

ASIGNACIONES PRESUPUESTARIAS Y EFICIENCIA EN EDUCACIÓN SUPERIOR BAJO CRITERIOS MÚLTIPLES

Caballero, R.; Galache, T., Gómez, T.; Molina, J. y Torrico, A.
Universidad de Málaga

ABSTRACT

En la universidad española es fundamental establecer instrumentos con los que mejorar su eficiencia en la gestión y asignación de recursos financieros. Por ello, establecemos una metodología para orientar la gestión de recursos hacia la búsqueda de la eficiencia.

En este sentido, por un lado, empleando la técnica del Análisis Envolvente de Datos (DEA), realizamos un estudio de la eficiencia de un sistema universitario en su conjunto. Por otro lado, elegimos la Programación por Metas como la técnica multicriterio más apropiada para la asignación de recursos financieros ya que incorpora la idea de satisfacción de los objetivos, donde los órganos de gobierno de una universidad pueden reflejar las preferencias y prioridades que deseen implantar. Así, diseñamos un modelo flexible que, al mostrar los diferentes criterios y objetivos, puede ser utilizado como un instrumento de búsqueda del consenso entre los intereses contrapuestos de los diferentes colectivos que componen una universidad (alumnos, profesores, gestores, PAS, etc.). Finalmente, establecemos una vinculación empírica entre ambas técnicas cuantitativas, estableciéndose trasvases de información y aplicándolo a la Universidad de Málaga.

En definitiva, pretendemos dotar a los órganos de gobierno de la universidad de unos instrumentos útiles que aporten objetividad y transparencia al proceso de evaluación de la eficiencia y asignación de recursos financieros.

1. INTRODUCCIÓN

Hace ya más de diez años que en nuestro país hay un debate, todavía abierto, sobre el uso de indicadores para orientar o justificar la toma de decisiones en la enseñanza superior (véase Cave et al (1997)). A este respecto, aun cuando nadie discute que deben utilizarse, también se ha llegado a la conclusión que los indicadores, por sí solos, son una buena herramienta pero limitada. Una organización como la universitaria es un sistema sumamente complejo, ya que en él confluyen intereses contrapuestos de diferentes colectivos (alumnos, profesores, gestores, personal de administración y servicios,...), organizados en distintos niveles (centros, titulaciones, departamentos, áreas de conocimiento, grupos de investigación,...) y cuyo número de interrelaciones es muy amplio dadas las diferentes funciones que se desarrollan dentro de una universidad (docencia, investigación, otros servicios,...); además, los objetivos básicos de toda universidad, docencia e investigación, se desarrollan de forma distinta según de qué rama del conocimiento se trate. Evidentemente, todo esto genera una gran cantidad de información cuantitativa que, de alguna manera, hay que saber pulir y depurar para que las decisiones que se tomen sean cada vez decisiones más y mejor informadas: ¿cabe, entonces, pensar en la posibilidad de usar otros instrumentos que, de alguna manera, incorporen un valor añadido a los decisores? En nuestra opinión, sí es posible dar un paso más.

Hay un conjunto de métodos matemáticos que, por una parte, permiten evaluar el grado de eficiencia con el que una determinada unidad productiva emplea los recursos disponibles y, por otra, mejoran el proceso de asignación de recursos existente, teniendo en cuenta una serie de objetivos, preferencias y prioridades. Concretamente, nos referimos, en el primer caso, al Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA), y en el segundo, a la Toma de Decisiones Multicriterio (Multicriteria Decision Making, MCDM).

Dado que el proceso educativo se presenta como un bien complejo que provoca la imposibilidad de alcanzar una especificación completa de su función de producción y que en nuestro país la Educación, en general, y la Educación Superior, en particular, tiene un carácter público, han proliferado estudios que emplean el Análisis Envolvente de Datos (DEA) para medir la eficiencia. Concretamente, en la Educación Superior caben destacar los trabajos de Beasley (1990 y 1995), Sinuany-Stern et al. (1994), Pina y Torres (1995), Arcelus y Coleman (1997), Athanassopoulos y Shale (1997), Hanke y Leopolseder (1998) y González, Lafuente y Mato (1998).

En el segundo caso, la Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM) nos parece especialmente útil en nuestro contexto decisional ya que, como es conocido, las decisiones en la universidad suelen ser el resultado de un compromiso entre los intereses contrapuestos de los diferentes colectivos. Así, un modelo que muestre explícitos los diferentes criterios y objetivos

puede ser utilizado como un instrumento de búsqueda del consenso, siendo ésta una de las más interesantes facetas del Análisis Multicriterio. En la aplicación de esta técnica en la Educación Superior, a nivel internacional, caben destacar a Mustafa y Goh (1996) y Fandel y Gal (1998). Finalmente, hay que destacar la flexibilidad que aporta la Toma de Decisiones Multicriterio, en consonancia con la flexibilidad del régimen de presupuestación y de asignación interna de recursos de las universidades españolas.

En este trabajo proponemos una metodología novedosa ya que se trata de una herramienta que ayuda a orientar la gestión y asignación de recursos de una universidad, de una manera inequívoca y metódica, hacia la búsqueda de la eficiencia. El fundamento de dicha metodología reside en las conexiones que se van a establecer entre las dos técnicas cuantitativas empleadas, el Análisis Envolvente de Datos y la Toma de Decisiones Multicriterio.

En este sentido, hay una serie de trabajos que relacionan ambas técnicas. En principio, hay dos *filosofías* diferentes para abordar dicha conexión. La primera de ellas trata de establecer la equivalencia teórica entre ambas, esto es, pasar de un modelo MCDM a uno DEA o viceversa. En definitiva, consideran que ambas técnicas son estructuralmente similares. En esta línea de investigación se pueden considerar los trabajos de Belton y Vickers (1993), Stewart (1996) y Korhonen, Tainio y Wallenius (2001). En otra línea se encuentran las investigaciones de Giokas (1997), Athanassopoulos (1998) y Post y Spronk (1999) que tratan de emplear ambas metodologías de una manera alternativa y/o combinada para tener en cuenta el grado de eficiencia en la asignación.

De acuerdo con este último planteamiento, nuestro objetivo es vincular la política financiera de una institución universitaria con la eficiencia y la calidad, revisando los mecanismos de asignación de recursos externos e incorporando nuevas herramientas en los sistemas de gestión interna de las universidades españolas para que puedan producir mejoras sensibles en la calidad y en el uso de los recursos financieros recibidos. De esta forma, los centros de decisión puedan diseñar y ejecutar una política que suponga una mejora de la eficiencia en la provisión de los servicios docentes y de investigación.

En el siguiente epígrafe damos una breve síntesis de las etapas que proponemos para llevar a cabo tanto la evaluación de la eficiencia técnica de un sistema universitario así como para la asignación de recursos financiero mediante una modelización multicriterio. Posteriormente realizamos una aplicación a la Universidad de Málaga y finalizamos con unas conclusiones.

2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN LA GESTIÓN DE RECURSOS Y LA ASIGNACIÓN DE NUEVOS FONDOS DESTINADOS A LA POLÍTICA DEL PERSONAL DOCENTE E INVESTIGADOR

2.1. Modelo para evaluación de la eficiencia

Dado que nuestro estudio pretende evaluar, desde un punto de vista microeconómico, la eficiencia técnica con la que operan las unidades productivas de una institución universitaria, elegimos como unidad de análisis el área de conocimiento ya que es la entidad que posee una mayor afinidad docente e investigadora dentro de un sistema universitario¹. Concretamente, en la Universidad de Málaga (UMA) hay 142 áreas de conocimiento.

Además, al utilizar como unidad de análisis el área de conocimiento, se puede establecer una agregación mayor, que se denomina rama (terminología del Consejo de Universidades), con el fin de poder aportar una visión más homogénea e intermedia que pueda servir de orientación general para otros estudios. De acuerdo con el Consejo de Universidades, las áreas de conocimiento se pueden agrupar en cinco ramas: Ciencias Experimentales (C.E.), Ciencias de la Salud (C.S.), Ciencias Sociales y Jurídicas (C.S.J.), Enseñanzas Técnicas (E.T.) y Humanidades (H.).

Una vez elegida la unidad de análisis, el siguiente paso en la metodología DEA es seleccionar los inputs y outputs del modelo. De este modo, teniendo en cuenta los distintos estudios que se señalaron en la introducción y de la información de que disponemos de la UMA, hemos elegido las siguientes variables *proxies* que, entendemos, recogen mejor los recursos empleados y outputs de proceso para la labor docente de cada una de las áreas de conocimiento².

En cuanto a las variables inputs, se han considerado cuatro: la capacidad docente del profesorado funcionario (x_{1j}); la capacidad docente del profesorado no funcionario (x_{2j}); el número de becarios (x_{3j}) existente en cada unidad funcional y, finalmente, el número de PAS de laboratorio (x_{4j}), adscrito al área de conocimiento para funciones propias de docencia.

¹ Cabe resaltar que, en ocasiones, determinadas áreas de conocimiento, normalmente las de mayor tamaño en personal, se dividen en departamentos cuando cumplen los requisitos legales para poder hacerlo. En estos casos, en nuestro estudio se toma como unidad de análisis la unidad funcional más pequeña con capacidad organizativa propia, siendo ésta, normalmente, el área de conocimiento.

² En este estudio no se ha tenido en cuenta la investigación dado que hemos tratado de ajustarnos lo máximo posible a la realidad de la UMA de los años 1994/1998, donde hubo una gran demanda y en la que se tuvo que contratar a nuevo profesorado, primando las necesidades docentes frente a las investigadoras.

Por lo que respecta a los outputs, se consideran los alumnos normalizados (y_{1j}), es decir, el número de alumnos matriculados, aplicándole diversos coeficientes de ponderación, según sean de primera, segunda, tercera o sucesivas matrículas³, el número medio de alumnos de docencia (y_{2j}), y, por último, la carga docente real (y_{3j}).

La tercera etapa sería la especificación del modelo matemático. Así, de los diferentes modelos DEA existentes en la literatura⁴, pensamos que es aconsejable aplicar una especificación lo más flexible posible que imponga unas mínimas condiciones. De este modo, elegimos la formulación del análisis envolvente de datos conocida como modelo BCC, el cual contempla rendimientos variables a escala, consiguiéndose, además, una estimación de la Eficiencia Técnica Pura, no contaminada por los efectos de la escala de operaciones. No obstante, con el fin de contrastar la posibilidad de rechazar o no la hipótesis de rendimientos constantes a escala, también utilizamos el modelo CCR. Por otro lado, también se debe elegir qué tipo de orientación, input o output. A este respecto, dadas las características del sector público universitario, es razonable suponer que los objetivos de los gestores irán orientados hacia la obtención de los mejores resultados a partir de los recursos de que disponen, de ahí que elegimos la orientación output. Ambos modelos se encuentran en el Anexo.

2.2. Modelo de asignación de nuevos fondos

El modelo que presentamos trata de mejorar diversos aspectos del elaborado por Caballero y otros (2001). Dicho modelo permite la consideración simultánea de criterios frente a los modelos monobjetivos con los que cuentan, actualmente, los equipos rectorales de la mayoría de las Universidades españolas (básicamente, el criterio mayoritario viene dado por la demanda de alumnos). De esta forma, dicha política no permite mejorar diversos problemas estructurales que dificultan conseguir una enseñanza y/o una investigación de calidad. Además, uno de los principales ventajas de nuestro modelo es su flexibilidad para adaptarse a la problemática específica de cualquier universidad. En concreto, los parámetros que en él se definen pueden ser modificados por los órganos decisores en función de los niveles de aspiración que se marquen para cada curso académico, de acuerdo con la política financiera que se quiera llevar a cabo.

No obstante, con el propósito de ajustar aún más el modelo de programación multiobjetivo a la realidad, presentamos la modelización que aparece en el Anexo II, que se centra en la resolución de un modelo lineal para la asignación de plazas de profesorado y promoción del mismo pero en variable entera, puesto que en este caso, cada variable de decisión

³ Véase Contreras y otros (1995).

⁴ Consúltense Charnes, Cooper, Lewin y Seiford (1994).

representa el número de plazas de una cierta categoría que se concede a un área de conocimiento.

Además, también trata de asignar plazas a las áreas de conocimiento con el propósito de que el sistema en su conjunto verifique unos requisitos considerados deseables, a un coste mínimo pero incorporando parámetros calculados vía DEA. De esta forma, trata de eliminar desequilibrios persistentes que puedan existir entre las distintas áreas y calcula el coste que ello le supondría al sistema universitario en su conjunto. Finalmente, realizamos un nuevo análisis DEA en el que incorporamos los resultados del modelo multiobjetivo, con el objetivo de analizar de nuevo la eficiencia de la universidad en su conjunto.

3. RESULTADOS APLICADOS A LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

La metodología expuesta en el epígrafe anterior la hemos aplicado a las áreas de la Universidad de Málaga (1998). Así, en primer lugar, se ha realizado un análisis vía DEA de la eficiencia técnica del sistema universitario. Por un lado, la amplitud del intervalo de eficiencia oscila entre 1 y 2,1768, su ineficiencia media es sitúa en el 1,2076 y el número de unidades eficientes es 42.

En este sentido, si se *analiza por ramas* se observa que las áreas de conocimiento más ineficientes corresponden a la rama de Ciencias Experimentales y las de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas, de nuevo, son las áreas de conocimiento más eficientes. Por lo que respecta a la clasificación de las unidades eficientes mediante el criterio de la *frecuencia*, 14 unidades eficientes se pueden considerar como atípicas (referencia < 2 áreas), donde las áreas correspondientes a Humanidades representan el mayor porcentaje. En cambio, 19 áreas eficientes de las 42 se pueden considerar como genuinamente eficientes, siendo de nuevo, la rama de Ciencias Sociales y Jurídicas la que posee un mejor comportamiento. En cuanto a las unidades ineficientes, si se analizan las *tasas de ineficiencia por tramos*, además de las 42 unidades eficientes, existen otras 27 que están muy próximas a la eficiencia relativa. En cambio, hay 38 áreas de conocimiento que podemos considerar como muy ineficientes.

En segundo lugar, mediante el modelo de programación por metas lexicográfico que se relaciona en el Anexo, se determinan las plazas asignadas. En este sentido, los resultados obtenidos nos indican que las áreas de conocimiento, de acuerdo con los niveles de aspiración establecidos de las 142 unidades funcionales, 90 de ellas se le ha concedido algún tipo de plazas.

Concretamente, pueden recibir para el próximo curso académico, un total de 195 nuevas incorporaciones, de las cuales 141 corresponden a profesores asociados y 54 a ayudantes, y por otro, se conceden 375 promociones, con presupuesto total que supera los 803 millones de ptas.

Además, si se observa la distribución del presupuesto por ramas, las áreas de Ciencias Sociales y Jurídicas (reciben un 52,5% del total) y las de Enseñanzas Técnicas (19,9%) son las que más perciben; esto es debido a que imparten docencia en titulaciones de reciente creación en la UMA (Periodismo, Publicidad y Relaciones Públicas, Ingenieros Técnicos en Sonido de Imagen, etc.) y, por consiguiente, han tenido que contratar a un gran número de profesorado en anteriores cursos académicos al analizado en este trabajo. Le siguen, las áreas pertenecientes a las ramas de Ciencias de la Salud (14,6%) y Humanidades (12,8%), con una demanda estabilizada y, finalmente, Ciencias Experimentales que no llega al 1%. Este resultado parece congruente ya que esta rama posee, en media, la menor carga docente, el mayor cociente entre profesor doctor/no doctor (10/11) y la mayor ratio de profesores funcionarios/contratados (8/3). En consecuencia, se trata de una rama donde sus áreas de conocimiento están *consolidadas* y, por consiguiente, prácticamente verifican todas las metas de los diferentes niveles de prioridad. En este cuadro mostramos la plantilla correspondiente al curso académico objeto de estudio, clasificada por categorías, cabe significar que no se relaciona la categoría de Catedrático de Universidad (CU). Igualmente, en cuanto a la asignación obtenida con el modelo de Programación por Metas, cabe subrayar, en primer lugar, que hay un aumento significativo en el número de profesores en las categorías de Titular de Universidad (TU) y Asociado a Tiempo Parcial a seis horas (ASTP6). En segundo lugar, se produce un descenso relevante en las categorías de Titular de Escuela Universitaria (TEU) y Asociado a Tiempo Parcial a tres horas (ASTP3), con un descenso del 51,64% y 55,87%, respectivamente. Finalmente, obtenemos la nueva plantilla resultante para el próximo curso académico, donde destaca la figura del Titular de Universidad.

Cuadro. Planificación del PDI, por categorías, para el próximo curso académico. Universidad de Málaga (UMA). Modelo multiobjetivo de asignación de plazas.

PLANIFICACIÓN DE PLANTILLA DEL PDI DE LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (UMA)						
CATEGORÍA	Curso 1997 / 98		Asignación Modelo		Nueva Plantilla	
	Nº	% s/Total Plantilla	Nº	Tasa Variación (%)	Nº	% s/Total Plantilla
Titular Univer. (TU) o Cat.. Esc. Un. (CEU)	485	30,39%	216	44,54%	701	39,14%
Titular Escuela Univer. (TEU)	304	19,05%	-157	-51,64%	147	8,21%
Asociado Tiempo Completo (ASTC)	354	22,18%	60	16,95%	414	23,12%
Asociado Tiempo Parcial 6h. (ASTP6)	161	10,09%	189	117,39%	350	19,54%
Asociado Tiempo Parcial 3h. (ASTP3)	179	11,22%	-100	-55,87%	79	4,41%
Ayudante de Universidad (AYU)	64	4,01%	-26	-40,63%	38	2,12%
Ayudante de Escuela Universitaria (AYE)	49	3,07%	13	26,53%	62	3,46%
TOTALES	1.596	100,00%	195	12,22%	1.791	100,00%

Fuente. Universidad de Málaga (1998). Elaboración propia.

En tercer lugar, a partir del modelo DEA, realizamos un nuevo análisis envolvente de datos, en el que incorporamos los resultados del modelo multiobjetivo a la plantilla actual de cada una de las áreas de conocimiento. De acuerdo con los resultados, cabe significar que se mejora la eficiencia media del sistema en su conjunto: el número de unidades eficientes ha aumentado (al pasar de 42 a 49), la amplitud del intervalo de eficiencia se reduce y disminuye la ineficiencia media del sistema. Además, si se analiza las tasas de eficiencia por tramos también hay una notable mejoría. Asimismo, hemos comprobado que la asignación de nuevos recursos realizada mejora la eficiencia media del sistema universitario, no sólo en su conjunto, sino también por ramas de conocimiento.

4. CONCLUSIONES

En este epígrafe mostramos las siguientes conclusiones generales de nuestro trabajo: En primer lugar, podemos señalar que en el proceso de toma de decisiones pretendemos dar un paso más allá del mero uso de indicadores, lo cual implica una mayor confianza en los métodos cuantitativos como instrumento de apoyo a la gestión de recursos educativos. Asimismo, es una herramienta válida para detectar las eficiencias y/o ineficiencias de las unidades productivas de un sistema universitario.

En tercer lugar, dota al equipo de gobierno de una universidad de un instrumento adecuado para que la política de recursos humanos responda más a una verdadera planificación que a las presiones de los distintos colectivos. De hecho, el modelo multiobjetivo propuesto garantiza un tratamiento similar a todas las áreas de conocimiento y aumenta la transparencia en la asignación de recursos financieros. Dicho modelo es flexible puesto que permite la incorporación de prioridades y objetivos que reflejen las distintas políticas que se quieran llevar a cabo y a lo largo de diferentes espacios de tiempo.

En consecuencia, no sólo se ha conseguido vincular la política financiera de recursos de una universidad con su eficiencia técnica, sino que, además, se produce una mejora en la eficiencia media de la misma.

Sin embargo, entendemos que su aplicación puede estar condicionada tanto por las limitaciones organizativas que existen en la mayoría de las instituciones universitarias españolas, como por la falta de transparencia y publicidad de sus sistemas de información. Por otra parte, sería necesaria una implicación de todos los colectivos universitarios para alcanzar un consenso en el establecimiento de objetivos y prioridades tanto para la institución universitaria en su conjunto como para las unidades productivas que la componen.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCELUS, F.J. y COLEMAN, D.F. (1997): "An efficiency review of University departments". *International Journal of Systems Science*, vol. 28, n.º. 7, pp. 721-729.
- ATHANASSOPOULOS, A.D. (1998): "Decision Support for Target-Based Resource Allocation of Public Services in Multiunit and Multilevel Systems". *Management Science*, vol. 44, n.º. 2, pp. 173-187.
- 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*, n.º. 2, pp. 117-135.
- BEASLEY, J.E. (1990): "Comparing University Departments". *Omega, International Journal of Management Science*, vol. 18, n.º. 2, pp. 171-183.
- , (1995): "Determining Teaching and Research Efficiencies". *Journal of the Operational Research Society*, vol. 46, pp. 441-452.
- BELTON, V. y VICKERS, S. (1993): "Demystifying DEA- A Visual Interactive Approach Based on Multiple Criteria Analysis". *Journal of Operational Research Society*, vol. 44, n.º. 9, pp. 883-896.
- CABALLERO R.; GALACHE, T.; GÓMEZ, T.; MOLINA, J. y TORRICO, A. (2001): "Efficiency assignment of financial resources within a university System. Study of the university of Malaga". *European Journal of Operational Research*, vol. 133/2, pp. 75-86.
- CAVE, M.; HANNEY, S.; HENKEL, M. y KOGAN, M. (1997): "The use performance indicators in higher education". Tercera edición. Jessica Kingsley Publishers. London and Bristol, Pennsylvania.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; LEWIN, A.L. y RHODES, E. (1994): "Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications". Kluwer Academic. Boston.
- CONTRERAS F.; REPETO, J. R.; GARCÍA, P.; ALVAREZ-MANZANEDA, E.; MÁRQUEZ, S.; HÉRNANDEZ ARMENTEROS, J.; MARTÍN, G.; FERRARO, J.I. y RAMÍREZ DE ARELLANO, A. (1995): "La financiación de las universidades andaluzas". *Auditoria Pública*, vol. 3, pp. 16-24.
- FANDEL, G. y GAL, T. (1998): "Redistribution of funds for teaching and research among universities". Third DAS Workshop and Eighth Workshop of the DGOR Working Group, from 25–27 February. Lasenburg (Austria).

- GIOKAS, D. (1997): "The use of Goal Programming and Data Envelopment Analysis for estimating efficient marginal costs of outputs". *Journal of the Operational Research Society*, vol. 48, nº. 3, pp. 319-323.
- GONZÁLEZ-VEIGA, M.C.; LAFUENTE, E. y MATO, J. (1998): "Estudio de la eficiencia en la universidad de Oviedo a través del análisis envolvente de datos". *Actas de las VII Jornadas de la Asociación de la Economía de la Educación*. Santander, pp. 459-475.
- HANKE, M. y LEOPOLDSEDER, T. (1998): "Comparating the efficiency of Austrian Universities: a Data Envelopment Analysis Application". *Tertiary Education and Management*, vol. 4, nº. 3, pp. 191-197.
- KORHONEN P.; TAINIO, R. y WALLENIUS, J. (2001): "Value efficiency analysis of academic research". *European Journal of Operational Research*, vol. 130, pp. 121-132.
- MUSTAFA, A. y GOH, M. (1996): "Multi-criterion Models for Higher Education Administration". *Omega, International Journal of Management Science*, vol. 24, nº. 2, pp. 167-178.
- PINA, V. y TORRES, L. (1995): "Evaluación del rendimiento de los departamentos de Contabilidad de las universidades españolas". *Hacienda Pública Española*, vol. 135, pp. 183-190.
- POST, T. y SPRONK, J. (1999): "Performance benchmarking using interactive Data Envelopment Analysis". *European Journal of Operational Research*, vol. 115, pp. 472-487.
- SINUANY-STERN, Z.; MEHREZ, A. y BARBOY, A. (1994): "Academic Departments Efficiency via D.E.A.". *Computers & Operations Research*, vol. 21, nº. 5, pp. 543-556.
- STEWART, T.J. (1996): "Relationships between Data Envelopment Analysis and Multicriteria Decision Analysis". *Journal of the Operational Research Society*, vol. 47, nº. 5, pp. 654-665.
- TORRICO, 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 de la Universidad de Málaga". Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (1998): "Libro blanco del profesorado de la Universidad de Málaga. Segunda edición". Universidad de Málaga.

6. ANEXO

MODELOS DEA

MODELO CCR _E – Output	MODELO BCC _E – Output
$\text{Max}_{\phi, \lambda; s_r^+, s_i^-} g_k = \phi_k + \left(\varepsilon \sum_{r=1}^3 s_r^+ + \varepsilon \sum_{i=1}^4 s_i^- \right)$	$\text{Max}_{\phi, \lambda; s_r^+, s_i^-} z_k = \phi_k + \left(\varepsilon \sum_{r=1}^3 s_r^+ + \varepsilon \sum_{i=1}^4 s_i^- \right)$
sujeto a:	sujeto a:
$\sum_{j=1}^{142} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ik},$	$\sum_{j=1}^{142} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ik},$
$\sum_{j=1}^{142} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi_k y_{rk}$	$\sum_{j=1}^{142} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi_k y_{rk}$
$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0$	$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0$
$i = 1, 2, 3, 4$	$i = 1, 2, 3, 4$
$r = 1, 2, 3$	$r = 1, 2, 3$
	$\sum_{j=1}^{142} \lambda_j = 1$

Así, un área de conocimiento será eficiente cuando posea una tasa de eficiencia unitaria y sus variables de holgura sean nulas, esto es, no necesitará realizar ninguna mejora, ni radial, en todos sus outputs de forma conjunta, ni tampoco específica en alguna de sus variables inputs u outputs. En cambio, una entidad será ineficiente cuando tenga un índice de eficiencia superior a la unidad. Finalmente, se puede dar el caso de unidades que posean un índice de eficiencia unitario pero alguna de sus variables de holgura sean no nulas, son las denominadas débilmente eficientes.

MODELO MULTI OBJETIVO DE ASIGNACIÓN DE PLAZAS AL MÍNIMO COSTES

De acuerdo con Torrico (2000), el siguiente modelo es de programación por metas lexicográficas ponderadas. Tiene un *enfoque lexicográfico* donde se asocian prioridades excluyentes a las metas de diferentes niveles, de forma que sólo cuando se consigue alcanzar la satisfacción de las metas de un nivel de prioridad, se intenta conseguir la satisfacción de las metas del siguiente nivel de prioridad. Para este modelo, sin embargo, se ha modificado este esquema, de tal manera que si en un nivel de prioridad nos encontramos una serie de metas que no alcanzan su umbral de aspiración, relajaremos estos umbrales de aspiración hasta los valores conseguidos en estas metas no satisfechas y abordaremos con estos nuevos umbrales los siguientes niveles de prioridad. Este proceso nos permitirá tener en cuenta siempre todos los niveles de prioridad, puesto que no se detendrá la resolución cuando se encuentre un nivel de

prioridad sin puntos satisfactorios, sino que simplemente se relajarán los umbrales de aspiración de las metas que no los alcancen.

Por otra parte, la minimización de la función vectorial de realización de cada nivel se lleva a cabo utilizando un *enfoque ponderado*, dado que no se trata de repartir una cantidad de dinero, establecida de antemano, entre las áreas de conocimiento. Además, se le asigna el mismo peso a todas las metas de un mismo nivel.

$$\text{Lex min } \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{n_{i1}}{u_{i1}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i2}}{u_{i2}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i3}}{u_{i3}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i4}}{u_{i4}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i5}}{u_{i5}}, \frac{n_6}{CT} \right\}$$

sujeito a:

$$x_{1i} + x_{2i} \leq 1 + x_{5i}, \quad x_{5i} - x_{3i} - x_{4i} \leq 0 \quad 0 \leq T_{kji} \leq N_{ki} \quad \sum_j T_{kji} \leq N_{ki} \quad (k, j) \in S$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} +$$

$$+ \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} + n_{i1} - p_{i1} = \text{CDR}_i - (1 - \text{Holgura}) \text{CDT}_i$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} + n_{i2} - p_{i2} = \text{PAA}_i - \text{CDT}_i$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} + n_{i3} - p_{i3} =$$

$$= \frac{\text{AMATRCREASIG}_i}{\text{ALUMPROF}} - \text{CDT}_i$$

$$\sum_{j=3}^6 T_{7ji} 24 - \text{CARGADOCT} \left(\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} +$$

$$+ \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} \right) + n_{i4} - p_{i4} = \text{CARGADOCT} \cdot \text{CDT}_i - \text{CDFDoctor}_i$$

$$\sum_{j=1}^5 x_{ji} S_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta S_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta S_{2j} + \sum_{j=4}^7 T_{3ji} \Delta S_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta S_{4j} +$$

$$+ \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta S_{5j} + T_{67i} \Delta S_{67} + n_{i5} - p_{i5} = \text{CREDM} \text{CDR}_i - \text{SAL}_i$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^5 x_{ji} S_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta S_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta S_{2j} + \sum_{j=4}^7 T_{3ji} \Delta S_{3j} +$$

$$+ \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta S_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta S_{5j} + T_{67i} \Delta S_{67} \right) + n_6 - p_6 = \text{CT}$$

donde $i = 1, 2, 3, \dots, n$