37,14	54,28	91,60	91,60	29,78	46,80
2010	44,00	52,00	40,91	68,18	29,78	42,50
2011	39,39	57,57	71,43	78,57	34,04	42,50
2012	36,36	59,09	44,00	48,00	29,78	36,17
2013	38,71	45,16	50,00	56,25	27,65	34,04

En cuanto al porcentaje de universidades eficientes cuando se considera el total de la muestra, los resultados son similares a los presentados por Gómez-Sancho (2005) y Barahona et al. (2007), quienes lo sitúan en un 27,6% y 34%, respectivamente.

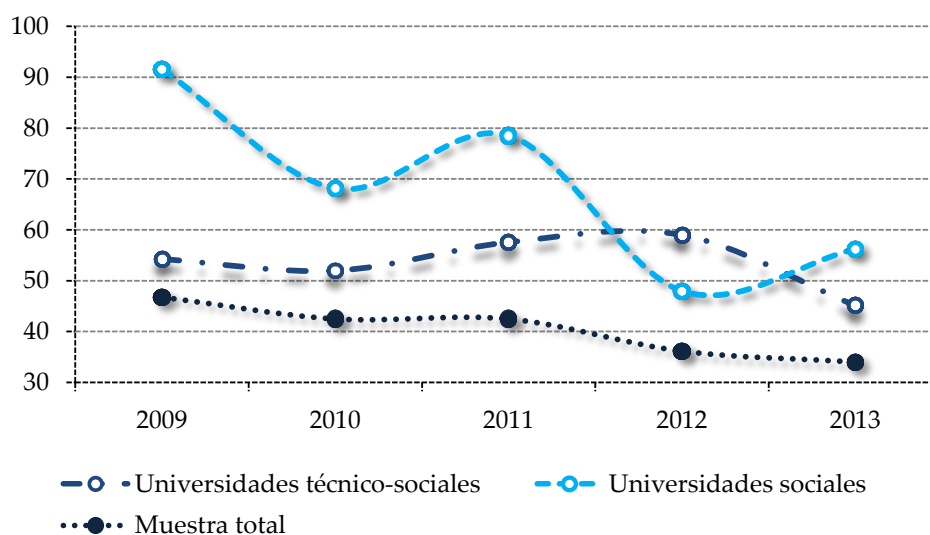
A continuación, se muestra la evolución temporal del porcentaje de universidades eficientes y con puntuaciones superiores a 90 en los gráficos 4.16 y 4.17.

Gráfico 4.16: Porcentaje de universidades eficientes en el período 2009-2013.

Como se puede apreciar en el gráfico 4.16, el porcentaje de universidades sociales eficientes es superior en cuatro de los cinco años analizados. Sin embargo, es destacable que este porcentaje varía significativamente de un año a otro. Por el contrario, las universidades técnico-sociales mantienen unos porcentajes más constantes aunque también más bajos, comprendidos entre un 36,36% y un 44%.

En cualquiera de los dos casos, la comparativa de universidades en una muestra homogénea implica un mayor número de universidades eficientes que cuando éstas son comparadas respecto a la totalidad de la muestra. Así, se puede observar cómo en este último escenario no se supera el 34,04% de universidades calificadas eficientes.

Gráfico 4.17: Porcentaje de universidades con un índice de eficiencia superior a 90 puntos.



Como puede observarse en el gráfico 4.17, son nuevamente las universidades sociales las que mejores resultados presentan. Así, a excepción del año 2012, es el conglomerado que muestra el porcentaje más elevado de universidades con índices de eficiencia superiores a 90 puntos. Las universidades técnico-sociales presentan porcentajes superiores al 50% en todo el período.

En consonancia con los resultados observados en el gráfico 4.16, en este caso también se obtiene un número mayor de universidades con puntuaciones superiores a 90 puntos cuando se consideran muestras homogéneas. Como se puede observar, la línea que representa la muestra total queda por debajo de las de ambos clusters en todos los años del período.

4.5.2. Resultados de eficiencia con modelos BCC, CCR y efecto escala.

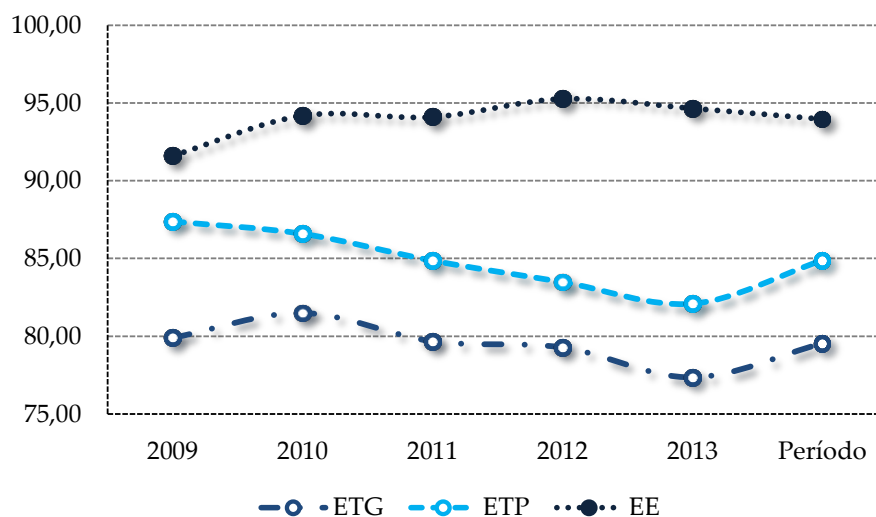
- MUESTRA TOTAL

A continuación, la tabla 4.17 presenta los valores medios anuales y el promedio del período 2009-2013 de los índices de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala cuando se emplea la totalidad de la muestra en el análisis.

Tabla 4.17: Eficiencia técnica global, técnica pura y de escala 2009-2013. Muestra total

	ETG		ETP		EE	
	Media	D. Típica	Media	D. Típica	Media	D. Típica
2009	79,89	13,17	87,38	12,31	91,60	10,02
2010	81,49	12,95	86,58	12,60	94,19	6,42
2011	79,67	13,55	84,86	13,56	94,10	7,81
2012	79,28	13,34	83,48	13,82	95,26	7,50
2013	77,35	14,06	82,09	14,15	94,65	9,29
Promedio	79,53	13,42	84,88	13,29	93,96	8,21

Gráfico 4.18: Promedios de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala para la totalidad de la muestra



Los resultados del gráfico 4.18 muestran que el promedio de eficiencia técnica global en el sector de la educación superior pública en el período 2009-2013 se sitúa en el 79,53%, lo que se interpreta como que el nivel de output obtenido es inferior, en un 20,47%, al que se podría obtener si operaran eficientemente todas las universidades evaluadas.

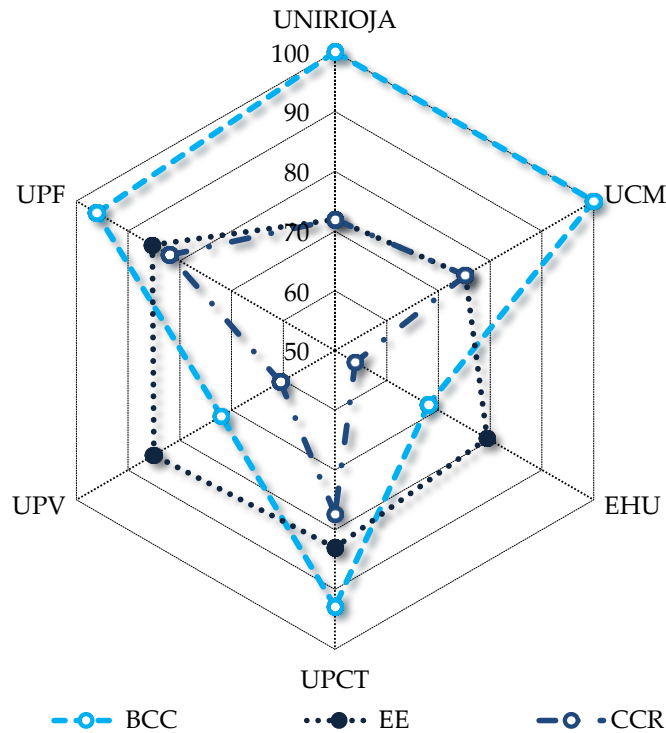
Por otra parte, cuando la estimación se realiza considerando rendimientos variables de escala, las puntuaciones de eficiencia promedio mejoran notablemente. Así, el nivel de output promedio obtenido está un 15,12% por debajo del que se podría conseguir en caso de que todas las universidades fuesen eficientes. Esto supone un 5% de diferencia positiva respecto al resultado obtenido bajo el supuesto de rendimientos constantes.

Se observa asimismo un decrecimiento de la eficiencia técnica global y técnica pura a lo largo del período, con una variación negativa del 2,54% y 5,29%, respectivamente.

La ineficiencia debida a la escala de producción en el periodo es del 6,04% en promedio, valor casi coincidente con el obtenido por Fernández-Santos et al.

(2013) para el período 2002-2008. Es destacable que en todos los años, a excepción de 2009, las universidades se posicionan más cerca de su tamaño óptimo de escala que la media total del periodo. En el año 2012 las universidades se posicionan más cerca de su escala de producción óptima, alcanzando la eficiencia de escala un promedio de 93,96%.

Las universidades más influidas por el efecto escala cuando se evalúan respecto a la totalidad de la muestra son la Complutense de Madrid, Politécnica de Cartagena, País Vasco, Politécnica de Valencia, Pompeu Fabra y La Rioja. El gráfico 4.19 que se presenta a continuación muestra las puntuaciones alcanzadas por estas universidades en los diferentes tipos de rendimiento así como el efecto escala.

Gráfico 4.19 : Universidades más influidas por el efecto escala.

Como se puede observar, el caso más destacable es el de la Universidad de La Rioja, que pasa de presentar un índice de eficiencia promedio de 71,94 en eficiencia técnica global a ser eficiente en todo el período cuando se tiene en cuenta la escala en la que opera. La Universidad Complutense de Madrid, al igual que La Rioja, resulta eficiente cuando se consideran rendimientos variables, presentando una eficiencia promedio en rendimientos constantes (ETG) de 75,20 y de 100 en rendimientos variables (ETP). Las tres universidades restantes, presentan asimismo grandes diferencias si se considera o no la escala de producción, pero difieren de las anteriores en que no logran ser eficientes.

- UNIVERSIDADES TÉCNICO-SOCIALES Y SOCIALES

En las siguientes tablas y gráficos se presentan los valores de los promedios anuales y del periodo de las puntuaciones de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala para el sector de la educación superior pública.

Tabla 4.18: Resultados de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala. Universidades técnico-sociales.

	ETG		ETP		EE	
	Media	D. Típica	Media	D. Típica	Media	D. Típica
2009	84,08	11,61	90,73	9,39	92,86	9,89
2010	81,86	14,45	88,50	13,19	92,66	9,29
2011	82,03	13,65	88,66	12,48	92,97	10,95
2012	81,61	13,48	89,10	12,36	91,92	10,32
2013	82,69	11,91	87,96	12,23	94,40	8,51
Promedio	82,45	13,02	88,99	11,94	92,96	9,80

Tabla 4.19: Resultados de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala. Universidades sociales.

	ETG		ETP		EE	
	Media	D. Típica	Media	D. Típica	Media	D. Típica
2009	90,03	17,65	99,02	3,38	90,92	17,38
2010	85,64	10,62	91,79	9,75	93,38	6,41
2011	88,49	11,74	95,00	9,72	93,27	8,79
2012	82,69	11,91	87,96	12,23	94,40	8,51
2013	81,82	12,64	91,52	10,42	89,64	10,48
Promedio	85,73	12,91	93,06	9,10	92,32	10,31

Los promedios de eficiencia obtenidos tanto para el grupo de universidades técnico-sociales como sociales son representativas de la muestra, ya que los valores del coeficiente de variación oscilan entre 0,09 y 0,16.

A continuación, a fin de observar de forma gráfica la evolución de la eficiencia técnica global, pura y de escala se representan gráficamente las tablas 4.18 y 4.19.

Gráfico 4.20: Promedios de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala para las universidades técnico-sociales.

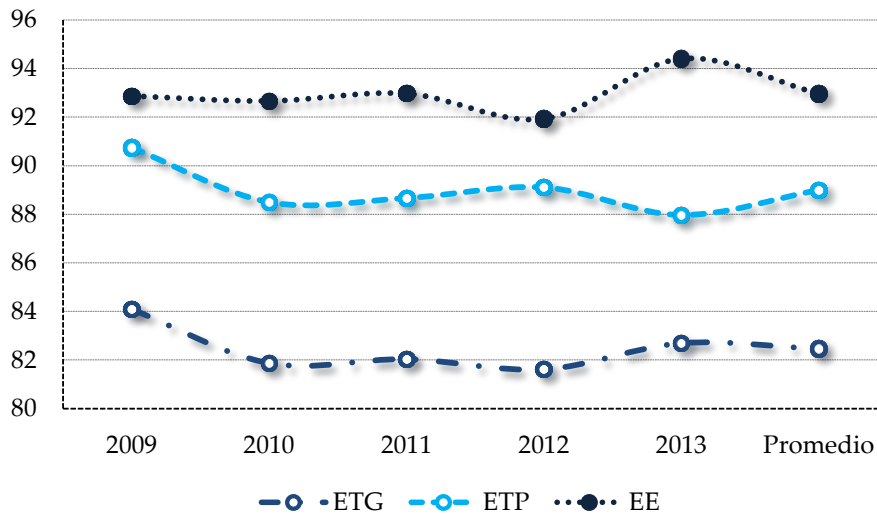
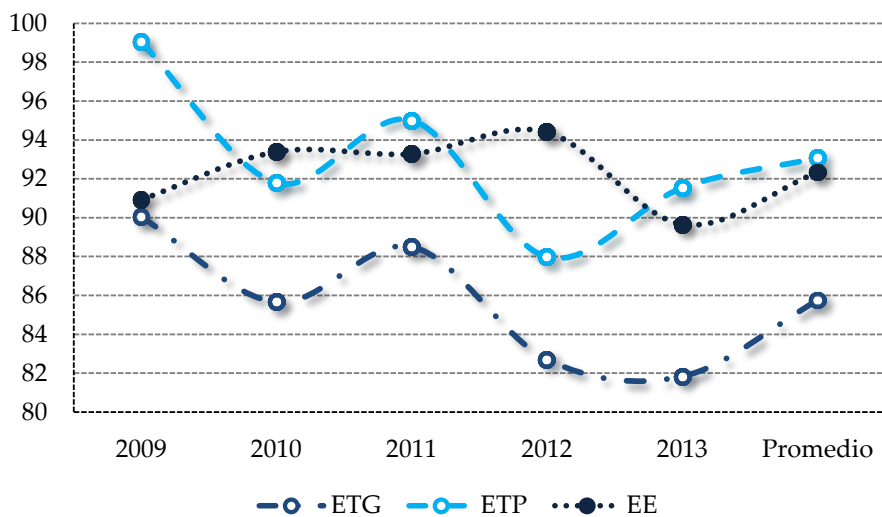


Gráfico 4.21: Promedios de eficiencia técnica global, técnica pura y de escala para las universidades sociales.



En el caso de las universidades técnico-sociales tanto la eficiencia técnica global como la eficiencia técnica pura son prácticamente constantes a lo largo del período, presentando un promedio de 82,45 y 88,99, respectivamente. El efecto escala es más notable en el año 2013, ya que como se observa en la tabla 4.18, alcanza un valor mínimo de 91,92 puntos. Por el contrario los promedios de eficiencia de las universidades sociales no siguen una tendencia clara, destacando la caída de la eficiencia técnica global promedio en el año 2012, alcanzando índices de eficiencia de 81,8 puntos. Respecto al promedio de eficiencia técnica global y pura es superior en las universidades sociales en ambos casos. En este grupo de universidades la mayor diferencia entre el promedio de la ETG y ETP alcanza su máximo en 2013, por lo que tal y como refleja la tabla 4.19, la eficiencia de escala llega a su mínimo con 89,64 puntos. En general el efecto escala es ligeramente superior cuando las universidades se evalúan en una muestra homogénea.

Las universidades más afectadas por el efecto escala en el conjunto de universidades técnico-sociales son la Politécnica de Cartagena, La Rioja, Politécnica de Valencia y País Vasco. Éstas cuatro universidades también resultan las más afectadas por la escala de producción cuando se evalúan respecto a la totalidad de la muestra. En el conjunto de universidades sociales, es la Complutense de Madrid la universidad sobre la que mayor efecto ejerce la consideración o no de la escala de producción. En el otro extremo se encuentran las universidades de Cantabria, La Laguna, Carlos III y Córdoba pertenecientes al grupo de universidades técnico-sociales y, la Autónoma de Madrid, Autónoma de Barcelona y Rey Juan Carlos pertenecientes al grupo de universidades sociales a las que no afecta el efecto escala.

4.6. ANÁLISIS DE LAS MEJORAS POTENCIALES

En este apartado se presentan las estrategias que en términos de outputs deberían seguir las universidades para que su gestión fuese eficiente. Los resultados se presentan para cada año y en promedio para el período.

- UNIVERSIDADES TÉCNICO-SOCIALES

Las universidades técnico-sociales, caracterizado por incluir universidades en las que predomina la oferta de titulaciones de ciencias sociales e ingeniería, presentan una evolución creciente en el promedio de mejoras potenciales para todos los outputs. El gráfico 4.20 muestra las mejoras potenciales medias de las universidades técnico-sociales para alcanzar la eficiencia técnica en cada año expresadas en porcentaje. En concreto, el output *patentes* es el que mayor margen de mejora presenta, llegando hasta un 29,46% en el año 2011. Por el contrario, este tipo de universidades alcanza su menor porcentaje de mejora potencial en el output *publicaciones en primer cuartil*, presentando una evolución creciente pero sin cambios significativos de 2009 a 2012, siendo en 2013 cuando el porcentaje de mejora alcanza su máximo con un 17,27%. De 2009 a 2011 la mejora potencial promedio del output *estudiantes* sigue una suave tendencia creciente, sin embargo en 2012 y 2013 el porcentaje se incrementa hasta un 15,41% y 18,46%, respectivamente.

- UNIVERSIDADES SOCIALES

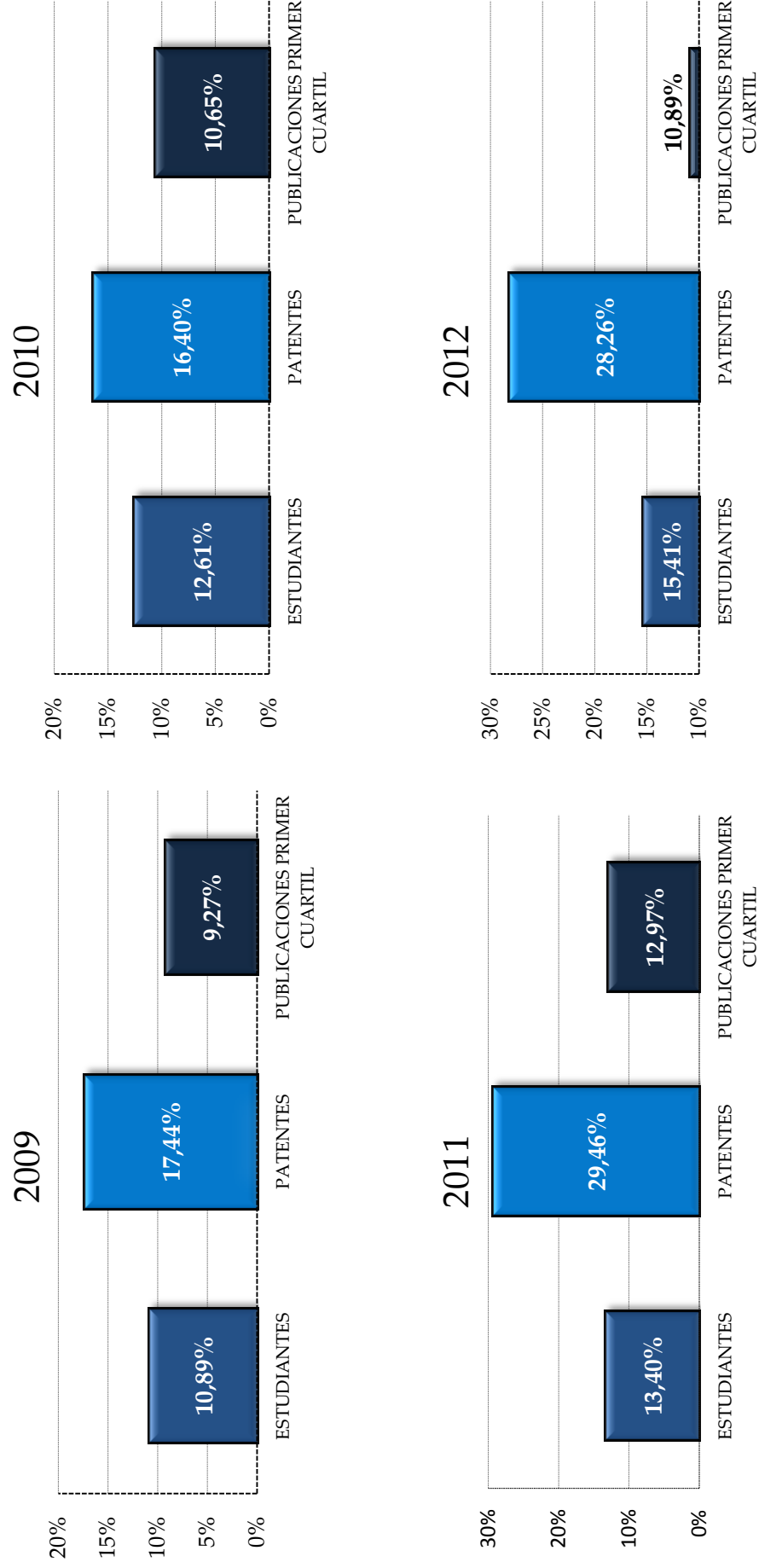
La mayoría de las universidades que integran este cluster ofrecen titulaciones de ciencias sociales. En cuanto a las mejoras potenciales de cada uno de los outputs, no se presenta una evolución concreta en el periodo. Sin embargo, como muestra el gráfico 4.21, si se considera el volumen general de mejoras potenciales para todos los outputs, se puede observar cómo va en aumento, alcanzando en 2013 el máximo porcentaje de mejoras potenciales. Así, se observa que el output *patentes* presenta en este año su máximo nivel de mejora potencial, alcanzando un porcentaje de 38,49%. El output *estudiantes* presenta su mayor mejora potencial en 2011, cifrándose ésta en un 20,29%. Por otra parte,

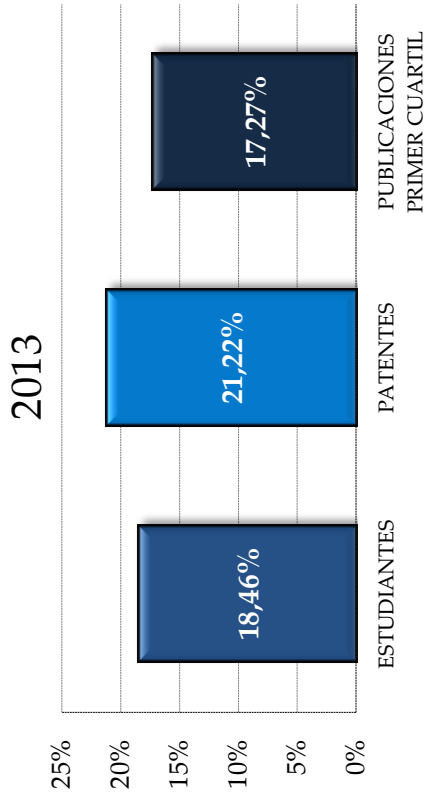
publicaciones en primer cuartil es el output con márgenes de mejora más uniformes a lo largo del periodo, manteniendo un porcentaje cercano al 11% tanto en 2012 como en 2013. La mejora potencial máxima para este output se observa en 2010 con un 14,34%.

Por otra parte, destaca la elevada eficiencia promedio alcanzada por el conjunto de universidades sociales en el año 2009, situándose en 98,8. Así, para todos los outputs, las mejoras potenciales presentan valores comprendidos entre un 1,25% y 1,75%.

El gráfico 4.21 muestra las mejoras potenciales medias de las universidades sociales para alcanzar la eficiencia técnica en cada año, expresada en porcentajes.

Gráfico 4.22: Mejoras potenciales medias para alcanzar la eficiencia técnica productiva. Universidades técnico-sociales.





Evolución del período 2009-2013

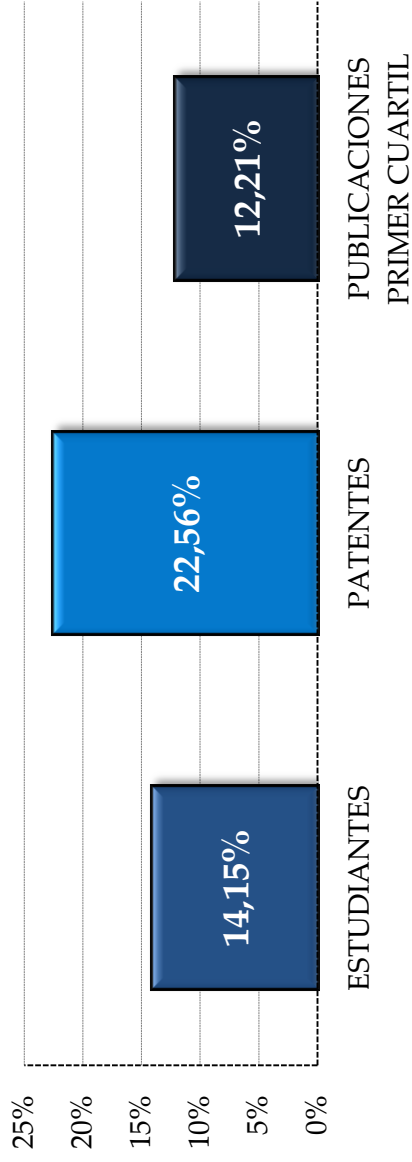
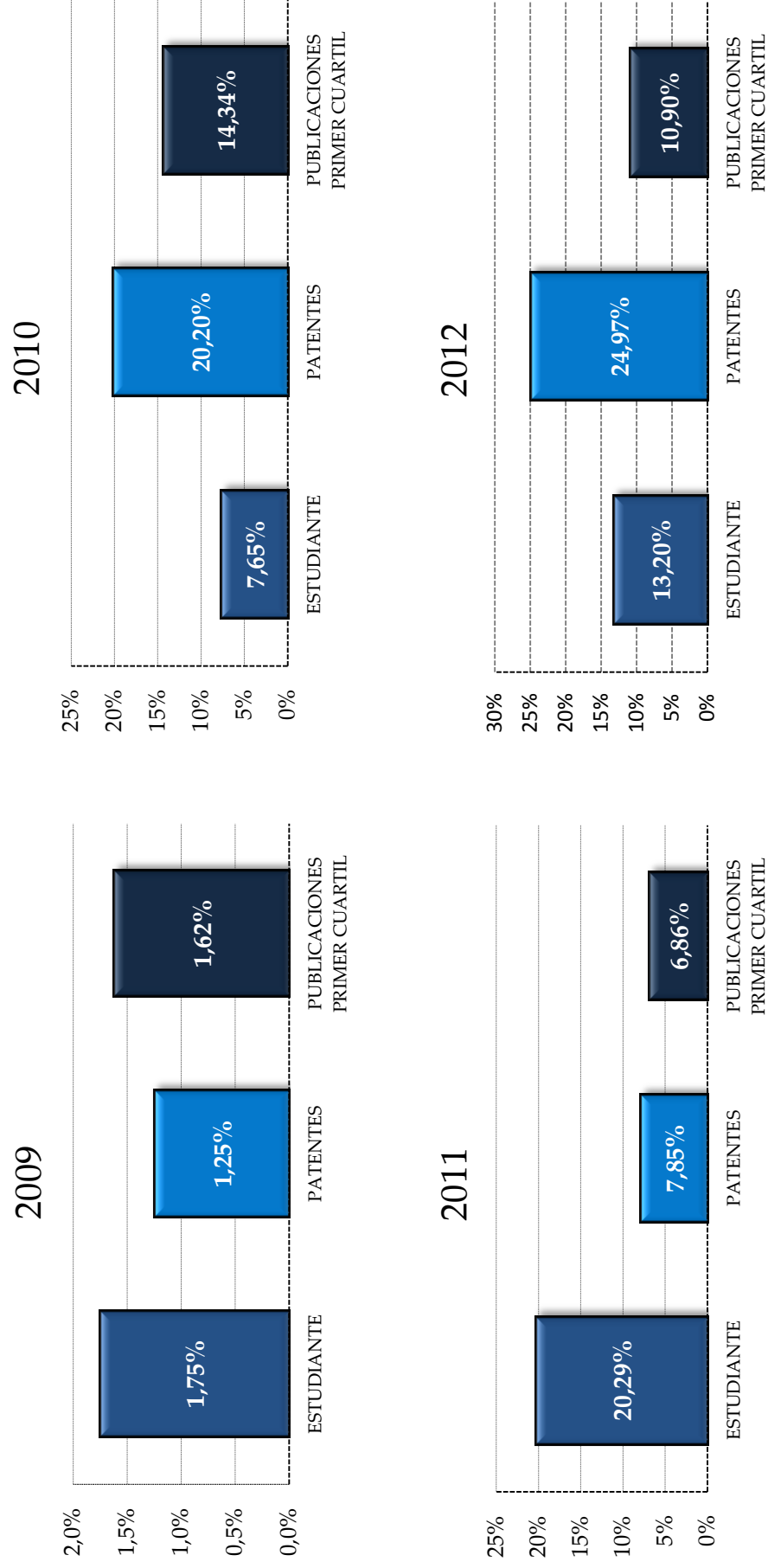
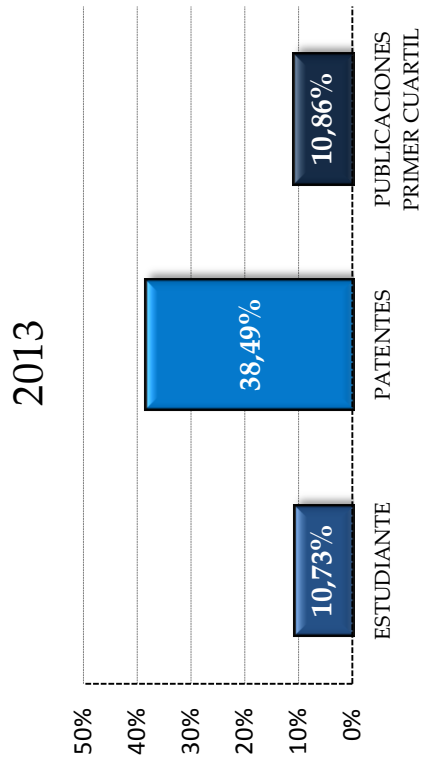
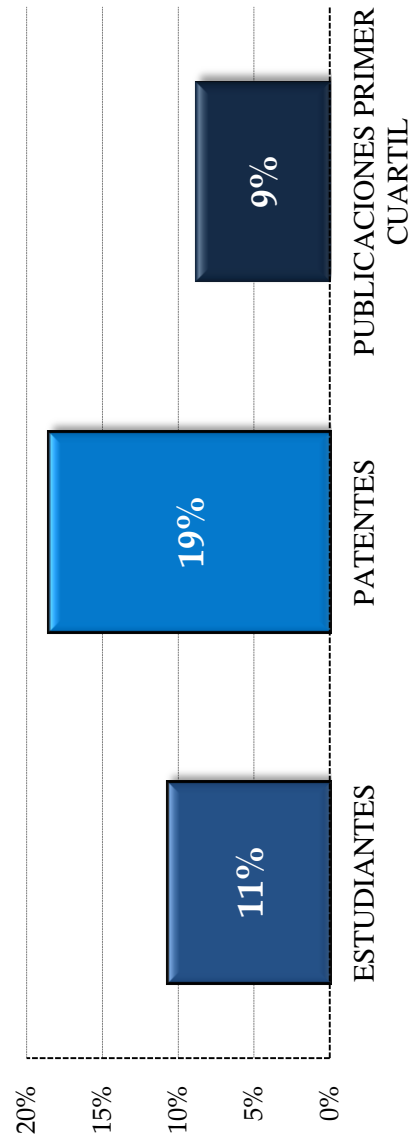


Gráfico 4.23: Mejoras potenciales medias para alcanzar la eficiencia técnica productiva. Universidades sociales.





Evolución del período 2009-2013



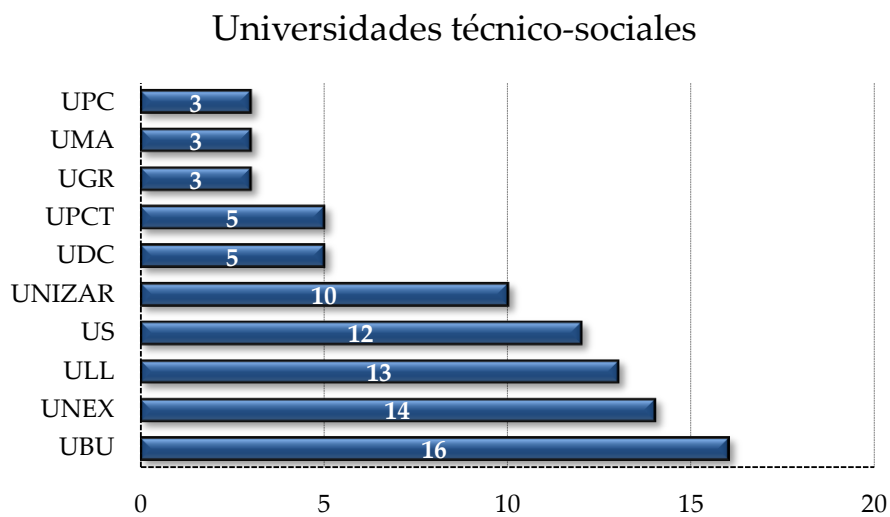
4.7. ANÁLISIS DE LOS CONJUNTOS DE REFERENCIA

El conjunto de referencia o *peer group* de una universidad concreta lo constituyen aquellas unidades reales eficientes que conforman el punto de referencia de la unidad evaluada o, lo que es lo mismo, el conjunto de DMUs cuyo comportamiento debería imitar la unidad evaluada.

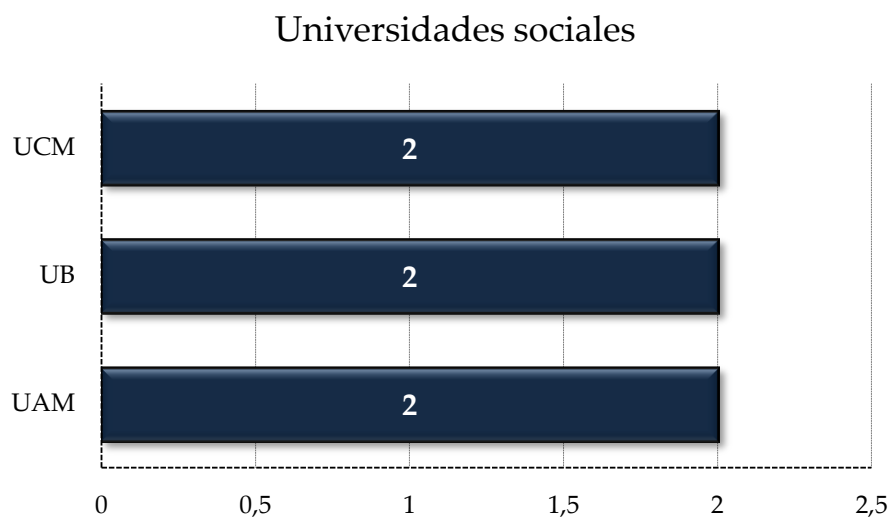
La frecuencia con la que la unidad analizada forme parte del *peer group* de otras unidades es un indicador cualitativo de que dicha universidad es eficiente. Por tanto, aquellas universidades que sean evaluadas como eficientes y que aparezcan únicamente como referencia de sí misma podrían ser universidades atípicas.

En los siguientes gráficos se representa el número de veces que pertenece una universidad a conjuntos de referencias por cluster y año³.

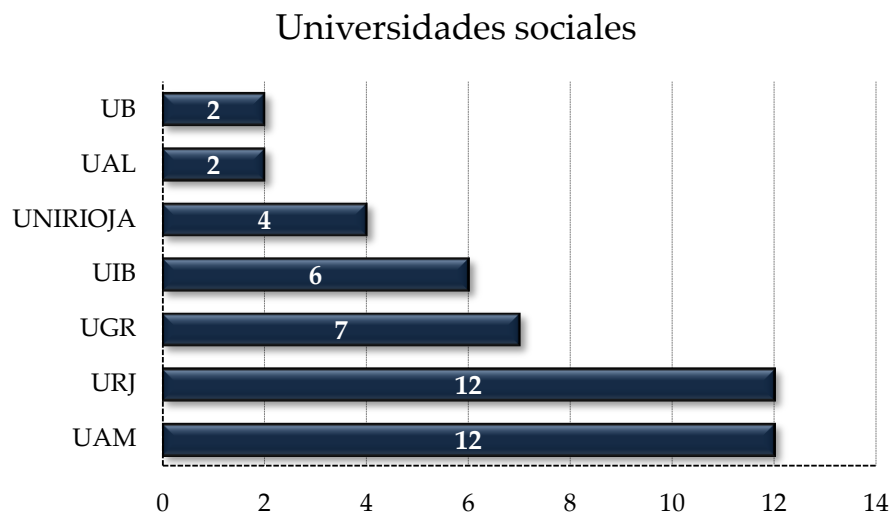
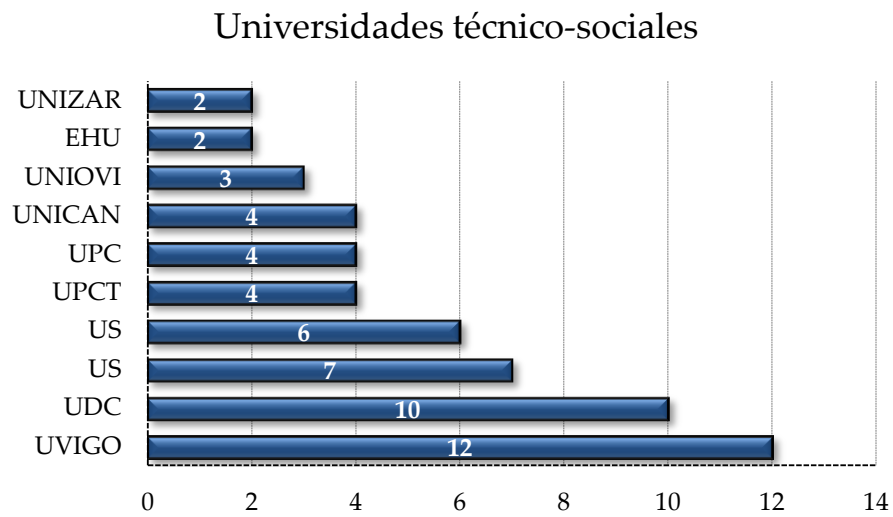
Gráfico 4.24: Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2009



³ Aquellas universidades que únicamente son referencia de sí mismas se han eliminado del gráfico.

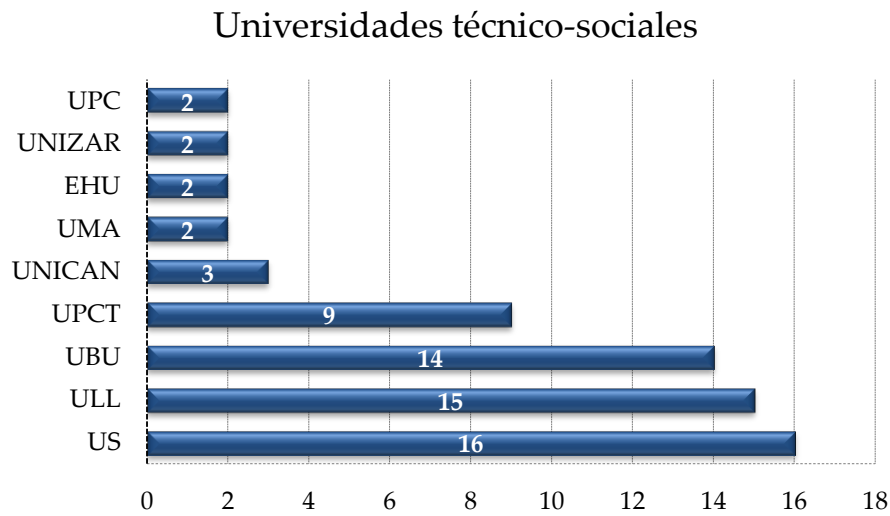


Tal y como se observa en los gráficos, en el año 2009 la universidad que forma parte de un conjunto de referencia con más frecuencia es Burgos, con un total de 16 veces. Esto supone ser referencia del 45,7% de las universidades técnico-sociales. Le sigue con poca diferencia la Universidad de Extremadura con 14 veces, lo que implica ser referencia del 40% de las universidades. Sin embargo, para el conjunto de universidades sociales, no hay ninguna que destaque por ser referencia un número elevado de veces. Si bien es preciso comentar que el número de universidades sociales en 2009 es relativamente pequeño.

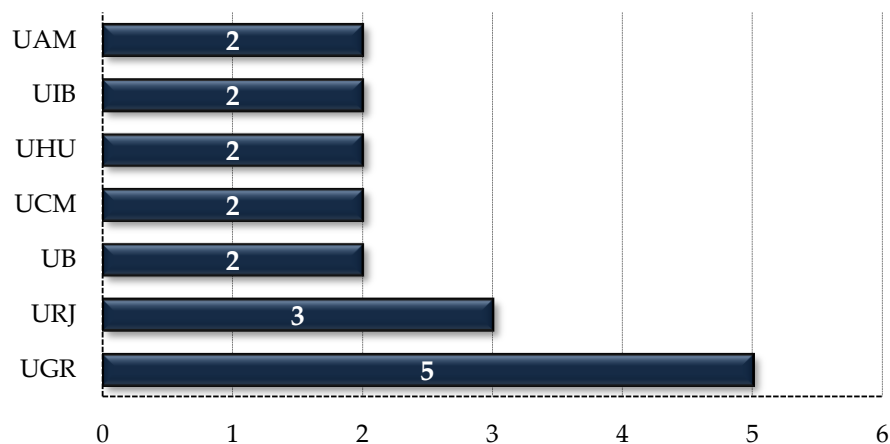
Gráfico 4.25: Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2010

En 2010, tal y como se aprecia en el gráfico 4.25, universidad de Vigo es el líder global de las universidades técnico-sociales, contando con una frecuencia de pertenencia a un *peer group* de 12. Esta frecuencia significa que es referencia de un 40% de las universidades técnico-sociales. Le siguen las universidades de A Coruña y Vigo con 10 y 7 veces respectivamente. Destaca que la universidad de Burgos reduzca a seis el número de veces que es referencia de otras universidades respecto al año anterior. En el caso de las universidades sociales, las Autónoma de Madrid y Rey Juan Carlos son parte de un grupo de referencia las mismas veces, siendo ambas universidades referencia de una misma universidad en nueve de los doce casos, es decir, para un 40,9% de las universidades sociales.

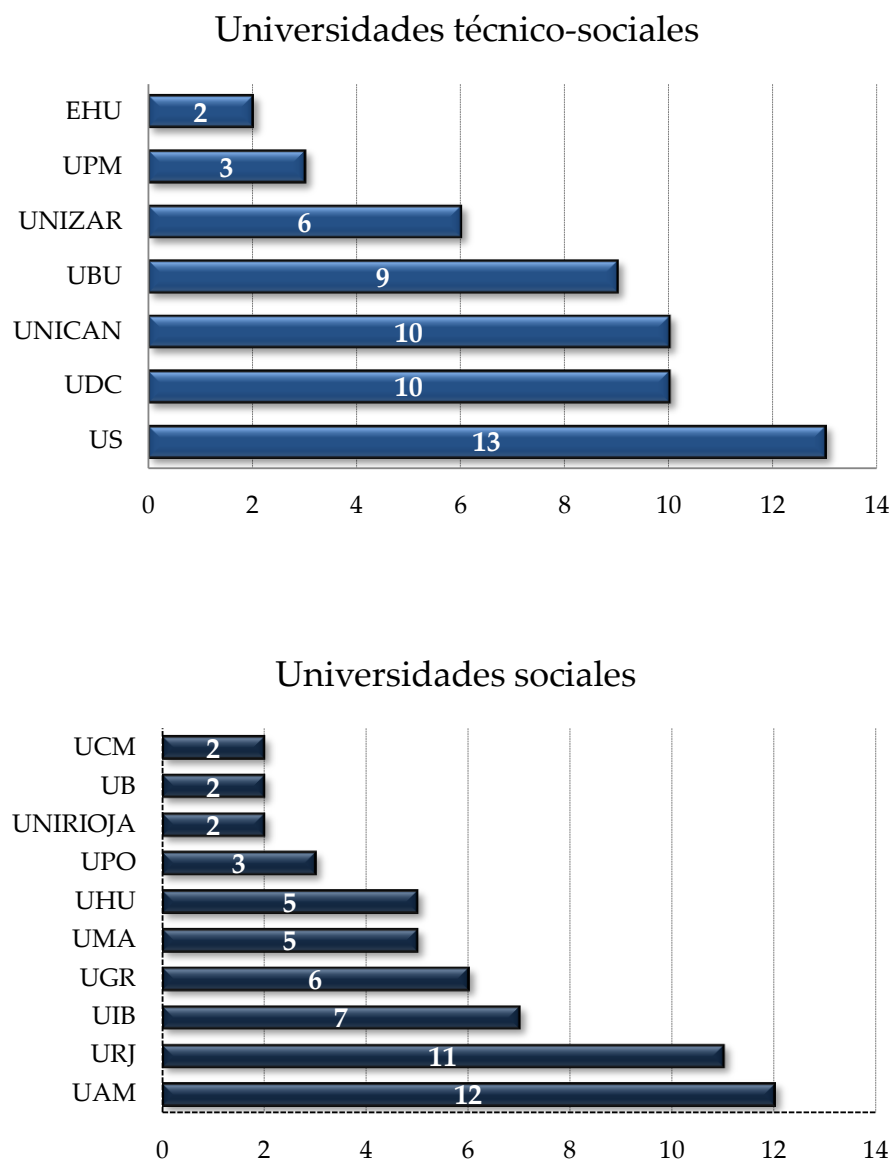
Gráfico 4.26: Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2011.



Universidades sociales



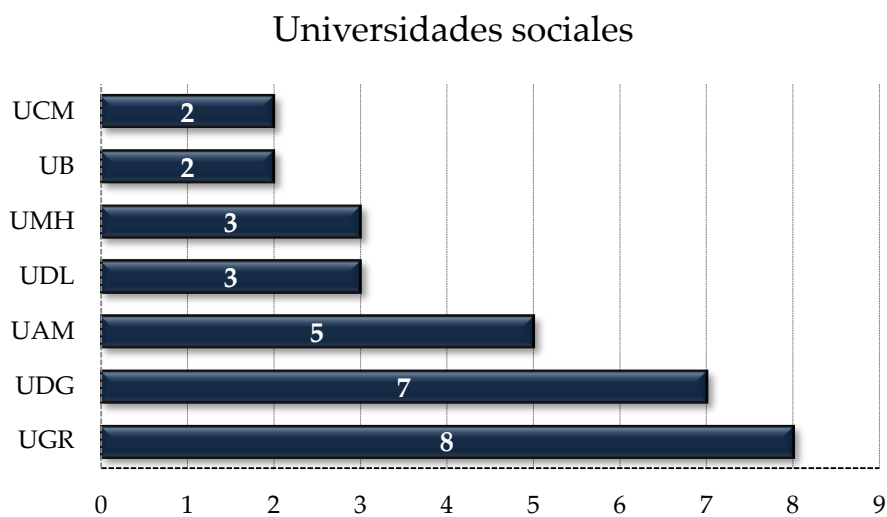
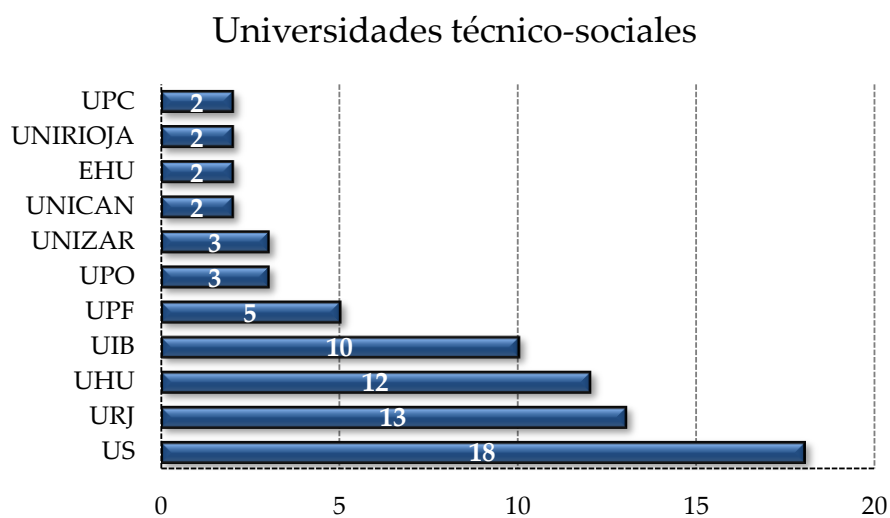
En 2011, Sevilla incrementa la frecuencia en la que forma parte de un grupo de referencia y se posiciona como líder global de las universidades técnico-sociales, resultando referente del 48,5% de las universidades del cluster. Por otra parte, La Laguna y Burgos vuelven a quedar entre las tres primeras universidades que figuran con mayor frecuencia en un *peer group*. En el grupo de universidades sociales lidera la universidad de Granada, mientras que la Autónoma de Madrid reduce su frecuencia de 12 a 2 con respecto a 2010.

Gráfico 4.27: Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2012

En el conjunto de universidades técnico-sociales la universidad de Sevilla sigue figurando como el líder global, siendo referencia de un 59% de las universidades que componen este cluster. En el caso de las universidades sociales

la Autónoma de Madrid es referente del 48% de las mismas, lo que vuelve a posicionarla como líder global de este cluster.

Gráfico 4.28: Frecuencias de pertenencia a un conjunto de referencia. Año 2013



La universidad de Sevilla vuelve a ser la más frecuente en los conjuntos de referencia, siendo referente del 58% de las universidades técnico-sociales. En el caso de las universidades sociales, la de Granada es referente del 31,2% de las universidades.

En resumen, las universidades de Sevilla y Autónoma de Madrid son líderes globales de las universidades técnico-sociales y sociales en tres de los cinco años en el período 2009-2013, respectivamente.

Las universidades que aparecen con más frecuencia en el conjunto de referencia a lo largo del período coinciden con varias de las universidades del trabajo de Gómez y Mancebón (2012), concretamente con la universidad Politécnica de Cataluña, Granada, Pablo de Olavide, Complutense de Madrid, Burgos, La Rioja y Extremadura.

4.8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

De acuerdo con el capítulo I, el análisis de sensibilidad se aplica en este trabajo para estudiar la relevancia de las variables consideradas en la función de producción de las universidades públicas españolas. Si bien la transferencia tecnológica está reconocida como una función esencial de la universidad, la situación económica actual, la debilidad que muestra el tejido empresarial español para hacer frente a una sociedad basada en el conocimiento y la baja integración de esta función en la estrategia de las universidades, hacen interesante un análisis que permita observar la sensibilidad de los resultados a la inclusión de esta variable.

Para ello, el análisis de sensibilidad que se realiza está basado en la comparativa de las puntuaciones de eficiencia de las entidades evaluadas en el modelo completo, con los tres output, y las de los modelos alternativos. Éstos últimos consisten en suprimir un output de forma secuencial y comparar los resultados obtenidos del modelo resultante con los obtenidos del modelo completo. De este modo, es posible comparar las variaciones en las puntuaciones de eficiencia según las variables definitorias de la función de producción contempladas en el análisis DEA.

Las puntuaciones de eficiencia se recogen en las tablas 4.20, 4.21 y 4.22, en las que se indica el output suprimido, las estimaciones de eficiencia promedio para ambos modelos y el número de DMUs calificadas como eficientes en cada versión del modelo.

Como muestra la tabla 4.20, la supresión del output patentes del modelo inicial supone un descenso moderado de la estimación del promedio de la eficiencia técnica productiva en todos los años del período 2009-2013. El año más afectado es el 2010, cuando se muestra un descenso del promedio de eficiencia del 5,8%, pasando de un índice de eficiencia promedio de 86,58 a 81,1. Le siguen los años 2009 y 2013 en los que el descenso de la estimación del promedio disminuye un 5,1% y un 5%, respectivamente. Asimismo, el número de unidades clasificadas como eficientes resulta ligeramente superior cuando se considera el output patentes. Nuevamente, en el año 2010 se puede observar la mayor diferencia entre el modelo completo y el alternativo, pasando de 14 a 8 universidades eficientes, lo que supone un 75% menos de universidades. El resto de años presentan diferencias con decrementos en el número de universidades eficientes que oscilan entre 2 y 4. Las universidades más influidas por este modelo son aquellas en cuya oferta de titulaciones destaca la presencia de ingenierías y arquitecturas, ejemplo de ello serían la Politécnica de Cartagena, la Politécnica de Cataluña, la Politécnica de Madrid, la Universidad de Cantabria y Alcalá entre otras. Este resultado coincide con el obtenido por De la Torre et al. (2015), en el que se aprecian las universidades politécnicas como las más orientadas a la transferencia del conocimiento.

Tabla 4.20: Eficiencia promedio y descriptivos sin patentes.

Modelo A: EST + PUBLIC_1						
	Modelo completo			Modelo A		
	Eficiencia promedio	D. Típica	Nº ud. Eficientes	Eficiencia promedio	D. Típica	Nº ud. Eficientes
2009	87,38	12,3	14	83,13	12,82	11
2010	86,58	12,59	14	81,81	12,91	8
2011	84,85	13,56	16	82,17	14,21	13
2012	83,48	13,81	14	80,38	14,58	10
2013	82,1	14,15	13	78,18	15,08	11

La tabla 4.21 muestra los resultados de la estimación del promedio de la eficiencia técnica productiva cuando se suprime el output estudiantes. Como se puede observar la eficiencia promedio disminuye significativamente en comparación con el modelo completo. El año en que es más notable dicho descenso es el 2010 con una diferencia del 56,4%, pasando de una eficiencia promedio de 86,58 en el modelo completo a 55,36 en el alternativo. Asimismo, el número de universidades eficientes en este año resulta afectado negativamente, experimentando una reducción del 367%, esto es una reducción de 14 a 3 universidades calificadas eficientes. Le siguen los años 2011 y 2012 con una diferencia de 30,03% y 34,4%, respectivamente, en la eficiencia promedio entre el modelo alternativo y el completo. La diferencia en el número de universidades eficientes es igualmente importante en el año 2011, reduciéndose éste un 129% entre ambos modelos.

Tabla 4.21: Eficiencia promedio y descriptivos sin estudiantes.

Modelo B: PAT + PUBLIC_1						
	Modelo completo			Modelo B		
	Eficiencia promedio	D. Típica	Nº ud. Eficientes	Eficiencia promedio	D. Típica	Nº ud. Eficientes
2009	87,38	12,31	14	69,91	22,77	11
2010	86,58	12,60	14	55,36	21,06	3
2011	84,86	13,56	16	65,26	23,59	7
2012	83,48	13,82	14	62,11	22,74	7
2013	82,09	14,15	13	68,40	21,75	8

En la tabla 4.22 se presentan los resultados obtenidos al eliminar del modelo la variable publicaciones en primer cuartil. En este caso es en el año 2011 cuando se puede observar la diferencia más significativa respecto al modelo completo, siendo ésta del 17,5%. En este año el número de universidades calificadas como eficientes disminuye de 16 a 4, lo que supone un 300% menos.

Tabla 4.22: Eficiencia promedio y descriptivos sin publicaciones primer cuartil.

Modelo C: PAT + EST						
	Modelo completo			Modelo C		
	Eficiencia promedio	D. Típica	Nº ud. Eficientes	Eficiencia promedio	D. Típica	Nº ud. Eficientes
2009	87,38	12,31	14	78,88	16,16	7
2010	86,58	12,60	14	81,48	14,56	10
2011	84,86	13,56	16	72,22	14,48	4
2012	83,48	13,82	14	75,05	16,03	8
2013	82,09	14,15	13	71,08	16,83	7

Como se puede apreciar, el modelo alternativo más afectado por las disminuciones de los promedios de eficiencia es aquel en el que se suprime la variable estudiantes.

Al suprimir el output que representa la función de transferencia tecnológica, la diferencia en la eficiencia promedio oscila entre un 3,3% y un 5,5%, lo que supone un porcentaje muy bajo en relación a los decrementos producidos cuando se eliminan las variables relativas a docencia e investigación. Así, la diferencia de la eficiencia promedio entre el modelo completo y el modelo B, en el que se elimina el output estudiantes, fluctúa entre un 17% y un 36%, y respecto al modelo C, en el que se elimina el output publicaciones en primer cuartil, dichos porcentajes varían entre el 6% y el 15%.

Por lo tanto, este análisis evidencia que el sistema universitario español está más orientado a la docencia y la investigación, dejando a la transferencia

tecnológica un amplio margen de desarrollo. Berbegal et al. (2013) concluyen que los resultados de transferencia tecnológica en España distan mucho de los obtenidos por las universidades europeas, con mayores niveles de transferencia tecnológica. En esta línea, la tesis doctoral de Vázquez (2011) estudia la eficiencia de las universidades españolas aplicando la metodología DEA bajo dos especificaciones de input-output que recogen únicamente la función investigadora o docente, siendo éste último modelo el que mayor eficiencia promedio presenta.

4.9. ORDENACIÓN DE LAS UNIVERSIDADES: MÉTODO DE SUPEREFICIENCIA

En este apartado se establece una ordenación de la muestra de universidades públicas⁴ en base a las puntuaciones de supereficiencia obtenidas⁵.

Se puede distinguir un grupo de universidades que mantiene una puntuación igual o superior a 100 a lo largo de todo el período. Es el caso de las universidades de Burgos, Barcelona, Complutense de Madrid, Rey Juan Carlos, Autónoma de Madrid, Sevilla, Islas Baleares y Autónoma de Barcelona, caracterizadas en su mayoría por ofrecer principalmente titulaciones de la rama de ciencias sociales.

Ninguna universidad se mantiene todo el período en los tres primeros puestos de la ordenación. La más frecuente es la Universidad Autónoma de Madrid, situándose entre los tres primeros lugares cuatro años consecutivos, de 2010 a 2013. La Universidad Complutense de Madrid, Politécnica de Madrid, Politécnica de Cataluña y Barcelona figuran en uno de los tres primeros puestos en dos años y la Universidad de Sevilla, Burgos y Politécnica de Cartagena en un

⁴ La universidad de La Rioja no figura en las ordenaciones dado que el programa no le asigna una puntuación. El trabajo de Thrall (1996) constituye el primer estudio riguroso y completo del problema de infactibilidad del modelo SDEA, si bien sólo analiza el caso para el modelo CCR de orientación input. La revisión más completa para ocho modelos básicos se debe a Dulá y Hickman (1997). Otros estudios similares son los de Zhu (1996), Seiford y Zhu (1998), Tone (2010), Jablonsky (2002), Xue y Harker (2002) y Liang et al. (2009).

⁵ Para ver en detalle las puntuaciones de supereficiencia para cada una de las universidades ver anexo III.

año. Es destacable que las universidades de Burgos y Rey Juan Carlos, siendo de reciente creación, años 1994 y 1996 respectivamente, presenten en los cinco años analizados una puntuación de supereficiencia superior a 100. Además, se sitúan en todos los casos en el primer cuartil del ranking.

A continuación, la tabla 4.23 muestra la ordenación de universidades en función de la puntuación de supereficiencia obtenida.

Tabla 4.23: Ordenación de las universidades en el período 2009-2013.

Ranking 2009					
1	UBU	17	UM	33	UDG
2	UB	18	UNICAN	34	ULPGC
3	UCM	19	UVIGO	35	USAL
4	UMA	20	ULL	36	UMH
5	UNIZAR	21	UNEX	37	UVA
6	URJC	22	UA	38	URV
7	UPC	23	UNIOVI	39	UNILEON
8	UAB	24	UV	40	UCLM
9	UPCT	25	USC	41	UDL
10	US	26	UAH	42	UC3M
11	UIB	27	UCA	43	UJI
12	UAM	28	UCO	44	EHU
13	UPF	29	UJAEN	45	UNAVARRA
14	UPM	30	UHU	46	UPO
15	UGR	31	UPV		
16	UDC	32	UAL		

Ranking 2010					
1	UAM	17	UMA	33	UAH
2	UCM	18	UM	34	UMH
3	UPC	19	UNIOVI	35	UDG
4	UAB	20	UV	36	UPV
5	UB	21	USC	37	UVA
6	URJC	22	UNIZAR	38	URV
7	UBU	23	UNEX	39	USAL
8	UIB	24	UPO	40	EHU
9	US	25	UNICAN	41	UCLM
10	UPM	26	UPF	42	UDL
11	UDC	27	UPCT	43	UJI
12	UAL	28	UA	44	UC3M
13	UGR	29	UJAEN	45	UNAVARRA
14	UVIGO	30	UCO	46	ULPGC
15	UCA	31	UHU		
16	ULL	32	UNILEON		

Ranking 2011					
1	UPCT	17	UDC	33	UCO
2	UAM	18	UVIGO	34	UNIOVI
3	UPM	19	ULL	35	UA
4	UCM	20	UNEX	36	UAL
5	UB	21	UDG	37	ULPGC
6	UMA	22	UNILEON	38	UCLM
7	US	23	UNICAN	39	UCA
8	UAB	24	URV	40	UC3M
9	UBU	25	UNIZAR	41	USAL
10	UGR	26	UV	42	UVA
11	UPF	27	UJAEN	43	UAH
12	URJC	28	UDL	44	UJI
13	UHU	29	UM	45	EHU
14	UPO	30	UPV	46	UNAVARRA
15	UIB	31	USC		
16	UPC	32	UMH		

Ranking 2012					
1	UPM	17	UCLM	33	URV
2	UAM	18	UDC	34	UJAEN
3	UB	19	UNEX	35	UA
4	UHU	20	UNILEON	36	ULPGC
5	US	21	UC3M	37	UDL
6	UCM	22	ULL	38	UPC
7	URJC	23	UDG	39	EHU
8	UAB	24	UV	40	USAL
9	UPO	25	UM	41	UMH
10	UNICAN	26	UNIZAR	42	UPV
11	UBU	27	UNIOVI	43	UVA
12	UGR	28	UCO	44	UAH
13	UIB	29	UVIGO	45	UJI
14	UMA	30	USC	46	UNAVARRA
15	UPF	31	UAL		
16	UPCT	32	UCA		

Ranking 2013					
1	US	17	UMA	33	UVIGO
2	UPC	18	UPCT	34	EHU
3	UAM	19	UCLM	35	UAL
4	URJC	20	UDC	36	UJAEN
5	UBU	21	UNEX	37	UA
6	UCM	22	UV	38	UCA
7	UB	23	UDG	39	UVA
8	UAB	24	ULL	40	UAH
9	UIB	25	URV	41	UJI
10	UHU	26	UNILEON	42	ULPGC
11	UPO	27	UDL	43	UC3M
12	UGR	28	UM	44	UNAVARRA
13	UPF	29	UCO	45	USAL
14	UMH	30	USC	46	UPV
15	UNICAN	31	UNIZAR		
16	UPM	32	UNIOVI		

En España, el U-Ranking establece anualmente una ordenación de universidades atendiendo a dos criterios, el primero en cuanto a la productividad de las universidades, obtenida de la relación entre los recursos totales y el tamaño de la universidad y el segundo, sobre el volumen total de resultados obtenidos. Respecto a la ordenación en función de la productividad, las universidades que ocupan los primeros puestos en 2015 son la universidad Pompeu Fabra, Carlos III, Barcelona, Politécnica de Madrid, Politécnica de Valencia, Autónoma de Madrid y Cantabria. Cuando la ordenación de las universidades se realiza en función del volumen total de resultados, las universidades con mejor puntuación son la universidad Complutense de Madrid, Barcelona, Granada, Sevilla, Politécnica de Madrid, Politécnica de Valencia y Valencia entre otras. Como se puede comprobar, la posición de las universidades en el ranking depende en gran medida de las variables empleadas en el estudio. No obstante, tanto en el U-Ranking como en la ordenación establecida en este trabajo, se pueden encontrar algunas universidades que siempre se posicionan en la primera mitad. Es el caso de las universidades de Barcelona, Autónoma de Madrid, Autónoma de Barcelona y Politécnica de Cataluña. Por otro lado, las universidades de Burgos y Málaga varían sensiblemente su posición de un ranking a otro, resultando favorecidas cuando se consideran los recursos financieros de los que disponen. En el caso contrario estaría, por ejemplo, la universidad Carlos III, que en el U-Ranking de 2015 por volumen y productividad se sitúa en los puestos 2 y 15, respectivamente; mientras que cuando se evalúa teniendo en cuenta la financiación recibida, esta universidad se sitúa en los últimos puestos de la ordenación establecida en este trabajo en todos los años del periodo.

En esta línea, Gómez et al. (2014) elaboran un ranking en función de la productividad docente e investigadora de las universidades públicas españolas a partir de las medidas de supereficiencia obtenidas en un análisis DEA. Para ello, toman como variables input el número de alumnos y de profesores en el año 2010 (en adelante modelo general). Al igual que en el caso anterior, las universidades grandes y consolidadas como son la universidad de Barcelona, Pompeu Fabra, Autónoma de Barcelona, Complutense de Madrid y Autónoma de Madrid, ocupan los primeros puestos del ranking. Asimismo, algunas universidades resultan favorecidas cuando se tiene en cuenta la variable financiación. Ejemplo

de ello son las universidades Rey Juan Carlos, Politécnica de Cartagena, Cantabria y Burgos, que pasan de situarse en la segunda mitad del ranking a la primera.

4.10. CAMBIO EN LA PRODUCTIVIDAD EN EL PERIODO 2009-2013

4.10.1. Análisis del cambio de productividad en las universidades.

Para medir la tasa de crecimiento de Productividad Total de los Factores se emplea el índice de Malmquist. Éste, tal y como se presenta en el capítulo I, se puede expresar como el producto de dos términos denominados *catch-up* y *frontier*, que hacen referencia al cambio en la eficiencia técnica y al cambio tecnológico, respectivamente. A su vez, el término *catch-up* se puede descomponer en otros dos términos que permiten identificar si la mejora se debe a un incremento de la eficiencia técnica pura o a un incremento de la eficiencia de escala.

Antes de comenzar a exponer los resultados del análisis, es conveniente aclarar que para el cálculo del índice de Malmquist se han utilizado únicamente los outputs de investigación y docencia, es decir, artículos publicados en primer cuartil y estudiantes, ya que el relativo a patentes presenta valores iguales a cero en algunos casos, dificultando el cálculo del índice. En cualquier caso, a la vista de los resultados obtenidos en el apartado 4.7, la supresión de esta variable en las puntuaciones de eficiencia tiene un impacto poco relevante, por lo que los resultados obtenidos para el índice de Malmquist no varían de forma significativa.

A continuación, la tabla 4.24 muestra los resultados obtenidos al aplicar el índice de Malmquist a todas las universidades públicas españolas de la muestra para el período 2009-2013. Dicho resultado aparece desglosado en los dos términos antes mencionados, *catch-up* y *frontier shift*, para cada una de las universidades.

Tabla 4.24: Resultados índice de Malmquist período 2009-2013.

	Índice de Malmquist	Catch-up	Frontier Shift
Complutense de Madrid	1,093	0,804	1,359
Barcelona	1,399	0,933	1,498
Politécnica de Madrid	1,362	1,003	1,358
País Vasco	1,304	0,956	1,364
Sevilla	1,547	1,144	1,352
Granada	1,592	1,172	1,359
Valencia	1,270	0,927	1,371
Politécnica de Valencia	1,354	0,993	1,365
Zaragoza	1,142	0,835	1,368
Santiago de Compostela	1,308	0,952	1,374
Autónoma de Madrid	1,538	0,982	1,567
Oviedo	1,230	0,900	1,367
Autónoma de Barcelona	1,617	1,000	1,617
Valladolid	1,153	0,853	1,351
Málaga	1,478	1,090	1,355
Politécnica de Cataluña	1,361	0,996	1,368
Salamanca	1,044	0,770	1,355
La Laguna	1,134	0,830	1,365
Murcia	1,151	0,849	1,356
Castilla-La Mancha	1,705	1,257	1,357
Extremadura	1,097	0,812	1,352
Alicante	1,160	0,859	1,350
Vigo	1,179	0,865	1,363
Las Palmas de Gran Canaria	1,106	0,817	1,354
Cádiz	1,081	0,799	1,354
A Coruña	1,203	0,885	1,359
Alcalá	1,038	0,764	1,358
Córdoba	1,201	0,880	1,365
Rey Juan Carlos	1,353	1,000	1,353
Cantabria	1,493	1,043	1,431

León	1,302	0,964	1,351
Jaén	1,107	0,819	1,351
Almería	1,135	0,839	1,352
Carlos III de Madrid	1,114	0,819	1,360
las Illes Balears	1,320	0,965	1,368
Rovira i Virgili	1,411	1,001	1,410
Jaume I de Castellón	1,230	0,905	1,359
Girona	1,304	0,958	1,362
Huelva	1,491	1,104	1,351
Lleida	1,330	0,973	1,367
Pública de Navarra	1,253	0,919	1,364
Miguel Hernández de Elche	1,252	0,917	1,365
Burgos	0,984	0,727	1,355
Politécnica de Cartagena	1,043	0,764	1,366
Pompeu Fabra	1,558	1,044	1,493
La Rioja	1,035	0,762	1,358
Pablo de Olavide	3,722	2,520	1,477
Promedio	1,325	0,957	1,380

Como se puede observar, el sector de la educación superior pública ha experimentado un cambio productivo significativo en el período 2009-2013, mostrando un crecimiento promedio del 32,5%. En este caso, el crecimiento de la productividad viene explicado por la mejora técnica experimentada en la frontera cifrada en un 38%, ya que la eficiencia técnica o catch-up presenta un decremento promedio del 4,32%. No obstante, se pueden observar universidades como la de Sevilla, Granada, Castilla la Mancha, Huelva y Pablo de Olavide, que han mejorado sustancialmente su eficiencia técnica.

La mencionada mejora técnica indica que, con el paso del tiempo se emplea una menor cantidad de inputs para producir una misma cantidad de output, es decir, que se es capaz de ofrecer la misma cantidad de servicios para un menor volumen de recursos financieros (Pastor, 1995). Esto se traduce en que las unidades situadas en la frontera mejoran su gestión respecto a años anteriores. El progreso técnico generalizado que muestra la tabla 4.24, estaría relacionado con el

contexto de restricción presupuestaria en el que han venido desarrollando su actividad las universidades españolas, en el sentido en que con una menor cantidad de input (financiación) las universidades han sido capaces de mantener niveles similares de output. Las universidades que presentan una mejora técnica por encima del promedio son Barcelona, Autónoma de Barcelona, Autónoma de Madrid, Pablo de Olavide, Pompeu Fabra, Cantabria y Rovira y Virgili.

Es interesante descomponer las medidas de eficiencia técnica global en medidas de eficiencia técnica pura y eficiencia de escala. De este modo, es posible analizar con mayor profundidad las causas del empeoramiento general de la eficiencia observado en el período. Para ello, en la tabla 4.25 se presentan los resultados del término *catch-up* y su desglose.

Tabla 4.25: Desglose del *catch-up*. Eficiencia técnica pura y de escala.

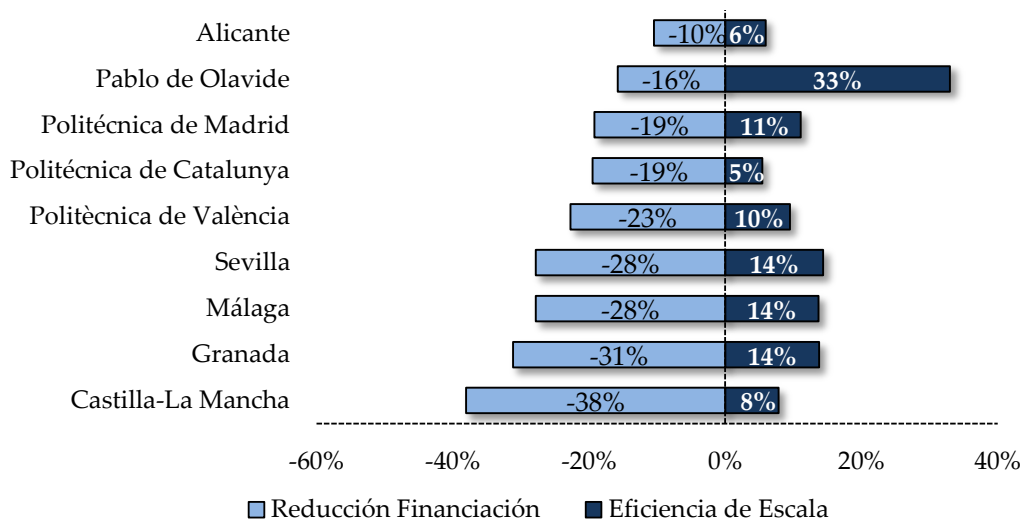
	Catch-up	ETP	EE
Complutense de Madrid	0,804	1,000	0,804
Barcelona	0,933	1,000	0,933
Politécnica de Madrid	1,003	0,903	1,111
País Vasco	0,956	1,080	0,885
Sevilla	1,144	1,000	1,144
Granada	1,172	1,030	1,138
Valencia	0,927	0,935	0,991
Politécnica de Valencia	0,993	0,906	1,095
Zaragoza	0,835	0,825	1,012
Santiago de Compostela	0,952	0,950	1,003
Autónoma de Madrid	0,982	1,000	0,982
Oviedo	0,900	0,890	1,011
Autónoma de Barcelona	1,000	1,000	1,000
Valladolid	0,853	0,806	1,059
Málaga	1,090	0,959	1,137
Politécnica de Catalunya	0,996	0,944	1,055
Salamanca	0,770	0,735	1,048
La Laguna	0,830	0,835	0,994

Murcia	0,849	0,816	1,041
Castilla-La Mancha	1,257	1,165	1,079
Extremadura	0,812	0,815	0,995
Alicante	0,859	0,811	1,059
Vigo	0,865	0,871	0,993
Las Palmas de Gran Canaria	0,817	0,792	1,032
Cádiz	0,799	0,771	1,035
A Coruña	0,885	0,896	0,988
Alcalá	0,764	0,768	0,996
Córdoba	0,880	0,888	0,991
Rey Juan Carlos	1,000	1,000	1,000
Cantabria	1,043	1,075	0,971
León	0,964	0,994	0,969
Jaén	0,819	0,826	0,992
Almería	0,839	0,856	0,980
Carlos III de Madrid	0,819	0,825	0,993
las Illes Balears	0,965	1,000	0,965
Rovira i Virgili	1,001	0,999	1,002
Jaume I de Castellón	0,905	0,921	0,983
Girona	0,958	0,976	0,981
Huelva	1,104	1,224	0,902
Lleida	0,973	1,019	0,955
Pública de Navarra	0,919	0,941	0,976
Miguel Hernández de Elche	0,917	0,939	0,977
Burgos	0,727	0,933	0,779
Politécnica de Cartagena	0,764	0,727	1,051
Pompeu Fabra	1,044	0,985	1,060
La Rioja	0,762	1,000	0,762
Pablo de Olavide	2,520	1,896	1,330
Promedio	0,957	0,947	1,005

En términos de promedio, el *catch-up* ha sufrido un decremento del 4,32%, lo que se debe principalmente al empeoramiento de la eficiencia técnica pura promedio, que disminuye un 5,3% a lo largo del período. Sin embargo los cambios en la eficiencia de escala han sido positivos, presentando un incremento promedio del 0,5%. Este resultado indica que las universidades se han acercado a su escala óptima de producción.

Si se analiza con detalle la eficiencia de escala, se pueden observar universidades que presentan una mejora en este componente. Un número importante de estas universidades se corresponden con aquellas que han sufrido las reducciones de financiación más significativas. A continuación, en el gráfico 4.29, se muestran las universidades más afectadas en este sentido.

Gráfico 4.29: Mejora en la eficiencia de escala en relación a la restricción financiera.



Como se puede observar, las nueve universidades representadas en el gráfico 4.29, han experimentado una mejora en la eficiencia de escala igual o superior al 5%, siendo a su vez, las universidades con una mayor pérdida de financiación. Esto indica que el decremento en el input no ha repercutido en un

decremento proporcional del output docente e investigador de las universidades españolas, al menos a corto plazo. Es destacable que este comportamiento se aprecia para un 19% del sistema universitario público español.

Respecto al otro componente del *catch-up*, la eficiencia técnica, se observa que la práctica totalidad de las universidades presentan una disminución. Son una excepción las universidades de País Vasco, Granada, Castilla la Mancha, Cantabria, Huelva, Lleida y Pablo de Olavide con una mejora promedio del 21,25%. Es destacable el hecho de que cinco de estas siete universidades que presentan una mejora en la eficiencia técnica son de las universidades más castigadas por la disminución de la financiación pública.

En términos generales, se puede afirmar que las reducciones financieras practicadas a las universidades por las Administraciones Públicas en los últimos años han supuesto, a corto plazo, una mejora en la eficiencia de escala así como una mejora de la frontera técnica. Sin embargo, se observa un empeoramiento de la eficiencia técnica para la mayor parte del sistema universitario público español.

4.10.2. Análisis del cambio de productividad por Comunidad Autónoma.

Los resultados expuestos en el apartado anterior muestran una mejora generalizada de la productividad de las universidades públicas españolas debida fundamentalmente a una mejora técnica de la frontera. Resulta interesante estudiar qué comunidades autónomas han experimentado en mayor medida dicha mejora tecnológica y su comportamiento respecto a la eficiencia técnica. A continuación, en la tabla 4.26, se presentan los resultados del índice de Malmquist y su descomposición en los términos *catch-up* y *frontier shift* por Comunidades Autónomas.

Tabla 4.26: Índice de Malmquist por Comunidades Autónomas.

CCAA	Índice de Malmquist	Catch-up	Frontier shift
Castilla la Mancha	1,705	1,257	1,357
Andalucía	1,595	1,152	1,368
Cantabria	1,493	1,043	1,431
Cataluña	1,426	0,986	1,445
Baleares	1,320	0,965	1,368
País vasco	1,304	0,956	1,364
Navarra	1,253	0,919	1,364
Valencia	1,253	0,920	1,362
Madrid	1,250	0,895	1,392
Asturias	1,230	0,900	1,367
Galicia	1,230	0,901	1,365
Aragón	1,142	0,835	1,368
León	1,121	0,828	1,353
Canarias	1,120	0,824	1,360
Extremadura	1,097	0,812	1,352
Murcia	1,097	0,806	1,361
La Rioja	1,035	0,762	1,358
Promedio	1,275	0,927	1,373

Como se observa en tabla 4.26, las comunidades de Castilla la Mancha, Andalucía, Cantabria y Cataluña presentan los índices de productividad más elevados. Como cabía esperar Castilla la Mancha y Andalucía ocupan los primeros puestos ya que, como se ha comentado en el apartado anterior, las universidades de ambas comunidades han mejorado significativamente la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala. En términos de promedio, Castilla la Mancha ha mejorado un 25,7% y un 35,7% estas dos medidas, y Andalucía un 15,2% y 36,8%, respectivamente.

En lo que se refiere a mejoras en la frontera técnica, destacan las comunidades de Cantabria y Cataluña, con un 43,1% y un 44,5%, respectivamente. Es destacable que las comunidades con menor mejora

tecnológica, no están muy por debajo de Cantabria y Cataluña. En este sentido, León y Canarias, siendo las comunidades que menor mejora presentan, muestran una mejora ligeramente superior al 35%.

En la tabla 4.27 se muestra la descomposición del término *catch-up* con el objetivo de analizar qué comunidades autónomas han mejorado en mayor medida en la eficiencia técnica y la eficiencia de escala en términos de promedio.

Tabla 4.27: Desglose del *catch-up* por comunidades autónomas.

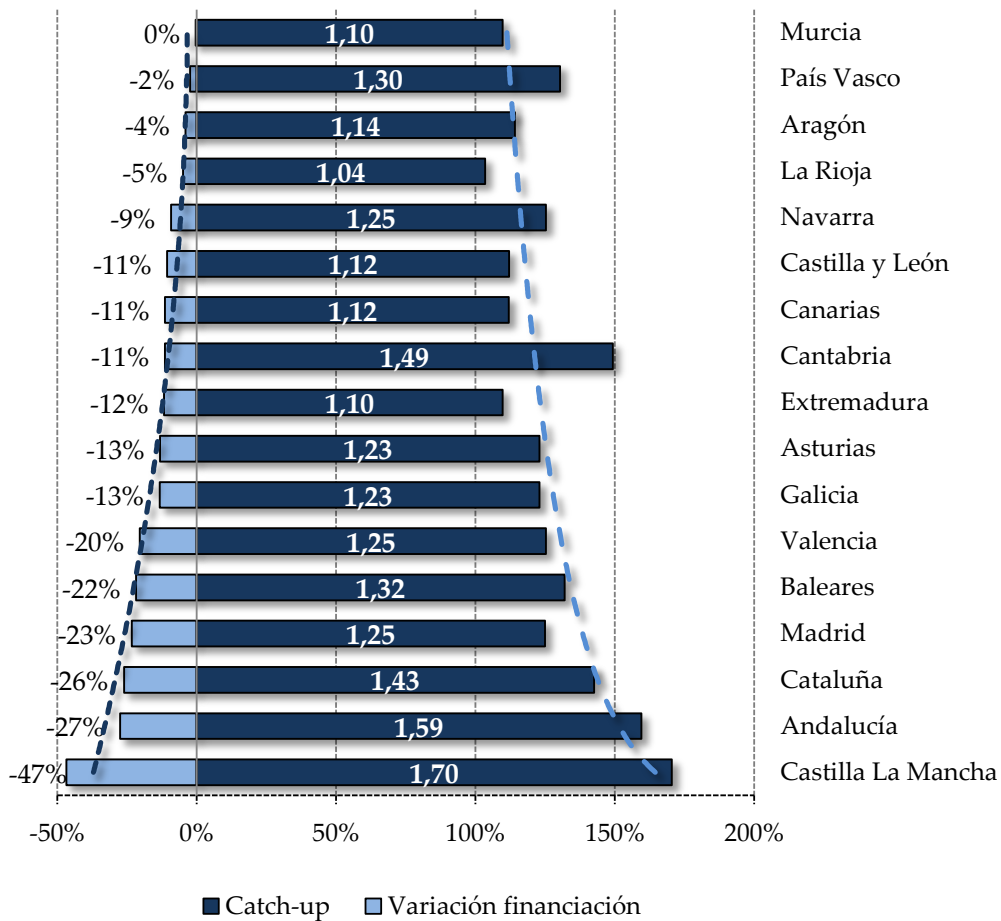
CCAA	Catch-up	ETP	ES
Castilla la Mancha	1,257	1,165	1,079
Andalucía	1,152	1,050	1,072
Cantabria	1,043	1,075	0,971
Cataluña	0,986	0,989	0,998
Baleares	0,965	1,000	0,965
País vasco	0,956	1,080	0,885
Valencia	0,920	0,902	1,021
Navarra	0,919	0,941	0,976
Galicia	0,901	0,906	0,995
Asturias	0,900	0,890	1,011
Madrid	0,895	0,916	0,981
Aragón	0,835	0,825	1,012
León	0,828	0,867	0,964
Canarias	0,824	0,813	1,013
Extremadura	0,812	0,815	0,995
Murcia	0,806	0,771	1,046
La Rioja	0,762	1,000	0,762

Únicamente cuatro comunidades autónomas presentan una mejora en la eficiencia técnica, lo que supone el 23,53% del total. En promedio, dicha mejora se cifra en un 9,2% y corresponde a las comunidades de Castilla la Mancha, Andalucía, Cantabria y País Vasco.

Por el contrario, la mejora tecnológica ha sido mucho más notable. El 41,17% de las comunidades autónomas han experimentado una mejora promedio del 3,6%. Este es el caso de Castilla la Mancha, Andalucía, Valencia, Asturias, Aragón, Canarias y Murcia.

Tras el análisis del índice de Malmquist, tanto a nivel de universidades como de comunidades autónomas y teniendo en cuenta las descripciones sobre la evolución del input financiación del capítulo II, se intuye que en las comunidades en las que las reducciones en la financiación pública han sido más fuertes, se ha experimentado un incremento de la eficiencia técnica. Para contrastarlo, se realiza un análisis de correlaciones entre las reducciones practicadas en las "transferencias corrientes" de 2009 a 2013 y el término *catch-up* del índice de Malmquist. Estos datos se reflejan en el gráfico 4.30 que se muestra a continuación.

Gráfico 4.30: Variación en las transferencias corrientes en el período 2009-2013 y *catch-up* por Comunidades Autónomas.



De forma sencilla, se observa como tendencia general que a mayor variación negativa en la financiación, mayor es el término *catch-up* y por tanto la eficiencia técnica. En términos estadísticos, la correlación entre ambas variables se sitúa en un 0,78, lo que remarca la citada relación. Así, las comunidades de Castilla la Mancha, Andalucía, Cataluña, Madrid, Baleares y Valencia son las una mayor disminución de ingresos y, a su vez, las mayores mejoras en la eficiencia técnica.

A la vista de estos resultados, el progreso técnico y el consecuente desplazamiento de la frontera se puede asociar más que a la incorporación de una mejora tecnológica, a que el consumo de inputs en relación al output, se ha reducido notablemente en los últimos años de forma generalizada.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

CONCLUSIONES

En los últimos años, la fuerte crisis económica que está sufriendo España ha afectado a los presupuestos de las universidades públicas españolas. De hecho, en el período 2009-2013 la financiación recibida por las universidades se ha reducido un 12,5%. En este sentido, desde el gobierno se han impulsado diferentes reformas dirigidas a modificar la estructura de financiación de las universidades de forma que la autofinanciación a través de las tasas y precios públicos procedentes de la prestación del servicio docente e investigador adquiera un mayor protagonismo y la transferencia de fondos disminuya progresivamente.

En un contexto económico como el actual, en el que las universidades han de adaptarse a nuevas fórmulas de financiación y mantener su actividad con una cuantía inferior de recursos, resulta interesante evaluar la eficiencia considerando como input únicamente los recursos financieros, independientemente de cómo se inviertan en recursos materiales, humanos,... ya que esto formaría parte de la estrategia de la universidad para alcanzar el output. Además, durante este periodo de transición a una nueva estructura financiera, es probable que las universidades hayan cambiado su estrategia de gasto, de modo que el uso de un input más general permite no condicionar el resultado a inputs que presentan una mayor rigidez ante cambios en la coyuntura económica. Fundamentados en este razonamiento, este trabajo plantea como objetivos generales la propuesta de una función de producción en términos de financiación que permita medir la eficiencia de las universidades públicas y la evaluación de la eficiencia del SUPE mediante la función propuesta, obteniendo las siguientes conclusiones en términos de promedio para el periodo 2009-2013:

C-1. El input financiación es válido como único input en la función de producción de las universidades públicas españolas a efectos de medir su eficiencia.

C-2. Las variables estudiantes, publicaciones en primer cuartil y patentes son válidas como outputs en la función de producción de las universidades públicas españolas a efectos de medir su eficiencia.

C-3. Las universidades públicas españolas han producido un nivel de output un 15,1% inferior al que podrían alcanzar haciendo un uso eficiente en el sentido técnico de los recursos.

C-4. El nivel de ineficiencia técnica es inferior cuando se consideran muestras homogéneas, siendo de un 11,53% para las universidades con una fuerte presencia de la rama de ingeniería y arquitectura y de 6,95% en aquellas en las que predominan las titulaciones de ciencias sociales.

C-5. Las universidades públicas españolas operan por debajo de su escala óptima de producción, obteniendo una ineficiencia de escala del 8,21%,.

C-6. El nivel de ineficiencia de escala se incrementa cuando se consideran muestras homogéneas, siendo de un 9,80% para las universidades técnico-sociales y de 10,31% en las sociales.

C-7. El número de universidades eficientes se incrementa cuando las universidades son evaluadas en muestras homogéneas, aumentando el porcentaje de universidades eficientes de un 30,21% cuando se evalúa el total de la muestra a un 39,41% y un 59,59% cuando se consideran las muestras de universidades técnico-sociales y sociales.

C-8. El output patentes presenta el mayor margen de mejora, concretamente un 22,55% y 38,49% en las universidades en las que predominan las titulaciones técnicas y sociales, respectivamente. Por el contrario, el menor margen de mejora lo presenta el output publicaciones en primer cuartil, con un 12,21% y un 8,91%, respectivamente.

C-9. En relación a los conjuntos de referencia, las universidades de Sevilla y Autónoma de Madrid son líderes globales para las universidades en las que predominan las titulaciones técnicas y de sociales, respectivamente.

C-10. Las universidades públicas españolas están fuertemente orientadas a la misión docente, mientras que presentan una baja sensibilidad en la misión de transferencia tecnológica.

C-11. La ordenación de las universidades Autónoma de Madrid, Autónoma de Barcelona, Barcelona y Politécnica de Cataluña en las primeras posiciones del ranking con el modelo financiación es consistente con el modelo general.

C-12. La ordenación de las universidades de Burgos, Rey Juan Carlos, Politécnica de Cartagena y Cantabria en la primera mitad del ranking se obtiene únicamente con el modelo financiación.

C-13. El SUPE presenta un cambio productivo del 32,5%, debido principalmente al factor progreso tecnológico, que está determinado por las restricciones presupuestarias practicadas al sistema universitario.

C-14. Los mayores incrementos en la eficiencia de escala los han experimentado aquellas universidades que han sufrido las mayores restricciones en términos de financiación.

C-15. Las Comunidades Autónomas con índices de productividad más elevados son aquellas que han mejorado la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala.

C-16. Las Comunidades Autónomas con mayores variaciones negativas en la financiación recibida son las de mayor eficiencia técnica.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- Analizar posibles efectos de las reformas financieras en la productividad del SUPE a largo plazo.
- Investigar si la pertenencia a una u otra Comunidad Autónoma influye en el nivel de eficiencia obtenido. Por ejemplo, teniendo en cuenta las diferentes políticas de precios públicos.
- Analizar la eficiencia utilizando como input la cuantía efectivamente percibida por las universidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbot, M y Doucouliagos, C. (2003). The efficiency of Australian universities. a data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22, 89-97.

Adler, N. y Golany, B. (2001). Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal component analysis with an application to Western Europe. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 260-273.

Adler, N. y Golany, B. (2002). Including principal component weights to improve discrimination in data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 53(9), 985-991.

Adler, N. y Yazhemsky, E. (2010). Improving discrimination in data envelopment analysis. PCA-DEA or variable reduction. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 273-284.

Afriat, S. N. (1972). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review*, 568-598.

Agasisti, T. y Johnes, G. (2008). Heterogeneity and the evaluation of efficiency. the case of Italian universities. *Applied Economics, iFirst*, 1-11.

Agasisti, T. y Dal Bianco, A. (2009). Reforming the university sector. effects on teaching efficiency –evidence from Italy. *Higher Education*, 57(4), 477-498.

Agasisti, T. y Haelermans, C. (2015). Comparing efficiency of public universities among European countries. Different incentives lead to different performances. *Higher Education Quarterly*, forthcoming, DOI: 10.1111/hequ.12066

Agasisti, T. y Pérez Esparrells, C. (2010). Comparing efficiency in a cross-country perspective. the case of Italian and Spanish State Universities, *Higher Education*, 59(1), 85-103.

Agasisti, T. y Pohl, C. (2012). Comparing German and Italian public universities. Convergence or divergence in the higher education landscape?. *Managerial and Decision Economics*, 33(2), 71-85.

Agasisti, T., Dal Bianco, A., Landoni, P., Sala, A. y Salerno, M. (2011). Evaluating the efficiency of research in academic departments. an empirical analysis in an Italian Region. *Higher Education Quarterly*, 65(3), 267-289.

Ahn T.S., Arnold, V. Charnes, A. y Cooper W.W. (1989). DEA and Ratio Efficiency Analyses for Public Institutions of Higher Learning in Texas." *Research in Governmental and Non-Profit Accounting*, 165-185.

Ahn, T. (1987). *Efficiency and related issues in higher education: A Data Envelopment Analysis approach*, Ph. D. dissertation, Collage and Graduate School of Business, University of Texas, Austin.

Ahn, T., Charnes, A. y Cooper, W. W. (1988). Efficiency characterizations in different DEA models. *Socio-Economic Planning Sciences*, 22(6), 253-257.

Ahn, T.S. y Seiford, L.M. (1993). Sensitive of DEA to Models and Variable Sets in a Hypothesis Test Setting. The efficiency of University Operations en Ijiri, Y. (Editor). *Creative and innovative aroaches to the science of management*, Quorum Books, New York, 191-208.

Altamirano Corro, A., Gómez Melendez, D., Banda Ortiz, H., López Lambraño, A., López Ramos, A. y Peniche Vera, R. (2012). Measuring the institutional efficiency using Data Envelopment Analysis and analytic hierarchy process. The case of a Mexican University. *African Journal of Business Management*, 6(50), 11923-11930.

Andersen, P. y Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264.

Athanassopoulos, A.D. y Shale, E. (1997). Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by Means of Data Envelopment Analysis, *Education Economics* 5, 117-134.

Avkiran, N.K. (2001). Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis. *Socio-economic Planning Sciences*, 35, 57-80.

Aziz, N.A.A., Janor, R.M. y Mahadi, R. (2013). Comparative departmental efficiency analysis within a university. a DEA approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 90, 540-548.

Ball, R. y Halwachi, J. (1987). Performance indicators in higher education. *Higher Education*, 16(4), 393-405.

Banker, R.D. (1996). Hypothesis tests using data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 7(2-3), 139-159.

Banker, R.D., Charnes, A. y Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.

Barahona, J. J.H., González, L. M. B., Gutiérrez, B.U., Cruz, N.M. y de Benito Martín, J. J. (2007). Las Universidades de Castilla y León ante el reto del Espacio Europeo de Educación Superior. un análisis de su competitividad y eficiencia. *Revista de investigación económica y social de Castilla y León*, 10, 13-154.

Beasley, J.E. (1990). Comparing university departments. *Omega-International Journal of Management Science*, 18(2), 171-183.

Beasley, J. E. (1995). Determining teaching and research efficiencies. *Journal of the Operational Research Society*, 441-452.

Berbegal Mirabent, J. (2013). Análisis de la función objetivo de las universidades mediante un estudio de eficiencia. *XXII Jornadas de Economía de la Educación*.

Berbegal Mirabent, J., Lafuente, E. y Solé, F. (2013). The pursuit of knowledge transfer activities. An efficiency analysis of Spanish universities. *Journal of Business Research*, 66(10), 2051-2059.

Bougnol, M.L. y Dulá, J.H. (2006). Validating DEA as a ranking tool. An application of DEA to assess performance in higher education. *Annals of Operations Research*, 145(1), 339-365.

Breu, T. y Raab, R. (1994). Efficiency and perceived quality of the nation's 'top 25' national universities: an application of Data Envelopment Analysis to Higher Education, *Socio-Economic Planning Sciences*, 28, 33-45.

Buela-Casal, G., Bermúdez, M.P., Sierra, J.C., Quevedo-Blasco, R. y Guillén-Riquelme, A. (2012). Ranking de 2011 en producción y productividad en investigación de las universidades públicas españolas. *Psicothema*, 24(4), 505-515.

Bueno, E. y Casani, F. (2007). La tercera misión de la universidad. Enfoques e indicadores básicos para su evolución. *Economía Industrial*, 366, 43-59.

Buesa, M., Heijs, J. y Kahwash, O. (2009). La calidad de las universidades en España. elaboración de un índice multidimensional. Consejo Económico y Social, *Comunidad de Madrid, Minerva Ediciones*, Madrid.

Caballero, R., Galache, T., Gómez, T. y Torrico, A. (1997). Eficiencia vía DEA de las unidades docentes de la Universidad de Málaga (pp. 1-22), *Investigaciones de Economía de la Educación, VI Jornadas AEDE*, Vigo, España.

Caballero, R., Galache, T., Gómez, T. y Torrico, A. (2001). *Análisis de los costes de adecuación de la plantilla de los departamentos bajo criterios múltiples*, VII Encuentro de Economía Pública, Zaragoza, España.

Caroline, M., Castaño, N. y Cabanda, E.C. (2007). Performance evaluating of the efficiency of Philip Private Higher Educational Institutions. Application of frontier approach. *International Transactions in Operational Research*, 14, 431-444.

Carretero, L., Pérez, M.P., López del Amo y Martín, J. (1997). Utilización del Benchmarking en la evaluación de la eficiencia del Hospital Costa del Sol. *XVII Jornadas de Economía de la Salud*, Murcia.

Castrodeza, C. y Peña, T. (2000). Un método para evaluar la actividad investigadora universitaria. *Universidad de Jaén*, 393-404.

Castrodeza, C. y Peña, T. (2002), Evaluación de la actividad investigadora universitaria. Una aplicación a la universidad de Valladolid. *Estudios de Economía Aplicada*, 20-1, 29-44.

Caves, D.W., Chistensen, L.R. y Diewert, W.E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. *Econometric*, 50, 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.

Charnes, A., Cooper, W. W. y Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency. an alication of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 27(6), 668-697.

Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. y Seiford, L. M. (1994). Data envelopment analysis. Theory, methodology, and alications. *Kluwer Academic Publishers*, New York.

Coelli, T.J. (1996). A Guide to DEAP Version 2.1.: A Data Envelopment Analysis (Computer) Proram. *Centre for efficiency and productivity analysis*, working papers, 8, 1-50.

Coleman, J., Campbell, E.Q., Hobson, C.F., Mc Partland, J. y Mood, A.M. (1996). Equality of educational oortunity. *US office of Education*, Washington.

Comisión de las Comunidades Europeas (2005/152) de 20 de Abril de 2005, Movilizar el capital intelectual de Europa. crear las condiciones necesarias para que las universidades puedan contribuir plenamente a la estrategia de Lisboa.

Comisión de las Comunidades Europeas (2006/208) de 10 de Mayo de 2006. Cumplir la agenda de modernización para las universidades. Educación, investigación e innovación.

Comisión de Universidades. (2010). Documento de mejora y seguimiento de las Políticas de Financiación de las Universidades para promover la excelencia académica e incrementar el impacto socioeconómico del Sistema Universitario

Español (SUE), *Consejo De Universidades y Conferencia General De Política Universitaria*.

Comisión Europea (2006). Una nueva asociación para la modernización de las universidades: El Foro de la UE para el diálogo entre las universidades y las empresas.

Comisión Europea (2012). Comunicación al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de regiones. Un nuevo concepto de educación. Invertir en las competencias para lograr mejores resultados socioeconómicos.

Comunicación de la Comisión Europea (2003/0058) de 5 de Febrero de 2003, El papel de las Universidades en la Europa del conocimiento.

Cooper, W. W., Seiford, L. M. y Tone, K. (2007). Data envelopment analysis. A comprehensive text with models, alications, references and DEA-solver software. *Springer Science and Business Media*.

Cordero, J.M. (2006). Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el análisis envolvente de datos. Una aplicación a la educación secundaria en España. Tesis doctoral, Universidad de Extremadura.

Cunha, M. y Rocha, V. (2012). On the efficiency of public higher education institutions in Portugal. An exploratory study. *FEP Economics and Management*.

Daraio, C. y Simar, L. (2007). Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis. Methodology and alications. *Springer Science y Business Media*.

De la Torre, E.M., Casani, F. y Perez-Esparrells, C. (2015). ¿Existen diferentes tipologías de universidades en España? Una primera aproximación. *XXV Jornadas de Economía de la Educación*.

De Pablos. I y Valiño Castro, A. (2000). *Economía del gasto público. Control y evacuación*. Ed. Civitas, Madrid.

Debreu, G. (1951). The coefficient of resource utilization. *Econometrica. Journal of the Econometric Society*, 273-292.

Deprins D., Simar L. y Tulkens H. (1984). Measuring Labor Efficiency in Post Offices. En M. Marchand, P. Pestieau and H. Tulkens (eds), *The performance of Public Enterprises. Concepts and Measurements*. Amsterdam. North Holland.

Doyle, J.R. y Arthurs, A.J. (1995). Judging the quality of research in business schools. The UK as a case study. *Omega*, 23(3), 257-270.

Duch, N. (2006). La Eficiencia de las Universidades Españolas, *Informe CyD 2006. Universidad de Barcelona, IEB y Fundación Conocimiento y Desarrollo*, 310-325.

Duch, N. y Vilalta, M. (2010). *Can better governance increase university efficiency?*, Document de treball de l'IEB 2010/52.

Dulá, J.H. y Hickman, B.L. (1997). Effects of excluding the column being scored from the dea envelopment lp technology matrix. *Journal of the Operational Research Society*, 48, 1001-1012.

Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V. V., Sarrico, C.S. y Shale, E.A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259.

Eff, A., Klein, C. y Kyle, R. (2012). Identifying the Best Buys in U.S. Higher Education. *Research in Higher Education*, 53(8), 860-887.

Fanchon, P. (2003). Variable selection for dynamic measures of efficiency in the computer industry. *International Advances in Economic Research*, 9(3), 175-188.

Fare, R., Grosskopf, S. y Lovell, C. K. (1994). Production frontiers. *Cambridge University Press*.

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 253-290.

Fernández, Y., Martínez, A. y Fernández, J. (2013). Evaluación de la eficiencia y el cambio de productividad en el sistema universitario público español tras la implantación de la LOU. *Hacienda pública española*, 205, 71-98.

Flegg, A.T., Allen, D.O., Field, K. y Thurlow, T.W. (2004). Measuring the efficiency of British universities. a multi-period data envelopment analysis. *Education Economics*, 12(3), 231-249.

Freeman, R. E. (2010). *Strategic management. A stakeholder approach*. Cambridge University Press.

Fried, H. O., Lovell, C. K. y Schmidt, S. S. (Eds.). (2008). *The measurement of productive efficiency and productivity growth*. Oxford University Press.

Friedman, L. y Sinuany-Stern, Z. (1998). Combining ranking scales and selecting variables in the DEA context: The case of industrial branches. *Computers and Operations Research*, 25(9), 781-791.

García Aracil, A. y Palomares Montero, D. (2008). *Methodological problems to measure university efficiency in relation with its geographic localization*. International Technology, Education and Development Conference 2008, Valencia, España.

García Aracil, A., López I.E. y Palomares M.D. (2010). An analysis of Spanish public universities missions in efficiency terms (pp. 293-302), *Investigaciones de Economía de la Educación, XVIII Jornadas de AEDE*, Valencia.

García Valderrama, T. (1996). *La medida y el control de la eficiencia en las instituciones universitarias*, Sindicatura de Comptes, Valencia

García Valderrama, T. y Gómez Aguilar, M.N. (1999). Factores determinantes de la eficiencia de los grupos de investigación en la Universidad, *Hacienda Pública Española*, 148, 131-148.

Glass, J.C., McCallion, G., McKillop, D.G., Rasaratham, S. y Stringer, K.S. (2006). Implications of variant efficiency measures for policy evaluations in UK higher education. *Socio-Economic Planning Science*, 40, 119-142.

Gómez Gallego, J. (2012). *Eficiencia y Diversificación. Sector de Cajas de Ahorros 2000-2009*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia

Gómez, J., Gómez, M., Pérez, M.C. y Gómez, J. (2014). Rankings de productividad de las universidades públicas españolas: El método DEA-Profit (pp. 11-15). *Proceedings del X Foro Internacional sobre evaluación de la calidad de la investigación y la educación superior*, Granada, España.

Gómez García, J., Solana Ibáñez, J. y Buendía Moya, F. (2000). Metodología DEA en el sector educativo. Aplicación a los centros de educación secundaria en Murcia (97-130). *Investigaciones de Economía de la Educación, IX Jornadas AEDE*, Jaén, España.

Gómez Sancho, J.M. (2001). La evaluación de la eficiencia en las universidades públicas españolas (411-434), *Investigaciones de Economía de la educación, X Jornadas AEDE*, Murcia, España.

Gómez, J. M. (2003). El problema de la homogeneidad de las Universidades Públicas españolas, *Investigaciones de Economía de la Educación, XII Jornadas AEDE*, Getafe, España.

Gómez, J.M. and Mancebón, M.J. (2009). The Evaluation of Scientific Production. Towards a Neutral Impact Factor, *Scientometrics*, 81,435-458.

Gómez, J. M. y Mancebón, M.J. (2005). Algunas reflexiones metodológicas sobre la evaluación de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior, *Ekonomiaz*, 1(60), 141-166.

Gómez, J. M. y Mancebón, M.J. (2008). Una propuesta de clasificación de las universidades públicas españolas en grupos comparables en los estudios de evaluación institucional. *RAE: Revista Asturiana de Economía*, 41, 85-108.

Gómez, 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.

Gómez, J. y Pastor, J.M. (2011). La actividad productiva de las universidades españolas: influencia de la especialización y de la tipología de universidades.

Lecturas sobre economía de la educación. *Ministerio de Educación, Secretaría General Técnica*.

González, C., Lafuente, E. y Mato, F. (1998). Estudio de la eficiencia en la Universidad de Oviedo a través del análisis envolvente de datos (pp. 417-428), *Investigaciones de Economía de la Educación, VII Jornadas AEDE*, Santander, España.

González, C., Lafuente, E. y Mato, F. (1999). El Análisis Envolvente de Datos y la eficiencia en la Universidad. Modelos de evaluación de la docencia y la investigación, *VI Encuentro de Economía Pública*, Oviedo, España.

Grosskopf, S. (1986). The role of the reference technology in measuring productive efficiency. *The Economic Journal*, 499-513.

Hanke, M. y Leopoldseder, T. (1998). Comparating the efficiency of Austrian Universities. a Data Envelopment Analysis Alication. *Tertiary Education and Management*, 4(3), 191-197.

Hanushek, E.A. (1986). The economics of schooling. Production and efficiency in public schools. *Journal of Economic Literature*, 1141-1177.

Hanushek, E. A. (1997). Assessing the effects of school resources on student performance: An update. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 19, 141-164.

Hernández J. y Pérez, J.A. (2011). Nuevas perspectivas para la financiación y el gobierno de las Universidades. *Fundación Europea Sociedad y Educación, Studia XXI*, 6.

Hernangómez, J., Borge, L.M., Urueña, B., Martín, N., de Benito, J.J., Ramos, L. O. y Revuelta, M.A. (2007). Las universidades de Castilla y León ante el reto del Espacio Europeo de Educación Superior: un análisis de su competitividad y eficiencia, *Revista de Investigación Económica y Social de Castilla y León*, 10, 1-155

Jablonsky, J. (2002). Super-efficiency data envelopment analysis models. *Working Paper University of Economics Prague*, 112, 118.

Jenkins, L. y Anderson, M. (2003). A multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 147, 51-61.

Johnes, J. (2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25, 273-288.

Johnes, J. (2008). Efficiency and productivity change in the English higher Education Sector from 1996/97 to 2004/05. *The Manchester school*, 76(6), 653-674.

Johnes, G. y Johnes, J. (1993). Measuring the research performance of UK economics departments: An application of data envelopment analysis. *Oxford Economic Review*, 44, 332-347.

Johnes, J. y Johnes, G. (1995). Research funding and performance in UK university departments of economics. a frontier analysis. *Economics of Education Review*, 14, 301-314.

Johnes, J. y Taylor, J. (1990). Performance Indicator in Higher Education: UK Universities. *Open University Press and the Society for Research into Higher Education*.

Kao, C. y Hung, H. T. (2008). Efficiency analysis of university departments. An empirical study. *Omega-International Journal of Management Science*, 36(4), 653-664.

Kempkes, G. y Pohl, C. (2010). The efficiency of German universities: some evidence from nonparametric and parametric methods, *Applied Economics*, 42, 2063-2079.

Kipsha, E. y Msigwa, R. (2013). Efficiency of higher learning institutions. evidences from public universities in Tanzania. *Journal of Education and practice*, 4(7), 63-72.

Koopmans, T.C. (1951). An analysis of production as an efficient combination of activities. In. Koopmans, T.C. (Eds.). *Activity Analysis of Production and Allocation*. Cowles Commission for Research in Economics. New York. Wiley, 13.

Koshal, K. y Koshal, M. (1999). Economies of scale and scope in higher education. a case of comprehensive universities. *Economics of Education Review*, 18, 269-277.

Kuiper, F.K., and Fisher, L. (1975). A Monte Carlo comparison of six clustering procedures. *Biometrics*, 31, 777-783.

Kyratzi, P., Tsamadias, C. y Giokas, D. (2015). Measuring the efficiency and productivity change of Greek universities over the time period 2005-2009. *International Journal of Education Economics and Development*, 6(2), 111-129.

La Torre, E., Casani, F. y Pérez, C. (2015). ¿Existen diferentes tipologías de universidades en España? Una primera aproximación. *Investigaciones de Economía de la Educación, XXIV Jornadas de AEDE*, Madrid, España.

Larrán-Jorge, M. y García-Correas, A. (2014). ¿Influyen los modelos de financiación autonómicos en la eficiencia de las universidades públicas españolas?. *Revista de Contabilidad*, 18(2), 162-173.

Lee, B.L. (2011). Efficiency of Australian universities: a reappraisal using a bootstrap truncated regression approach, *Economic Analysis and Policy*, 4, 195-203.

Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.

Liang, L., Li, Y. y Li, S. (2009). Increasing the discriminatory power of dea in the presence of the undersirable outputs and large dimensionality of data sets with pca. *Expert Systems with Applications*, 36 (3, Part 2), 5895-5899.

Malmquist (1953). Index numbers and indifferent surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4, 209-242.

Martín Rivero, R. (2007). La eficiencia productiva en el ámbito universitario. aspectos claves para su evaluación, *Estudios de Economía Aplicada*, 25(3), 1-19.

Martín Vallespín, E. (2003). *An alication of the data envelopment analysis methodology in the performance assessment of the Zaragoza University Departments*. Documentos de Trabajo, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Zaragoza

Martín, J.J., López del Amo, M.P. (2007). La medida de la eficiencia en las organizaciones sanitarias. *Presupuesto y Gasto público*, 49(2007), 139-161.

Martín, R. (2005). *La eficiencia en la asignación de recursos destinados a la educación superior. El caso de la Universidad de La Laguna*. Tesis Doctoral, Universidad de la Laguna.

Martínez Cabrera, M. (2000). Análisis de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior. *Papeles de Economía Española*, 86, 179-191.

Martínez Cabrera, M. (2003). La medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior, *Fundación BBVA*, Bilbao.

McMillan, M. L. y Datta, D. (1998). The relative efficiencies of Canadian universities. a DEA perspective. *Canadian Public Policy-Analyse de Politiques*, 24(4), 485-511.

Ministerio de Educación, cultura y deporte (2014). *Datos básicos del sistema universitario español. Curso 2013-2014*. Secretaría General Técnica.

Ministerio de Educación., Secretaría General de Universidades (2011). *Estrategia Universidad 2015. Contribución de las universidades al progreso socioeconómico español 2010-2015*

Moorsteen, R. H. (1961). On measuring productive potential and relative efficiency. *The Quarterly Journal of Economics*, 451-467.

Muñiz Pérez M.A. (2000). *Inclusión de los inputs no controlables en un análisis DEA. El entorno familiar del alumno en la evaluación de los centros educativos*. VII Encuentro de Economía Pública, Zaragoza.

Murias Fernández, M.P. (2004). Metodología de aplicación del análisis envolvente de datos; evaluación de la eficiencia técnica en la Universidad de Santiago de Compostela. Ph. D. Dissertation, Santiago de Compostela.

Nataraja, N.R. y Johnson, A.L. (2011). Guidelines for using variable selection techniques in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 215(3), 662-669.

Navarro Espigares, J. L. (1999). *Análisis de la eficiencia en las organizaciones hospitalarias públicas*. Ed Universidad de Granada. Granada.

Ng, Y.C. y Li, S.K. (2000). Measuring the Research Performance of Chinese Higher Education Institutions. An application of Data Envelopment Analysis, *Education Economics*, 8(2), 139-156.

OCDE (2012). Education at a glance 2012. *OECD Publishing*.

OCDE. Frascati Manual (2002). *Proposed standard practice for surveys on research and experimental development, The Measurement of Scientific and Technological Activities*, OECD Publishing.

Palomares, D. (2010). *Misiones de la universidad. Hacia su complementariedad o su sustitución. El caso de las universidades públicas españolas*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

Parellada, M. y Duch, N. (2006). Descentralización autonómica y sistema universitario. *Mediterráneo Económico. Un balance del estado de las Autonomías*, 10, 405-426.

Pastor, J. M. (1995). Eficiencia, cambio productivo y cambio técnico en los bancos y cajas de ahorro españolas. Un análisis frontera no paramétrico. *Revista Española de Economía*, 12(1), 35-73.

Pastor, J. T., Ruiz, J. L. y Sirvent, I. (2002). A statistical test for nested radial DEA models. *Operations Research*, 50(4), 728-735.

Pedraja, F., Salinas F.J. y Smith, P. (1994). La restricción de las ponderaciones en el análisis envolvente de datos. Una formula para mejorar la evaluación de la eficiencia. *Investigaciones Económicas*, 18(2), 365-380.

Pina, V. y Torres, L. (1995). Evaluación del rendimiento de los departamentos de Contabilidad de las universidades españolas. *Hacienda Pública Española*, 135, 183-190.

RD Ley 14/2012 de 20 de abril, de medidas urgentes de racionalización del gasto público en el ámbito educativo. BOE» núm. 96, de 21 de abril de 2012, páginas 30977 a 30984.

Real Decreto Ley 20/2012, de 13 de Julio, de medidas para garantizar la estabilidad presupuestaria y fomento de la competitividad. BOE» núm. 168, de 14 de julio de 2012, páginas 50428 a 50518.

Rhodes, E.L. y Southwick, L.JR. (1993), Variations in Public and Private University Efficiency. *Public Policy Applications of Management Science*, 7, 145-170.

Rica, S. D. L. y San Martín, M. (1999). Estudios de postgrado y perspectivas salariales. Una aplicación de la teoría del capital humano. *Ekonomiaz*, 43, 38-57.

Robbins L. (1963). Report of the Committee on Higher Education. Retrieved January, 29, 2014.

Rodriguez, V. (2013). *Cambio en los modelos de financiación interna*. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz.

Ruggiero, J. (2005). Impact assessment of input omission on DEA. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 4(03), 359-368.

Salinas, J. (1997). Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información. *Revista Pensamiento Educativo*, *Revista Pensamiento Educativo*, 20, 81-104.

San Segundo, M.J. (2005). *Economía de la Educación*, Editorial Síntesis, España.

Santín, D. (2003). La estimación de la función de producción educativa en valor añadido mediante redes neuronales. Una aplicación para el caso español. Papeles de Trabajo 5/03, Instituto de Estudios Fiscales. Ministerio de Economía y Hacienda.

Sarrico, C.S., Hogan, S.M., Dyson, R.G. y Athanassopoulos, A.D. (1997). Data Envelopment Analysis and University selection. *Journal of the Operational Research Society*, 48(12), 1163-1177.

Sav, G. T. (2012). Productivity, efficiency, and managerial performance regress and gains in United States universities: a Data Envelopment Analysis, *Advances in Management and Applied Economics*, 2, 13-32.

Seiford, L.M. y Zhu, J. (1998). Infeasibility of super-efficiency data envelopment analysis models. *INFOR*, 37, 174-187.

Seijas Díaz, A., Iglesias Gómez, G. (2013). Evolución de la productividad y asociación con la satisfacción en la atención hospitalaria y especializada de los sistemas sanitarios de las Comunidades Autónomas. *Investigaciones Regionales*, 27, 7-32.

Sellers, R., Díaz, A.C., Ruiz, F.M. y Esper, M.S. (2010). Complementariedad y Sustitución Entre Actividad Docente y Eficiencia Investigadora. Universidad de Alicante.

Sexton, T.R., Silkman, R.H. y Hogan, A.J. (1986). Data envelopment analysis. Critique and extensions. *New Directions for Program Evaluation*, 32, 73-105.

Shephard, R.W. (1970). *Theory of cost and production function*. Princeton University Press, Princeton NJ.

Simar, L. y Wilson, P.W. (2001). Testing restrictions in nonparametric efficiency models. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 30(1), 159-184.

Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A. y Barboy, A. (1994). Academic departments efficiency via DEA. *Computers y Operations Research*, 21(5), 543-556.

Smith, P. (1997). Model misspecification in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 73, 233-252.

Smith, P. y Mayston, D. (1987). Measuring efficiency in the public sector. *Omega-Journal of Management Science*, 15, 181-189.

Solá, M. (1998). *Evaluació de la gestió hospitalària. determinació de les economies de diversificació i valoració dinàmica de la qualitat i la productivitat*. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.

Thanassoulis, E. Kortelainen, M. Johnes, G. Johnes J (2009). Costs and Efficiency of Higher Education Institutions in England: A DEA Analysis. *Lancaster University Management School*. Working paper 2009/008

Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the theory and application of data envelopment analysis*. Massachusettes. Kluwer Academic Publishers.

Thanassoulis, E., Kortelainen, M., Johnes, G. y Johnes, J. (2011). Costs and efficiency of higher education institutions in England. A DEA analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1282-1297.

Thrall, R.M. (1996). Duality, classification and slacks in DEA. *Annals of Operational Research*, 66, 109-138.

Tomkins, C. y Green, R. (1988). An experiment in the use of data envelopment analysis for evaluating the efficiency of UK university departments of accounting. *Financial Accountability y Management*, 4(2), 147-164.

Tone, K. (2010). Variations on the theme of slacks-based measure of efficiency in dea. *European Journal of Operational Research*, 200(3), 901-907.

Torrigo, A. (2000). *Técnicas cuantitativas para un análisis microeconómico de la eficiencia y la financiación dentro de un sistema público de educación superior. Una aplicación para la toma de decisiones en la universidad de Málaga*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.

Torrigo, A., Laza, T. G., Molina, J., Gómez, T. y Caballero, R. (2007). Análisis de la eficiencia de las unidades productivas de una universidad. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, 8, 163-195.

Trillo del Pozo, D. (1998). Problemas metodológicos del análisis envolvente de datos en relación con la eficiencia de las instituciones universitarias españolas (pp. 515-526). *Investigaciones de Economía de la Educación, VII Jornadas AEDE*, Santander, España.

Trillo del Pozo, D. (2000). *Un análisis de la sensibilidad de los modelos de eficiencia de los departamentos de la UPC*, VII Encuentro de Economía Pública, Zaragoza, España.

Trillo del Pozo, D. (2002). *La función distancia. Un análisis de la eficiencia en la universidad*. Tesis Doctoral, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.

Tulkens H. (1993). On FDH efficiency. Some methodological issues and application to retail banking, courts, and urban transit. *Journal of Productivity Analysis*, 4(1), 183-210.

Ueda, T. y Hoshiai, Y. (1997). Application of principal component analysis for parsimonious summarization of DEA inputs and/or outputs. *Journal of the Operations Research Society of Japan-Keiei Kagaku*, 40(4), 466-487.

UNESCO (1998). *Educación Superior en el siglo XXI. Visión y Acción*. Conferencia mundial sobre la Educación Superior, París, Francia.

Van Vught, F.A., File, J., Kaiser, F., Jongbloed, B. and Faber, M. (2011). U-Map. A university profiling tool. 2011 Updated report. Center of Higher Education Policy Studies (CHEPS). www.u-map.eu/U-Map_2011_update_report.pdf

Vázquez Rojas M.A. (2011). *Eficiencia técnica y cambio de productividad en la educación superior pública. un estudio aplicado al caso español (2000-2009)*, tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.

Vázquez, M.J. (2007). Medición de la eficiencia de las universidades públicas españolas. Combinación de la metodología DEA con PCA. *XV Jornadas de ASEPUMA*, Palma de Mallorca, España.

Vilalta Josep M. (2014). La tercera misión universitaria. Innovación y transferencia de conocimientos en las universidades españolas. Cuaderno de trabajo IV. *Fundación Europea Sociedad y Educación*, Studia XXI.

Warning, S. (2004), Performance differences in German Higher Education: empirical analysis of strategic groups, *Review of Industrial Organization*, 24, 393-408.

Weert, E. (1990). A macro analysis of quality assessment in higher education. *Higher Education*, 19, 57-72.

Wilson, P. W. (1995). Detecting influential observations in data envelopment analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 6(1), 27-45.

Worthington, A.C. y Lee, B.L. (2005). *Efficiency, technology and productivity change in Australian universities 1998-2003*, Working Paper 05/01, University of Wollongong School of Accounting and Finance.

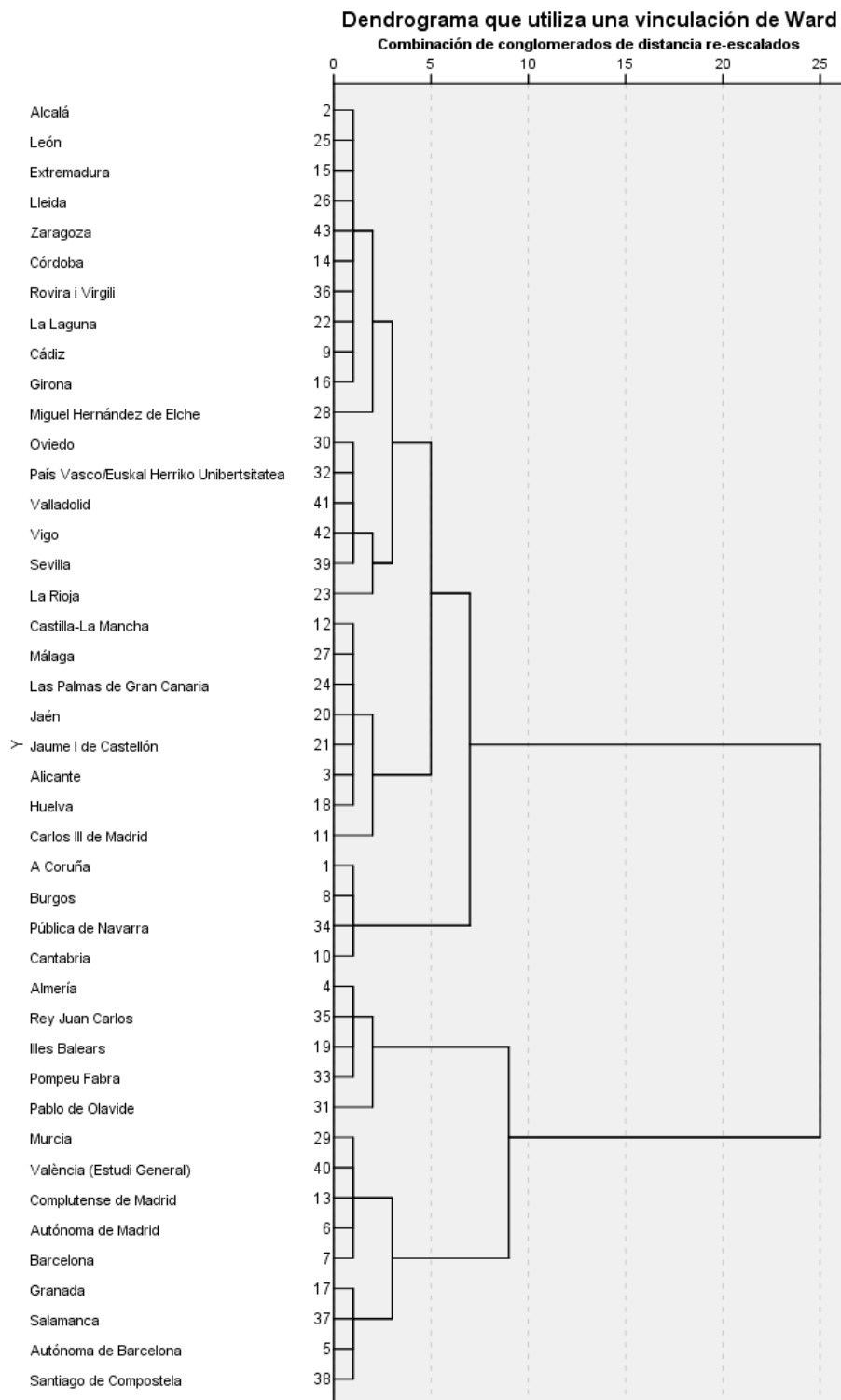
Xue, M. y Harker, P.T. (2002). Obtaining a full ranking of dmus in super efficiency dea models with infeasible subproblems. *Wharton School Research Papers*, 1-19.

Zhu, J. (1996). Robustness of the efficient dmus in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Reserarch*, 90,451-460.

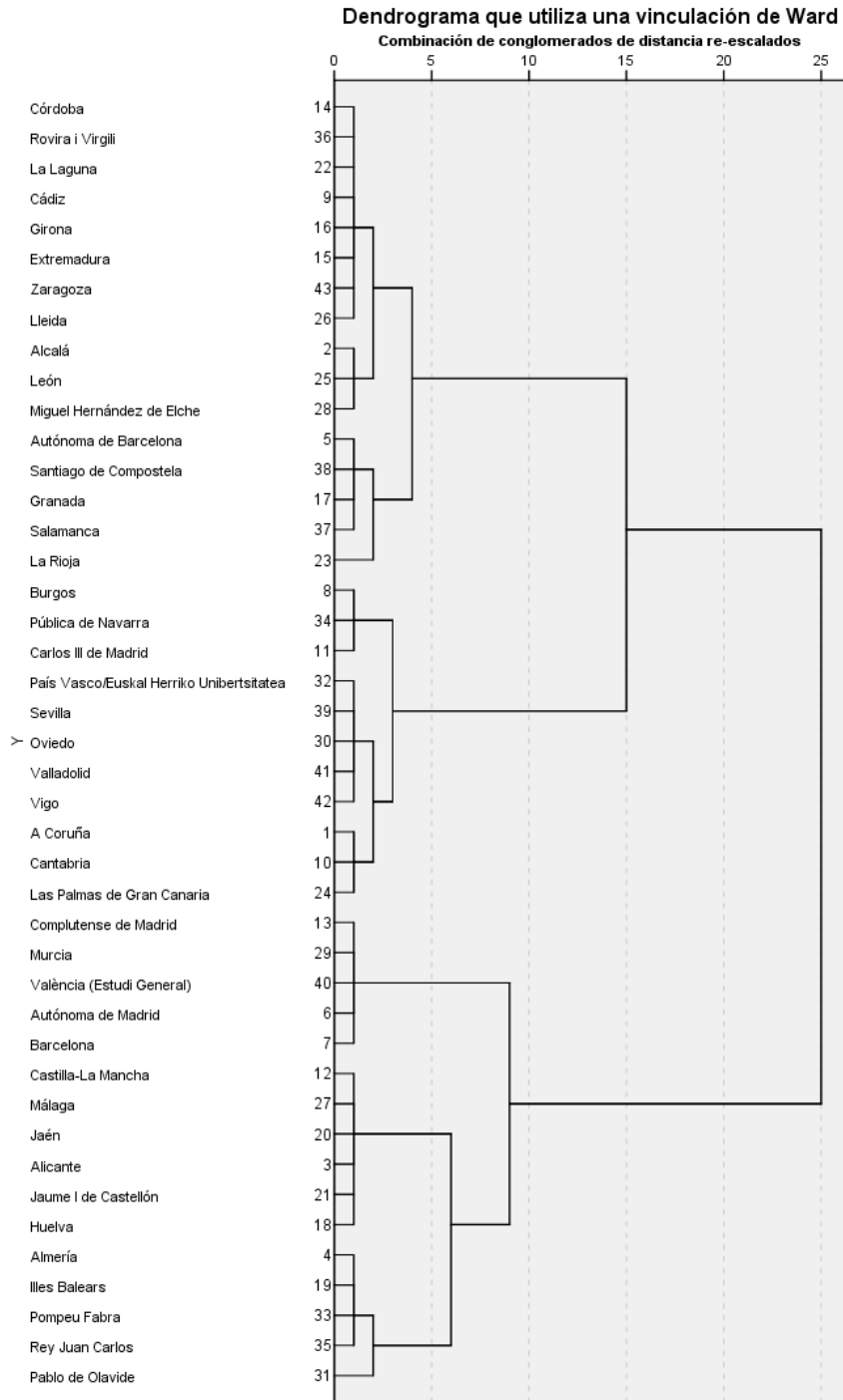
ANEXOS

Anexo I: Dendogramas 2009-2013

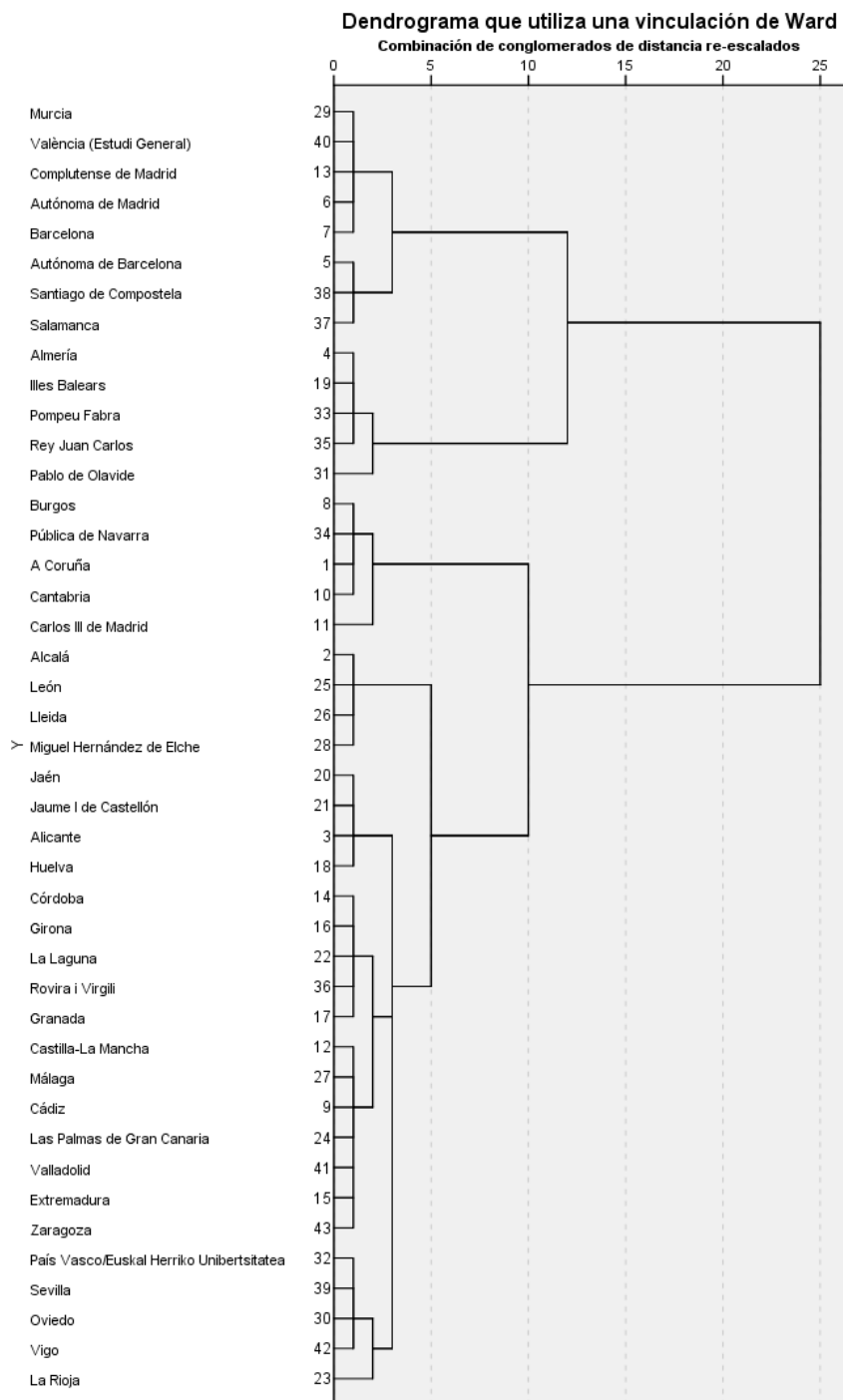
Dendograma curso 2009-2010



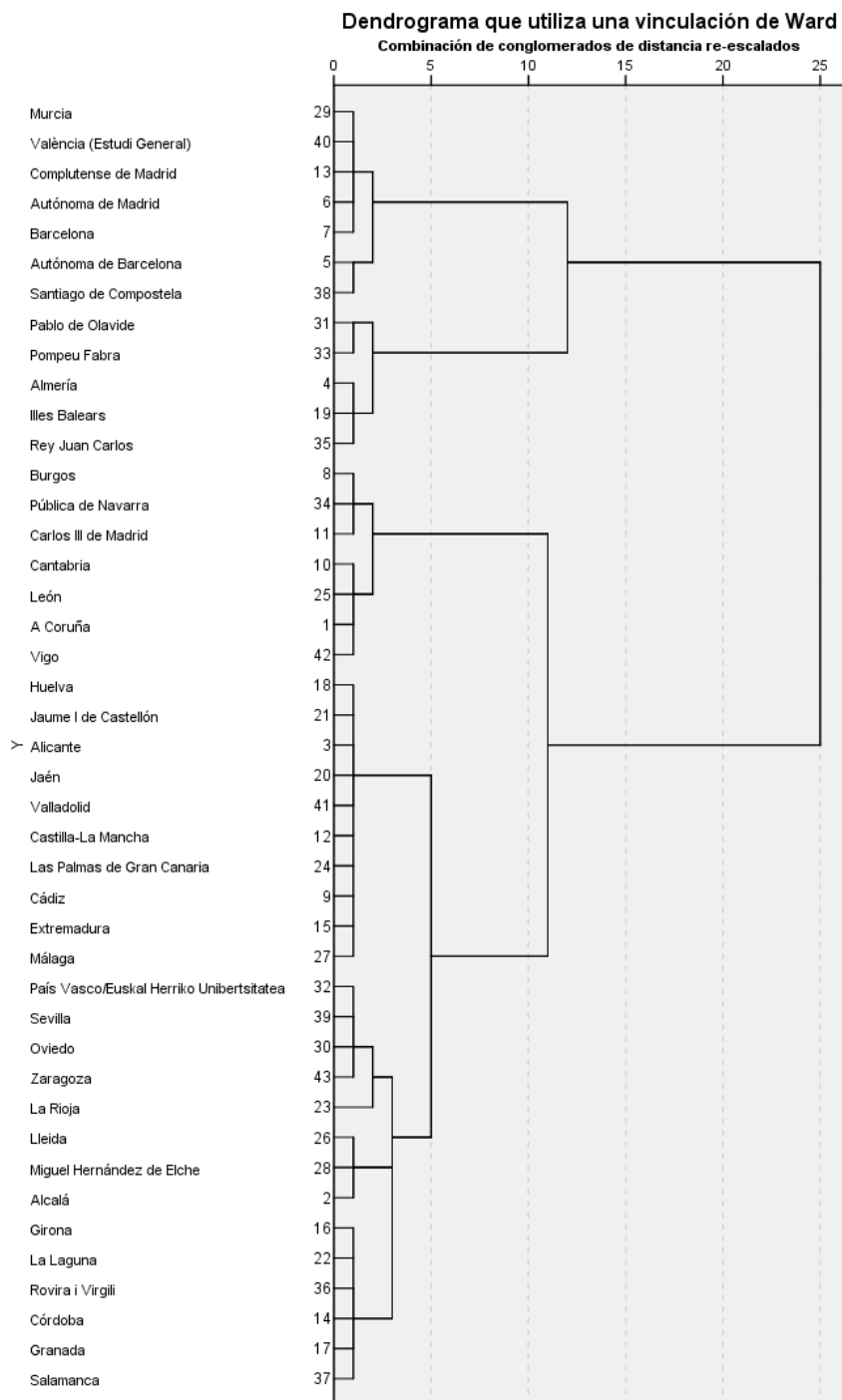
Dendrograma curso 2010-2011



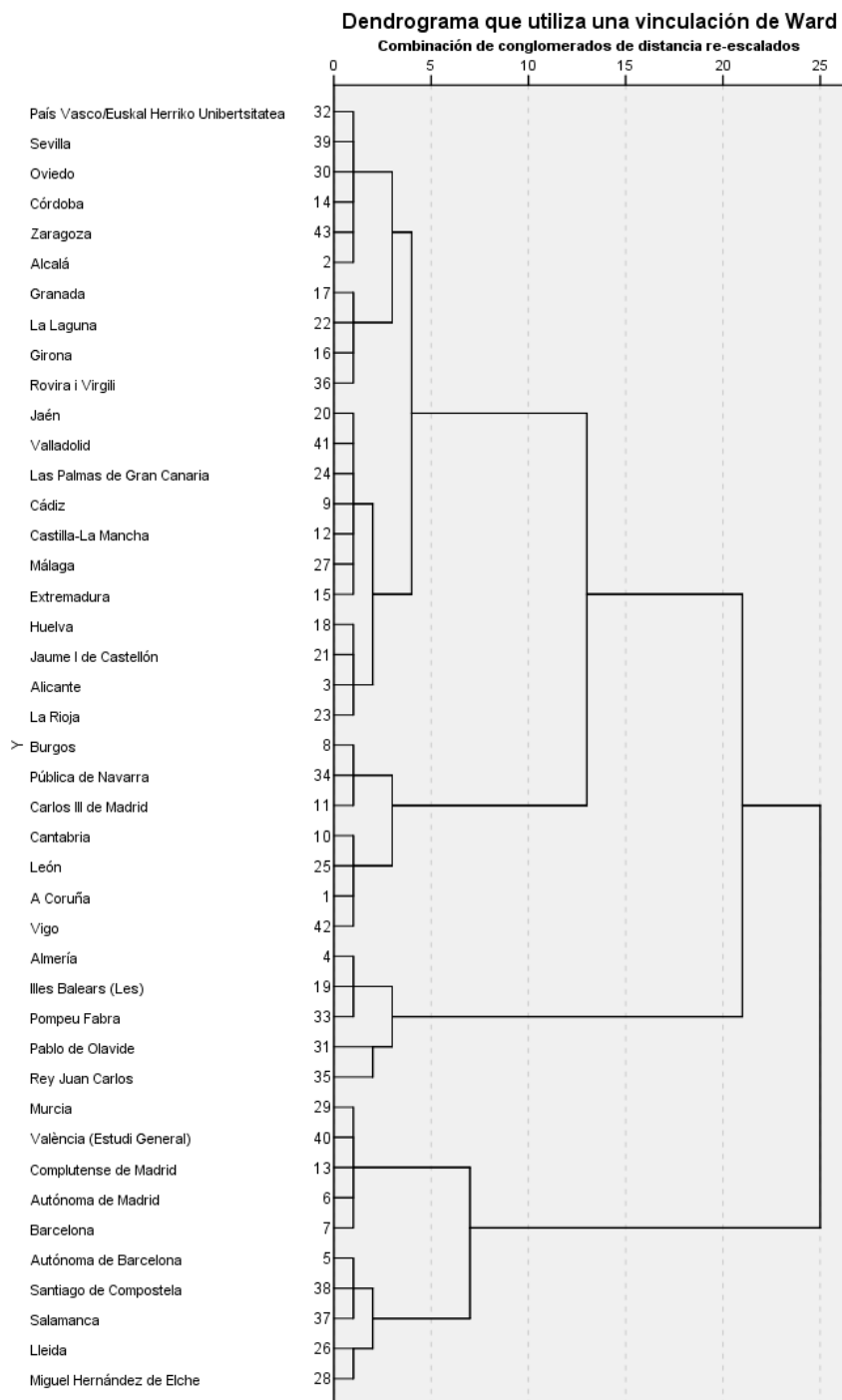
Dendrograma curso 2011-2012



Dendrograma 2012-2013



Dendrograma 2013-2014



Anexos II: Puntuaciones de eficiencia.**Cluster 1. Año 2009**

Universidad	BCC	Total
UDC	100,00	94,79
UAH	84,68	84,55
UA	89,06	89,06
UBU	100,00	100,00
UCA	86,24	84,02
UNICAN	100,00	94,19
UC3M	77,06	71,19
UCLM	75,38	73,48
UCO	90,06	83,72
UNEX	100,00	91,68
UDG	89,57	81,22
UGR	100,00	98,59
UHU	86,47	81,69
UJAEN	90,28	83,10
UJI	73,25	68,59
ULL	100,00	93,93
UNIRIOJA	100,00	100,00
ULPGC	84,84	81,14
UNILEON	82,52	76,99
UDL	80,70	72,16
UMA	100,00	100,00
UMH	90,83	79,42
UNIOVI	91,38	88,18
EHU	89,74	63,13
UPCT	100,00	100,00
UPC	100,00	100,00
UPM	99,60	98,87
UPV	85,17	81,56
UNAVARRA	65,05	59,43
URV	100,00	78,14
USAL	85,16	80,42
US	100,00	100,00
UVA	83,52	78,68

UVIGO	95,11	94,04
UNIZAR	100,00	100,00
Promedio	90,73	85,88
Desv. Típica	9,39	11,49

Cluster 2. Año 2009

Universidad	BCC	Total
UAL	100	81,55
UAB	100	100
UAM	100	100
UB	100	100
UCM	100	100
UIB	100	100
UM	100	94,58
UPO	100	52,83
UPF	100	100
URJC	100	100
USC	100	85,64
UV	88,27	86,39
Promedio	99,02	91,75
Desv. Típica	3,38	14,04

Cluster 1. Año 2010

Universidad	BCC	Total
UDC	100,00	100,00
UAH	82,54	79,93
UBU	100,00	100,00
UNICAN	100,00	87,95
UC3M	64,70	61,29
UCLM	73,27	70,67
UCO	89,02	82,18
UNEX	95,58	88,49
UJAEN	84,08	83,24
ULPGC	60,37	56,66
UNILEON	81,39	80,00

UDL	75,79	67,93
UMH	84,70	79,36
UNIOVI	100,00	90,40
EHU	100,00	74,02
UNAVARRA	61,45	56,96
URV	90,89	75,29
US	100,00	100,00
UVA	80,25	75,95
UVIGO	100,00	99,54
UNIZAR	100,00	88,72
UPCT	100,00	85,41
UPC	100,00	100,00
UPM	100,00	100,00
UPV	88,34	77,10
Promedio	88,49	82,44
Desv. Típica	13,20	13,44

Cluster 2. Año 2010

Universidad	BCC	Total
UA	85,71	83,82
UAL	100,00	100,00
UAB	100,00	100,00
UAM	100,00	100,00
UB	100,00	100,00
UCA	97,77	96,93
UCM	100,00	100,00
UDG	77,61	77,61
UGR	100,00	100,00
UHU	83,44	81,56
UJI	64,86	64,86
ULL	91,55	91,55
UNIRIOJA	100,00	100,00
UIB	100,00	100,00
UMA	94,87	91,50
UM	91,01	91,01

UPO	90,19	88,03
UPF	87,62	87,62
URJC	100,00	100,00
USAL	74,97	74,97
USC	90,19	89,35
UV	89,49	89,49
Promedio	91,78	91,29
Desv. Típica	9,75	9,88

Cluster 1. Año 2011

Universidad	BCC	Total
UDC	96,87	94,95
UAH	69,56	64,74
UA	75,45	74,23
UBU	100,00	100,00
UCA	71,48	70,11
UNICAN	100,00	85,05
UC3M	76,35	69,78
UCLM	74,09	70,19
UCO	83,50	74,58
UNEX	92,53	88,52
UDG	99,46	87,36
UJAEN	81,80	77,48
UJI	70,10	63,67
ULL	100,00	91,88
UNIRIOJA	100,00	100,00
ULPGC	75,60	72,53
UNILEON	91,19	86,34
UDL	90,91	77,10
UMA	100,00	100,00
UMH	85,29	74,70
UNIOVI	85,69	74,50
EHU	100,00	63,43
UNAVARRA	64,66	57,10
URV	100,00	81,65
USAL	72,50	68,96

US	100,00	100,00
UVA	69,83	68,03
UVIGO	100,00	91,92
UNIZAR	100,00	81,09
UPCT	100,00	100,00
UPC	100,00	97,96
UPM	100,00	100,00
UPV	98,97	76,72
Promedio	88,66	81,35
Desv. Típica	12,48	13,03

Cluster 2. Año 2011

Universidad	BCC	Total
UAL	74,55	73,38
UAB	100,00	100,00
UAM	100,00	100,00
UB	100,00	100,00
UCM	100,00	100,00
UGR	100,00	100,00
UHU	100,00	100,00
UIB	100,00	100,00
UM	77,56	76,86
UPO	100,00	100,00
UPF	100,00	100,00
URJC	100,00	100,00
USC	75,14	75,14
UV	78,65	78,42
Promedio	93,28	93,13
Desv. Típica	11,07	11,32

Cluster 1. Año 2012

Universidad	BCC	Total
UDC	100	88,68
UAH	69,04	65,72
UBU	100	100

UNICAN	100	100
UC3M	88,12	83,74
UCLM	98,59	89,34
UJAEN	76,92	73,03
UJI	75,35	65,21
ULPGC	81,92	70,21
UNILEON	99,06	87,19
UMH	75,26	66,71
UNIOVI	93,72	76,46
EHU	100	67,59
UNAVARRA	62,29	52,42
US	100	100
UVA	71,35	65,81
UVIGO	85,09	75,97
UNIZAR	100	76,58
UPCT	100	93,58
UPC	90,69	68,29
UPM	100	100
UPV	92,75	66,36
Promedio	89,09	78,77
Desv. Típica	12,36	14,15

Cluster 2. Año 2012

Universidad	BCC	Total
UA	73,02	70,61
UAL	74,84	74,84
UAB	100	100
UAM	100	100
UB	100	100
UCA	74,74	73,5
UCM	100	100
UCO	75,98	75,98
UNEX	89,55	87,4
UDG	82,9	82,9
UGR	100	100

UHU	100	100
ULL	83,48	83,48
UNIRIOJA	100	100
UIB	100	100
UDL	69,04	69,04
UMA	100	97,91
UM	81,51	81,51
UPO	100	100
UPF	94,28	94,28
URJC	100	100
URV	73,44	73,44
USAL	67,63	67,54
USC	75,95	75,95
UV	82,76	82,33
Promedio	87,96	87,63
Desv. Típica	12,23	87,63

Cluster 1. Año 2013

Universidad	BCC	Total
UDC	83,66	83,66
UA	69,28	69,28
UAL	71,9	71,9
UBU	100	100
UCA	67,54	67,54
UNICAN	100	92,18
UC3M	62,14	60,39
UCLM	85,23	83,9
UNEX	80,87	80,87
UHU	100	100
UJAEN	70,14	70,14
UJI	63,76	63,76
UNIRIOJA	100	100
UIB	100	100
ULPGC	63,01	63,01

UNILEON	76,96	76,96
UMA	86,65	86,65
UNIOVI	93,19	73,26
UPO	100	100
EHU	100	72,15
UPCT	87,5	85,29
UPC	100	100
UPM	86,81	86,81
UPV	90,48	58,22
UPF	100	98,49
UNAVARRA	64,61	59,51
URJC	100	100
US	100	100
UVA	67,23	67,23
UVIGO	77,28	72,91
UNIZAR	100	74,16
Promedio	85,42	81,23
Desv. Típica	14,24	14,63

Cluster 2. Año 2013

Universidad	BCC	Total
UAH	88,01	66,61
UAB	100	100
UAM	100	100
UB	100	100
UCM	100	100
UCO	84,16	75,5
UDG	100	79,27
UGR	100	100
ULL	87,16	78,91
UDL	100	76,56
UMH	100	95,19
UM	84,85	75,61
URV	93,18	78,07
USAL	65,46	58,76
USC	78,47	74,73

UV	83,08	80,76
Promedio	91,52	83,75
Desv. Típica	10,42	13,47

Anexo III: Puntuaciones de supereficiencia

Universidad	2009	2010	2011	2012	2013
UBU	338,18	110,32	107,33	106,19	119,31
UB	129,18	113,31	119,97	132,31	116,94
UCM	127,57	127,84	123,37	123,07	118,17
UMA	117,44	91,50	114,81	97,91	86,65
UNIZAR	113,33	88,72	81,09	76,58	74,16
URJ	112,72	111,54	103,62	116,98	120,94
UPC	112,17	115,97	97,96	68,29	127,33
UAB	110,45	114,17	108,40	115,19	111,00
UPCT	109,64	85,41	217,33	93,58	85,29
US	106,21	106,82	109,91	127,26	132,91
UIB	105,57	108,23	100,57	101,77	108,76
UAM	104,88	140,55	131,53	132,73	121,11
UPF	100,45	87,62	105,43	94,28	98,49
UPM	98,87	103,23	124,32	144,79	86,81
UGR	98,59	100,57	106,91	103,90	101,10
UDC	94,79	102,84	94,95	88,68	83,66
UM	94,58	91,01	76,86	81,51	75,61
UNICAN	94,19	87,95	85,05	107,28	92,18
UVIGO	94,04	99,54	91,92	75,97	72,91
ULL	93,93	91,55	91,88	83,48	78,91
UNEX	91,68	88,49	88,52	87,40	80,87
UA	89,06	83,82	74,23	70,61	69,28
UNIOVI	88,18	90,40	74,50	76,46	73,26
UV	86,39	89,49	78,42	82,33	80,76
USC	85,64	89,35	75,14	75,95	74,73
UAH	84,55	79,93	64,74	65,72	66,61
UCA	84,02	96,93	70,11	73,50	67,54
UCO	83,72	82,18	74,58	75,98	75,50
UJAEN	83,10	83,24	77,48	73,03	70,14
UHU	81,69	81,56	103,16	127,40	107,25

UPV	81,56	77,10	76,72	66,36	58,22
UAL	81,55	100,75	73,38	74,84	71,90
UDG	81,22	77,61	87,36	82,90	79,27
ULPGC	81,14	56,66	72,53	70,21	63,01
USAL	80,42	74,97	68,96	67,54	58,76
UMH	79,42	79,36	74,70	66,71	95,19
UVA	78,68	75,95	68,03	65,81	67,23
URV	78,14	75,29	81,65	73,44	78,07
UNILEON	76,99	80,00	86,34	87,19	76,96
UCLM	73,48	70,67	70,19	89,34	83,90
UDL	72,16	67,93	77,10	69,04	76,56
UC3M	71,19	61,29	69,78	83,74	60,39
UJI	68,59	64,86	63,67	65,21	63,76
EHU	63,13	74,02	63,43	67,59	72,15
UNAVARRA	59,43	56,96	57,10	52,42	59,51
UPO	52,83	88,03	102,55	112,54	105,33