

# 37

---

## **Análisis de la eficiencia de los grupos de investigación por ramas de conocimiento**

Galache, T. <sup>1</sup>

Gómez, T.<sup>1</sup>

Pérez, F.<sup>1</sup>

Rivas, C.<sup>2</sup>

Ruiz, C.<sup>2</sup>

Sánchez Maldonado, J.<sup>2</sup>

Torrigo, A.<sup>1</sup>

Caballero, R

*<sup>1</sup>Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas).*

*<sup>2</sup>Departamento de Economía Aplicada (Hacienda Pública).*

*Universidad de Málaga*

r\_caballero@uma.es



# **Análisis de la eficiencia de los grupos de investigación por ramas de conocimiento**

Galache, T.<sup>1</sup>

Gómez, T.<sup>1</sup>

Pérez, F.<sup>1</sup>

Rivas, C.<sup>2</sup>

Ruiz, C.<sup>2</sup>

Sánchez Maldonado, J.<sup>2</sup>

Torrico, A.<sup>1</sup>

Caballero, R

*1Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas).*

*2Departamento de Economía Aplicada (Hacienda Pública).*

*Universidad de Málaga*

[r\\_caballero@uma.es](mailto:r_caballero@uma.es)

Este trabajo analiza, mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA), la eficiencia técnica del conjunto de grupos de investigación del sistema universitario de una comunidad autónoma, pertenecientes a las cinco ramas del conocimiento<sup>1</sup>: Arte y Humanidades, Ciencias, Ciencias de la Salud, Ciencias Sociales y Jurídicas y, por último, Ingeniería y Arquitectura. Este estudio se complementa con un análisis cluster que ayuda a explicar los aspectos más relevantes de las ramas evaluadas (ventajas y/o debilidades).

Nuestra aportación, por tanto, establece un modelo que puede ayudar a la toma de decisiones por parte de los órganos de gobierno de cualquier Comunidad Autónoma en la medida en que suministra información detallada y objetiva de las causas de las (in)eficiencia(s) de los diferentes grupos de investigación.

## **1 Introducción**

Dentro del contexto del recorte de gasto público, como una de las medidas que están impulsando, principalmente los países de la Unión Europea, para reducir el importante déficit

---

<sup>1</sup> De acuerdo con el Consejo de Coordinación de Universidades, las áreas se pueden agrupar en cinco ramas del conocimiento: Ciencias Experimentales (C.E.), Ciencias de la Salud (C.S.), Ciencias Sociales y Jurídicas (C.S.J.), Enseñanzas Técnicas (E.T.) y Humanidades (H.).

público, fuertemente provocado por la Crisis Financiera Mundial de 2008, toma más relevancia que la universidad española articule respuestas al problema del aprovechamiento eficiente de los, siempre escasos, más todavía en los tiempos que corren, recursos disponibles<sup>2</sup>. Una de las posibles medidas que podría mejorar la eficiencia de una institución universitaria es modernizar sus instrumentos de organización y gestión interna, incorporando técnicas que ayuden a implantar estrategias de eficiencia para sus unidades productivas.

En este marco, y como continuación del trabajo presentado en este foro de la AEDE<sup>3</sup>, el objetivo ahora es presentar los resultados completos de nuestra investigación sobre la medida de la eficiencia técnica con la que operan los grupos de investigación de las instituciones universitarias públicas de Andalucía. Analizamos la eficiencia de nuestras unidades funcionales, en los aspectos técnicos del proceso productivo (Pedraja et al., 2001). La técnica principal utilizada es el *Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA)*, metodología aplicada de forma casi unánime en la literatura cuando se trata de evaluar la eficiencia productiva en el sector educativo.

En el trabajo Torrico et al (2007) y en el presentado en las XVII Jornadas de la AEDE (Galache et al, 2008), hacemos una breve revisión de la literatura, a la cual nos remitimos; además, en las Actas de dichas Jornadas, así como en las del año pasado celebradas en Valencia, también se presentaron otros interesantes trabajos donde se utiliza el DEA para analizar diferentes aspectos de eficiencia y gestión en distintos ámbitos de la educación en España.

En la nueva revisión que hemos hecho, la mayoría de las investigaciones empíricas tratan de comparar distintas “unidades de investigación” dentro de un mismo país, región o comunidad autónoma; dentro de ellas, destacamos las siguientes: Meng, Zhang, Qi y Liu (2008) desarrollan un estudio piloto sobre la evaluación del rendimiento de 15 Institutos de Investigación Básica pertenecientes a la Academia China de Ciencias (CAS), usando para ello el enfoque del DEA en dos niveles, donde los indicadores de inputs y outputs se construyen jerárquicamente permitiéndose el uso de distintas preferencias mediante la técnica del AHP. Lee, Park y Choi (2009) miden y comparan el rendimiento, en la República de Corea, de los 6 programas de I+D, con objetivos heterogéneos, usando el DEA para comparar la eficiencia entre diferentes sistemas. Por otra parte, Celik y Ecer (2009), mediante el DEA, miden la eficiencia, en la educación de la contabilidad, en las 45 universidades de Turquía.

Respecto a España, Mingorance, Barruso, Calderón y Rueda (2009), utilizando las Comunidades Autónomas como unidades productivas homogéneas, analizan, mediante el DEA, la eficiencia de las políticas regionales en I+D en España. Por último, también cabe destacar que en el VI Foro sobre la evaluación de la calidad de la educación superior y de la investigación (Vigo,

---

<sup>2</sup> A este respecto se puede consultar Caballero et al. (2001 y 2004).

<sup>3</sup> Galache et al. (2008).

2009) se recogen otro tipo de análisis de la eficiencia de la investigación, no mediante el uso del DEA sino, principalmente, de técnicas bibliométricas.

Nuestro trabajo presenta una metodología para evaluar el grado de eficiencia técnica con el que operan los grupos de investigación de una universidad en su globalidad; además, mediante un análisis cluster, agrupamos nuestras unidades funcionales por afinidad en cuanto a sus aspectos más ventajosos y debilidades, de acuerdo con la información que se obtiene con DEA, lo cual permite una caracterización de la eficiencia de las unidades que representan la mejor práctica.

Este trabajo presenta la siguiente estructura. En el próximo apartado se hace una breve justificación sobre las variables *inputs* y *outputs* elegidas así como sobre la técnica envolvente utilizada. En la siguiente sección se describe el análisis empírico efectuado y los resultados obtenidos. Finalmente, el habitual apartado de conclusiones cierra este trabajo.

## **2 Evaluación de la eficiencia de las unidades productivas investigadoras de una universidad**

### **2.1 Identificación y medición de variables *inputs* y *outputs***

En primer lugar, en cuanto a la identificación y medición de *inputs*, hay que examinar aquellos recursos que son utilizados por cada unidad funcional para su producción investigadora. En este sentido, los indicadores de *inputs* más significativos deben obtenerse a partir de los recursos materiales o infraestructuras y humanos.

Respecto a los primeros, no van a ser considerados; pensamos que tendría más sentido incluir las infraestructuras si el estudio de eficiencia fuera para comparar universidades o realizar un análisis por titulaciones. En relación a los recursos humanos, debemos seleccionar las variables proxies más significativas y discriminativas, para la labor investigadora, de cada una de las unidades funcionales.

En este sentido, en la literatura, una variable ampliamente empleada es el número total de profesores, distinguiendo entre doctor y no doctor, esto es, hemos utilizado dos indicadores, el profesorado doctor de la unidad funcional (*DOCTOR*) y el profesorado no doctor de la unidad funcional (*noDOCTOR*). De igual modo, con respecto a los recursos humanos, hemos incorporado el Personal de Administración y Servicios que está adscrito a cada uno de los grupos de investigación (personal técnico de apoyo y personal auxiliar) así como a los becarios y colaboradores. Éstos últimos no figuran en todas las unidades pero sí en algunas dependiendo de la rama.

En segundo lugar, por lo que respecta a la identificación y medición de los indicadores de *outputs*, resulta más compleja y difícil que en el caso de los *inputs*; el problema fundamental radica

en la medición de aspectos cualitativos de la actividad investigadora. Así, con respecto a la medición de los resultados en la *investigación*, no existe un consenso acerca de la elección de indicadores<sup>4</sup>. Dado que el objetivo básico de la investigación es el avance en el conocimiento científico, es evidente la dificultad de su medición y la necesidad, en una primera aproximación, de un análisis cuantitativo, es decir, cuantificar de alguna manera el resultado científico y el conocimiento creado por el trabajo de investigación.

Concretamente, y de acuerdo con la información que disponemos, hemos considerado los indicadores que figuran en la Tabla 1, en la que se han tenido en cuenta una serie de ponderaciones.

**Tabla 1. Variables *inputs* y *outputs* utilizadas en el modelo.**

Variables seleccionadas para el estudio de la eficiencia de los Grupos de Investigación	
<b>Inputs</b>	1. Doctor: N° de Profesores Doctores $[(G^1_{i,j})]$ .
	2. NoDoctor N° de Profesores No Doctores $[(G^2_{i,j})]$ .
	3. PTA: N° de Personal Técnico Apoyo $[(G^3_{i,j})]$ .
<b>Outputs</b>	4. PAUX: N° de Personal Auxiliar $[(G^4_{i,j})]$ .
	5. BECA: N° de Becarios $[(G^5_{i,j})]$ .
	6. COLA: N° de Colaboradores $[(G^6_{i,j})]$ .
	1. Revistas $[(G^7_{i,j})]$ .
	2. LibrosyCap $[(G^8_{i,j})]$ .
	3. Congresos $[(G^9_{i,j})]$ .
	4. Tesis $[(G^{10}_{i,j})]$ .
	5. Patentes $[(G^{11}_{i,j})]$ .
6. N° Proyectos, convenios y contratos $[(G^{12}_{i,j})]$ .	
7. Cuantía proyectos, convenios y contratos $[(G^{13}_{i,j})]$ .	
8. Otras actividades $[(G^{14}_{i,j})]$ .	

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Estrategia de selección del modelo envolvente

Elegimos un modelo BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984) que asume la hipótesis de rendimientos variables a escala, con el cual obtendremos una medida de la *Eficiencia Técnica Pura (ETP)*.

Por otro lado, nos parece más razonable hacer uso de la orientación *output*, ya que uno de los objetivos principales de todo gestor público es la obtención de los mejores resultados, en nuestro caso un servicio investigador, a partir de los recursos de que disponen, el profesorado.

<sup>4</sup> La medición de la calidad científica sigue siendo algo complejo. Se podría afirmar que existen tres caminos para medir dicha calidad: estudio biblioteconómico, valoración de los pares (peer review) y los índices de impacto.

### **3 Análisis de la eficiencia de los grupos de investigación**

Para nuestro estudio vamos a analizar la información de los años 2004, 2005, 2006 y 2007. En total hay 2.073 grupos de investigación pertenecientes a las nueve Universidades Públicas de Andalucía (Universidades de Almería, Cádiz, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Málaga, Sevilla y Pablo de Olavide), clasificados en las siguientes nueve grandes áreas de de investigación:

- 1) AGR: Agroalimentación.
- 2) CTS: Ciencia y Tecnología de la Salud.
- 3) BIO: Biosanitaria.
- 4) FQM: Física, Químicas y Matemáticas. La hemos subdivido en tres.
- 5) HUM: Humanidades.
- 6) RNM: Recursos Naturales y Medio ambiente.
- 7) SEJ: Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas. La hemos subdivido en tres.
- 8) TEP: Tecnologías de la Producción.
- 9) TIC: Tecnología de la Información y de las Comunicaciones.

Por consiguiente, la finalidad del presente epígrafe es evaluar la eficiencia técnica de estos grupos de investigación en la utilización de los recursos humanos disponibles para el servicio investigador que proporcionan, teniendo en cuenta que una de las grandes ventajas del DEA es que, a diferencia de las aproximaciones paramétricas, ofrece una información particularizada de las unidades examinadas.

A la hora de su medición, en primer lugar, trataremos de dar una visión de conjunto de todos los grupos de investigación de la citada Comunidad. Para ello, se identifican tanto las unidades eficientes como ineficientes, obteniendo su cuantificación mediante la aplicación del modelo anteriormente comentado, para todos los grupos de investigación de cada área de investigación de forma independiente, lo cual nos permitirá una primera aproximación en su conjunto para detectar anomalías en la actuación de las unidades y poder establecer, con posterioridad, algunas estrategias de mejora para las que no sean eficientes por áreas de investigación.

En la siguiente tabla, se muestran, por columna, las áreas de investigación indicando para cada caso, el número de unidades, nº de eficientes e ineficientes, la ETP por tramos y, finalmente, el promedio de la ineficiencia media de todos los grupos del área y de sólo las unidades ineficientes.

De esta tabla se puede determinar que de los 2.073 grupos de investigación, hay 1.047 eficientes (representan un 50,51%) y de los ineficientes, hay 809 que rebasan una ineficiencia superior a 1,2. Cabe destacar que el área de Sociales posee el mayor número de grupos de investigación eficientes (44 de 56, un 78,57%) frente al área de Humanidades que posee el menor número de eficientes (233 de los 598, un 38,96%).

En cambio, si atendemos a los indicadores de promedio de ineficiencia media de todas las unidades y de las unidades ineficientes se puede observar que los grupos que presentan valores más altos son los correspondientes al área de Ciencias y Tecnología de la Salud (2,235 y 3,167, respectivamente), seguidos por los del área de Jurídicas.

**Tabla 2. N° de unidades por áreas de investigación, eficientes e ineficientes, ETP por tramos y promedios de ineficiencia de los grupos de investigación de la Comunidad Autónoma de Andalucía.**

	AGR	BIO	CTS	FIS	MAT	QUI	HUM	RNM	ECO	JUR	SOC	TEP	TIC
<b>N° total unidades</b>	125	157	323	47	81	98	598	167	112	108	56	107	94
N° U. Eficientes	82	89	139	35	46	69	233	90	46	45	44	59	70
N° U. Ineficientes	43	68	184	12	35	29	365	77	66	63	12	48	24
<b>ETP por tramos</b>													
1	82	89	139	35	46	69	233	90	46	45	44	59	70
(1,0-1,1)	8	11	11	2	7	4	28	9	5	5	2	10	4
[1,0-1,2)	8	9	20	0	3	6	29	14	7	7	2	4	2
[1,2-1,5)	16	20	29	6	8	9	66	22	18	7	3	13	10
[1,5-2,0)	6	20	35	3	11	8	105	16	13	10	4	7	6
[2,0-3,0)	3	3	40	0	4	2	70	10	16	16	1	9	0
≥ 3,0	2	5	49	1	2	0	67	6	7	18	0	5	2
<b>Promedia ineficiencia media</b>													
<b>Todas unidades</b>	1,311	1,260	2,235	1,148	1,298	1,126	1,191	1,451	1,718	2,088	1,105	1,331	1,166
<b>Sólo unid. Inefic.</b>	1,904	1,601	3,167	1,578	1,691	1,425	1,565	1,979	2,218	2,865	1,489	1,738	1,650

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se tiene una visión general del sistema, a continuación, nos centramos, para no hacer demasiado extensa la redacción de este trabajo, en el análisis de resultado de un área de investigación concreta, por ejemplo, Matemáticas.

En la siguiente tabla, se muestra la frecuencia de las unidades eficientes, estableciéndose una ordenación entre ellas. De la información de dicho cuadro se desprende que, de las 46 unidades eficientes, 10 grupos se pueden considerar como genuinamente eficientes ya que son referencia de, al menos, cuatro grupos ineficientes. En concreto, destaca la unidad 113 que es referencia de 33 grupos ineficientes, lo que representa un 94,29% de los 35 ineficientes. También cabe destacar a los grupos de investigación 183, 216 y 225 (referencia de 6 y 8 grupos, respectivamente).

Por otra parte, la aplicación de la metodología DEA también proporciona información acerca de la importancia relativa de cada una de las variables en el índice de eficiencia, lo que permite identificar los puntos fuertes y débiles de cada grupo evaluado. La obtención de un peso relativamente alto en un *output* indica que el grupo evaluado destaca especialmente en ese *output*. Para los grupos ineficientes, pesos elevados de un determinado *input* y/o *output* son indicativos de que, gracias a ello, su nivel de ineficiencia no es mayor. No obstante, debido a las diferencias de medida que pueden existir entre los diversos factores empleados, el estudio del peso en sí puede estar sesgado y, por ello, para analizar la importancia de cada factor es más apropiado utilizar los *inputs* u *outputs virtuales*, que son el resultado de multiplicar el peso resultante por el correspondiente valor de cada variable. Así, cuanto más alto sea el *output* o *input virtual* alcanzado tanto más favorable es el factor en cuestión en el índice de eficiencia resultante, representando el *trade-off* de tal factor. En consecuencia, a partir de los *outputs virtuales* obtenidos aplicando el modelo BCC orientación output, vamos a realizar un análisis cluster que nos permite agrupar las unidades en grupos similares y poder apreciar qué aspecto es el que incide en su caracterización como eficiente o ineficiente.

**Tabla 3. Cualificación de los grupos eficientes. Matemáticas. Modelo BCC–O.**

CUALIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN eficientes					
Frecuencia	% s / Inef.	Unidades Eficientes	Frecuencia	% s / Inef.	Unidades Eficientes
33	94,29%	1 grupo	3	8,57%	3 grupos
8	22,86%	2 grupos	2	5,71%	3 grupos
6	17,14%	1 grupo	1	2,86%	10 grupos
5	14,29%	3 grupos	0	0,00%	20 grupos
4	11,43%	3 grupos			

Fuente. Elaboración propia.

De manera general, podemos afirmar que de los *outputs* considerados, el número de revistas ( $y_1$ ) es el que tiene una mayor contribución marginal, alcanzando un promedio de 0,213 (o un 21,3%), frente al 0,172 (un 17,2%), el 0,162 (un 16,2%) y el 0,151 (un 15,1%) que, en promedio, tienen los *outputs* que le siguen en importancia, que son congresos ( $y_3$ ), tesis ( $y_4$ ) y libros y capítulos de libros ( $y_1$ ), respectivamente.

Para el análisis cluster, hemos utilizado un procedimiento no jerárquico, fijando tres grupos. Como medida de disimilitud utilizamos la distancia euclídea (métrica) y para formar los cluster hemos elegido, dentro de las múltiples variantes que existen, aquella que se apoya en minimizar el diámetro de la partición, entendiendo por tal el máximo de los diámetros (máxima disimilitud entre dos observaciones del mismo grupo) de los diferentes clusters. Una de las ventajas de este procedimiento es que no tiende a producir clusters de tamaños particulares (Brusco y Credit, 2005).

Este aspecto es esencial en nuestro contexto a causa de la posibilidad de que haya algunos clusters más pequeños que otros.

Hemos fijado un número de clusters igual a 3, como se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 4. Análisis cluster. Matemáticas. Modelo BCC-O.**

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Global
Nº unidades	37	19	25	81
Media Revistas	40,12	148,71	100,14	84,12
Media Libros y Capít.libros	14,73	27,79	8,32	15,81
Media Congresos	17,88	43,62	16,60	23,50
Media Tesis	2,97	8,42	4,20	4,63
Media Patentes	0,03	0,00	0,04	0,02
Media Proyectos	9,46	28,00	13,16	14,95
Media Cuantía proyectos	7,06	58,80	15,21	21,72
Media Otras actividades	3,08	10,00	9,12	6,57
Nº grupos eficientes	15	17	14	46

Fuente. Elaboración propia.

En uno de ellos, con 37 grupos, destaca el *output* número de revistas ( $y_1$ ), con un promedio de 40,12. Por otra parte, los otros dos clusters están formados por 19 y 25 grupos. Tanto uno como el otro destacan también por contener porque presentan la mayor contribución media del *output* número de revistas ( $y_1$ ). Ahora bien, el cluster que contiene 19 grupos es el que tiene una mayor contribución marginal, en media, de los *outputs virtuales* revistas ( $y_1$ ). Finalmente, cabe destacar, como se puede observar en el cuadro 4, que los grupos eficientes están repartidos en tres de los cuatro grupos.

Para finalizar el análisis, hemos realizado, de nuevo, un análisis cluster pero ahora no con los datos originales sino con los resultados del análisis DEA de los 46 grupos eficientes de esta área de investigación.

Como se puede observar en la siguiente tabla, también tenemos un número de clusters igual a 3, con 19, 15 y 19 grupos en cada uno de ellos. Ahora en el primer cluster destacan sobremanera libros y capítulos de libros ( $y_2$ ) y la cuantía de proyectos ( $y_7$ ). En el cluster 2, revistas ( $y_1$ ) y otras actividades ( $y_8$ ) y, finalmente, en el cluster 3, congresos ( $y_3$ ) y tesis ( $y_4$ ).

**Tabla 5. Análisis cluster de unidades eficientes. Matemáticas. Modelo BCC–O.**

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Nº unidades	19	15	19
Media Revistas	0,064	0,405	0,113
Media Libros y Capít.libros	0,401	0,032	0,085
Media Congresos	0,089	0,094	0,332
Media Tesis	0,059	0,036	0,237
Media Patentes	0,058	0,00	0,00
Media Proyectos	0,071	0,059	0,091
Media Cuantía proyectos	0,216	0,026	0,086
Media Otras actividades	0,043	0,347	0,056

Fuente. Elaboración propia.

#### 4 Conclusiones

En este trabajo hemos empleado la técnica DEA, que al igual que otros métodos cuantitativos, no es más que una herramienta apropiada que aporta objetividad y racionalidad en el quehacer de los gestores universitarios en su labor diaria de analizar lo mejor posible la realidad para que las decisiones que se tomen estén cada vez más y mejor informadas.

Inicialmente se ha realizado un estudio de la eficiencia, vía DEA, de los grupos de investigación de las áreas de investigación de la Comunidad Autónoma de Andalucía. Esto nos ha permitido tener una visión de conjunto.

Los resultados obtenidos nos han permitido discriminar las unidades eficientes e ineficientes. De las primeras se ha realizado una cualificación de las mismas y de las segundas se ha realizado una clasificación por tramos. Además, a través de los *input* y *outputs virtuales* se permite identificar los puntos débiles y fuertes de cada uno de los grupos.

Posteriormente, se ha pormenorizado en el análisis de la eficiencia, para un área de investigación (Matemáticas) realizando un análisis cluster empleando los datos originales de todos los grupos. Éste nos ha puesto manifiesto la disparidad que existe entre los diferentes grupos de investigación, lo cual puede estar motivado por las distintas contribuciones marginales de los *outputs*.

Finalmente, se ha realizado otro análisis cluster pero sólo para las unidades eficientes, resultando significativos los resultados al cambiar las contribuciones que realizan los grupos de investigación al compararse los eficientes entre sí.

## 5 Referencias

- BANKER, R.D.; CHARNES, A. y COOPER, W.W. (1984): “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in DEA”. *Management Science*, 30, nº. 9, 1078-1092.
- BRUSCO, M.J. y CRADIT, J.D. (2005), “ConPar: a method for identifying groups of concordant subject proximity matrices for subsequent multidimensional scaling analyses”. *Journal of Mathematical Psychology*, 49, 142-154.
- CABALLERO, R.; GALACHE, T.; GÓMEZ, T.; MOLINA, J. y TORRICO, A. (2001). “Efficient Assignment of Financial Resources within a University System. Study of the University of Malaga”. *European Journal of Operational Research*, vol. 133, pp. 298-309.
- (2004): “Budgetary allocation and efficiency in the human resources policy of a university following multiple criteria”. *Economics of Education Review*, vol. 23, pp. 67-74.
- CELIK, O. y ECER, A. (2009): “Efficiency in accounting education: evidence from Turkish Universities”, *Critical Perspective on Accounting*, 20: 614-634.
- GALACHE, T.; GÓMEZ, T.; PÉREZ, F.; RIVAS, C.; RUIZ, C.; SÁNCHEZ, J.; TORRICO, A. y CABALLERO, R. (2008): “Estudio de la eficiencia técnica de los grupos de investigación de economía en Andalucía”, *Investigaciones de Economía de la Educación*, nº 3, 137-144.
- LEE, H.; PARK, Y. y CHOI, H. (2009): “Comparative evaluation of performance of national R&D programs with heterogeneous objectives: a DEA approach”, *European Journal of Operational Research*, 196: 847-855.
- MENG, W.; ZHANG, D.; QI, L. y LIU, W. (2008): “Two-level DEA approaches in research evaluation”, *Omega (The International Journal of Management Science)*, 36: 950-957.
- MINGORANCE, C.; BARRUSO, B.; CALDERÓN, P. y RUEDA, N. (2009): “Indicadores de la contribución de las universidades españolas a la I+D”, *XXV Encuentro Arethuse*.
- PEDRAJA, F., SALINAS, J. y SUÁREZ, J. (2001), “La medición de la eficiencia en el sector público”, en Álvarez, A. (Coordinador), *La medición de la eficiencia y la productividad*, 243-265.
- TORRICO GONZÁLEZ, A., PÉREZ GARCÍA, F., GALACHE LAZA, T., MOLINA LUQUE, J., GÓMEZ NÚÑEZ, T. y CABALLERO FERNÁNDEZ, R. (2007): “Análisis de la eficiencia de las unidades productivas de una universidad”, *Rect@*, 8(1): 163-195.