

# ASIGNACIONES PRESUPUESTARIAS Y EFICIENCIA EN LA POLÍTICA DE RECURSOS HUMANOS DE UNA UNIVERSIDAD BAJO CRITERIOS MÚLTIPLES

Caballero, R.; Galache, T.; Gómez, T.; Molina, J. and Torrico, A.

Universidad de Málaga. Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas). Campus de El Ejido s/n 29071 Málaga; e-mail: r\_caballero@uma.es

## RESUMEN

En este trabajo se establece una metodología novedosa para orientar, en un ámbito microeconómico, la asignación y gestión de recursos financieros en el sistema universitario español hacia la búsqueda de la eficiencia. Concretamente, se facilita un modelo de ayuda a la toma de decisiones para que la planificación de la política de personal dentro de una universidad garantice un tratamiento homogéneo a todas sus unidades docentes e investigadoras, una mayor transparencia en la asignación de recursos financieros así como un seguimiento racional de las asignaciones realizadas y sus efectos en la eficiencia media de la universidad. El fundamento de la metodología que aportamos se apoya en el uso de dos importantes técnicas cuantitativas que están teniendo un incipiente auge en la Educación Superior, el Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis, DEA) y la Toma de Decisiones Multicriterio (Multicriteria Decision Making, MCDM). Además, conectamos ambas técnicas de tal manera que se pueda trasvasar información de una a otra.

*Palabras clave:* Asignación de recursos; Eficiencia microeconómica; Departamentos universitarios; Análisis Envolvente de Datos; Toma de Decisiones Multicriterio.

## 1. INTRODUCCIÓN

España, como la mayoría de los países europeos, ha apostado por un modelo de no mercado (en particular, el colegiado), optando por una financiación pública de la Educación Superior. Los nuevos retos de las Administraciones Públicas españolas ante los compromisos adquiridos como consecuencia de nuestro ingreso en la Unión Europea han traído consigo una reciente proliferación de estudios dirigidos a analizar el comportamiento del sector público español desde la óptica de la eficiencia microeconómica en la provisión de bienes y servicios públicos, entre los que cabe destacar la Educación Superior. Con el propósito de hacer frente a estos nuevos retos, la universidad española tiene que afrontar importantes

cambios, y uno de ellos tiene que ver con la fijación clara y explícita de objetivos por parte de cada universidad. La mayor parte de la financiación universitaria en España no está ligada ni a objetivos ni a resultados; faltan incentivos a la eficiencia.

Evidentemente, uno de los aspectos donde descansa la mejora de la eficiencia de la universidad es en las posibles reformas de su modelo de financiación. Ahora bien, no es el único factor, la institución universitaria también debe modernizar sus instrumentos de organización y gestión de recursos, incorporando técnicas innovadoras en su proceso de toma de decisiones y estableciendo estrategias de eficiencia para sus unidades productivas, los departamentos.

Por ello, con objeto de dar respuesta al problema del aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles, siempre escasos, es importante examinar cómo se reparten los recursos financieros en el sistema universitario español. En este sentido, respecto a la distribución de fondos públicos entre las distintas universidades, el método más utilizado hasta la fecha ha conducido a situaciones de evidente ineficiencia, basado en incrementos que cubran la demanda y sin referencia a objetivos de prestación de servicios. Sin embargo, recientemente se están produciendo cambios en los instrumentos utilizados para la asignación de recursos. Dichos cambios pretenden, por un lado, aumentar la transparencia mediante la inclusión de criterios objetivos y, por otro, mejorar la equidad y estimular la eficiencia y la calidad.

Esta nueva filosofía de reparto implica que, a su vez, cada universidad debe revisar el procedimiento que sigue para la asignación de recursos financieros entre las distintas unidades docentes y de investigación que la componen. Y de aquí surge, precisamente, el motivo de nuestra investigación. Desde un punto de vista microeconómico, si tenemos en cuenta que el destino de una parte importante de los presupuestos de una universidad es para el pago de su personal docente e investigador (en las universidades españolas, habitualmente entre un 53-58% de los gastos corrientes), es obvio que asignar recursos financieros entre los diferentes departamentos supone plantearse qué tipo de política de recursos humanos lleva a cabo dicha institución.

A este respecto, los principales problemas que se dan en la gestión de recursos humanos académicos en el sistema educativo superior español son los siguientes: una falta de planificación de las necesidades académicas; una tendencia fundamentalmente incrementalista, con manifiestas dificultades para la innovación y la eficiencia; y, por último, el reparto del presupuesto para personal académico normalmente se establece atendiendo a un único criterio.

Una vez centrado el problema que queremos abordar, con este artículo lo que se pretende es, por una parte, mejorar el proceso de asignación interno de recursos existente en la universidad española contemplando, al mismo tiempo, distintos criterios que contengan incentivos que fomenten la eficiencia y calidad de las unidades productivas de una universidad y, por otro lado, facilitar instrumentos que permitan evaluar el grado de eficiencia técnica con el que cada unidad productiva emplea los recursos disponibles. En definitiva, aportamos un nuevo método para vincular, desde el punto de vista del análisis microeconómico, la eficiencia con la política de asignación interna de recursos financieros de una universidad, y especialmente con aquella que sustenta la gestión de recursos humanos académicos.

El fundamento del modelo que presentamos se apoya en las conexiones teóricas que recientemente se están estableciendo entre dos importantes técnicas cuantitativas, el Análisis Envolvente de Datos (DEA) y la Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM). Desde este punto de vista, podemos decir que ambas coinciden, aunque el fin último respectivo pueda diferir: las técnicas de la Toma de Decisiones Multicriterio proporcionan herramientas de planificación ex-ante, mientras que el Análisis Envolvente de Datos es un instrumento de evaluación ex-post. Las conexiones que se han realizado en la bibliografía existente intentan mostrar la supeditación de una de ellas a la otra, mientras que el enfoque que nosotros hemos elegido se corresponde con la complementariedad entre ellas, permitiendo el trasvase de información en cualesquiera de los sentidos. En la literatura hay importantes trabajos donde se aplican las dos técnicas por separado a la Educación Superior, pero pensamos que combinando ambas se pueden superar ciertas limitaciones y, por consiguiente, adaptarse mejor a la realidad universitaria.

En consecuencia, la metodología desarrollada en este trabajo, que denominamos DEA-MCDM-DEA, combina los dos enfoques matemáticos intercambiando información entre uno y otro, lo cual resulta muy útil en el proceso de planificación y asignación de recursos de una institución universitaria. Así, en una fase inicial, se emplea un modelo DEA para tener conocimiento de la eficiencia del sistema universitario. Posteriormente, aplicaremos un modelo multicriterio para la asignación de nuevos recursos entre los departamentos que componen una universidad de acuerdo con unos objetivos y niveles de prioridad establecidos por el decisor y con ciertos parámetros cuyos valores se determinarán a partir de la información obtenida con el DEA anterior. En una última etapa se comprueba si la asignación de recursos realizada aumenta la eficiencia de partida, volviendo a aplicar DEA con los nuevos niveles de inputs.

Finalmente, este modelo se ha probado con datos de la Universidad de Málaga referentes al curso 1997/98 (40.329 alumnos, 1.795 profesores y 142 departamentos). Puesto que de la simulación realizada

se extrajeron interesantes conclusiones para mejorar la eficiencia interna del sistema universitario, los órganos de gobierno de la citada universidad están barajando la posibilidad de implementar nuestra metodología, tanto para el análisis de las carencias como para la asignación de recursos adicionales. Todo ello teniendo en cuenta que la puesta en marcha de este modelo de ayuda a la toma de decisiones debe realizarse mediante un proceso gradual de adaptación entre decisores (equipo rectoral) y destinatarios de dichas decisiones (departamentos y profesores).

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El Análisis Envolvente de Datos y la Toma de Decisiones Multicriterio constituyen dos técnicas que han experimentado un notable avance en los últimos años en el ámbito de la Educación Superior. Ambos campos se han desarrollado inicialmente por separado y sólo recientemente han surgido estudios que, por un lado, ponen de manifiesto que no son tan distintos como pueden parecer en un principio, o bien, intentan realizar una aproximación entre ambas técnicas, en el sentido de combinarlas.

Básicamente, lo que pretende el primer bloque de trabajos es analizar las similitudes estructurales entre ambos enfoques y mostrar que la formulación multiobjetivo de los problemas DEA proporciona interpretaciones adicionales a tener en cuenta. En esta línea nos encontramos a Stewart (1996), Joro, Korhonen y Wallenius (1998), Halme, Joro, Korhonen, Salo y Wallenius (1999), Yun, Nakayama y Tanino (2000) y Korhonen (2000).

Por otra parte, hay que destacar otro bloque de estudios que intenta combinar ambas aproximaciones. Puesto que ésta es la línea de investigación que nosotros hemos seguido, a continuación vamos a comentar brevemente las aportaciones más sobresalientes existentes en la literatura.

Así, uno de los primeros trabajos para combinar ambas técnicas fue presentado por Golany (1988). En dicho estudio se propone el uso de un procedimiento multiobjetivo lineal interactivo para ayudar al agente decisor a establecer objetivos reales de producción para un vector de recursos dado. El algoritmo desarrollado genera un conjunto de alternativas para el vector de outputs (producción), que son puntos eficientes DEA, entre los que el decisor muestra su preferencia, o bien los acepta o puede querer algún trade-off entre sus componentes. En definitiva, se trata de compaginar los aspectos de eficiencia (utilización óptima de los recursos) y eficacia (aproximación a los objetivos establecidos) en la actuación de las unidades de decisión.

En esta línea también nos encontramos los trabajos de Athanassopoulos (1995 y 1998). Este autor combina DEA y Programación por Metas al objeto de resolver problemas de planificación en organizaciones públicas jerarquizadas, donde, por un lado, se encuentra el coordinador central que es el agente principal en el proceso de planificación y, por otra parte, las unidades de decisión locales que son los agentes responsables del logro de los objetivos de la organización global y de satisfacer la demanda local. La situación que se plantea en estos sistemas es cómo asegurar la consecución de los objetivos globales por parte de las unidades locales, cuando estas actúan conforme a sus propios objetivos.

En el primero de los trabajos citados se considera que la dirección de recursos es centralizada, es decir, el director central es responsable del control y asignación de los recursos disponibles por las unidades locales, planteándose como objetivos la eficiencia (maximizar la contribución de las unidades locales en los objetivos globales) y eficacia (maximizar la actuación global del sistema), mientras que en el segundo trabajo se incorpora el objetivo de equidad y se plantea una dirección descentralizada de los recursos. En ambos casos, salvo algunos matices en la formalización, resulta un modelo de programación por metas que recoge los objetivos globales perseguidos, y en el que cada unidad de decisión es representada por sus restricciones inputs y outputs, de acuerdo con la técnica DEA, lo cual recoge el aspecto relativo a la eficiencia. En lo referente a la eficacia se compara la asignación de inputs y outputs que resultaría de la resolución del modelo con unos niveles globales que se estiman, de forma exógena, mediante un modelo DEA global.

Giokas (1997) presenta un estudio donde analiza la utilización de DEA con Análisis de Regresión y, por otra parte, DEA con Programación por Metas, para cuantificar la eficiencia así como el coste marginal eficiente de los outputs de unidades de decisión homogéneas. En primer lugar se aplica DEA para encontrar una frontera empírica sobre la que cada variable dependiente observada (coste) es proyectada. Luego se aplica Análisis de Regresión (RA) o Programación por Metas (GP) al conjunto de datos proyectados, para producir las estimaciones de los parámetros de una función lineal de costes. Estos parámetros dan el coste marginal eficiente de los outputs. Los resultados obtenidos le llevan a concluir que la combinación DEA/GP supera algunos de los inconvenientes que tiene la otra alternativa, DEA/RA.

Por otra parte, Post y Spronk (1999), en un intento de incorporar los deseos de los agentes decisores al modelo DEA original, combinan DEA y Programación por Metas Interactiva (Interactive Multiple Goal Programming, IMGP). De este modo, obtienen un procedimiento de decisión interactivo, denominado Interactive Data Envelopment Analysis, IDEAS, que comienza seleccionando un perfil de

actuación inicial (niveles de input/output de alguna combinación de las unidades de decisión) del conjunto de posibilidades de producción, y que constituye un punto de referencia de partida.

A continuación, se calculan mejoras factibles (dentro del conjunto de posibilidades de producción) sobre este perfil inicial de actuación, es decir, hasta qué punto se puede reducir (aumentar) cada input (output) separadamente, sin deterioro en las demás variables. Con ello se está proyectando la unidad de decisión seleccionada en todas las direcciones posibles sobre la superficie envolvente DEA. El Dicho trabajo es ilustrado con datos de cincuenta departamentos de física del Reino Unido.

Asimismo, Li y Reeves (1999) presentan un modelo DEA Multicriterio (Multiple Criteria Data Envelopment Analysis, MCDEA) que puede ser empleado para mejorar el poder discriminante de los métodos DEA y también producir unos pesos más reales de los inputs y outputs sin necesidad de incorporar restricciones sobre los mismos que, por otra parte, requeriría una información a priori que conlleva juicios de valor. El modelo propuesto recoge diversas medidas de eficiencia, entre las que se encuentra la definición clásica empleada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que constituyen los criterios a optimizar, bajo un mismo conjunto de restricciones, resultando un planteamiento lineal multiobjetivo. Así, la solución DEA está contenida en el conjunto de soluciones de este problema. Con este modelo, el criterio de eficiencia es más restrictivo que el clásico, generando menos unidades eficientes y permitiendo menos flexibilidad para la distribución de los pesos input/output. La formalización del modelo no es única y depende de los criterios de eficiencia utilizados. Esta metodología la aplican, entre otros ejemplos, a la evaluación de la eficiencia de siete departamentos de una universidad (de acuerdo con el trabajo de Wong y Beasley, 1990)

Finalmente, el modelo multiobjetivo que presentamos en este estudio trata de mejorar diversos aspectos del elaborado por Caballero y otros (2001). Destacan, entre otros: la incorporación de nuevos objetivos; el uso del DEA en una primera fase ya que los parámetros del modelo multiobjetivo, que pueden ser establecidos libremente por los órganos de gobierno de una determinada universidad, se fijan ex-ante vía DEA a partir de las unidades que presentan el mejor comportamiento en su eficiencia; la resolución del modelo multicriterio se realiza en variable entera; se vuelve a utilizar DEA después del proceso de asignación de recursos, etc.

### 3. MODELO Y DATOS

Aun cuando el sistema educativo superior español dispone de un elevado nivel de financiación pública, las instituciones que lo componen, las universidades, gozan de una amplia autonomía para decidir respecto de cuestiones tan esenciales para su funcionamiento como la gestión de sus recursos financieros, la política de recursos humanos, las características de su oferta académica y de servicios y en aspectos importantes de su producción investigadora. Por ello, el modelo que presentamos pretende recoger las peculiaridades del reparto de fondos públicos dentro de una universidad española. Dicho modelo, que denominamos DEA-MCDM-DEA, supone la aplicación secuencial de las siguientes tres fases:

#### *3.1. Primera fase: Modelo DEA para la evaluación de la eficiencia técnica*

Cuando la discusión se plantea en el terreno público, en general, y en el sector educativo terciario, en particular, el concepto de eficiencia más pertinente para evaluar las unidades funcionales de una universidad es el de la eficiencia técnica, el cual indica el grado de aprovechamiento tecnológico de los recursos puestos al servicio de la producción educativa. 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 departamento ya que es la entidad que posee una mayor afinidad docente e investigadora dentro de un sistema universitario. Concretamente, en la Universidad de Málaga (UMA) hay 142 departamentos.

Además, al utilizar como unidad de análisis el departamento, se puede establecer una agregación mayor, que se denomina rama de conocimiento (terminología del Consejo de Universidades, órgano que aglutina a todas las universidades del sistema universitario español), 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 citado organismo, los departamentos se pueden agrupar en cinco ramas de 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.).

Dado el carácter no estadístico de la técnica envolvente y la incidencia de dichas variables en las estimaciones finales, el proceso debe abordarse con sumo cuidado. La regla, en este caso, es incluir todas

las variables relevantes en la actividad docente<sup>1</sup> del departamento, pero haciendo un esfuerzo de síntesis, con objeto de no afectar al poder discriminante de la citada técnica.

De este modo, en cuanto a las variables inputs, los indicadores más significativos deben obtenerse a partir de los recursos humanos, materiales o infraestructuras y financieros. Concretamente, en nuestro trabajo 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 personal de administración y servicios de laboratorio* ( $x_{4j}$ ), adscrito al departamento para funciones propias de docencia.

Como se puede observar, estas variables se corresponden a recursos humanos, de las que cabe destacar que las dos primeras reflejan el tiempo (capacidad docente) que los profesores de cada departamento emplean para impartir su docencia. No se utilizan variables para recoger los recursos materiales dado que en la universidad española no se dispone de suficiente información como para poder, por un lado, cuantificarlo y, por otro, discriminar recursos entre los distintos departamentos existentes en la universidad. Por último, en cuanto a los recursos financieros, tampoco se consideran debido a que los departamentos en España disponen de un presupuesto reducido y no resulta discriminativo para la técnica DEA.

En cuanto a la identificación y medición de las variables outputs, resulta más compleja y difícil que en el caso de los inputs. Los indicadores más veraces para medir la docencia serían, por un lado, el valor añadido o cambio experimentado por los alumnos en su formación al adquirir nuevos conocimientos y habilidades durante el tiempo que permanecen en la universidad y, por otro, la situación laboral de los graduados al cabo de unos años, esto es, una vez encontrado empleo y pasado un tiempo, mantener dicho empleo con una categoría acorde con su formación. En este sentido, dado que el proceso de aprendizaje supone la incorporación paulatina de conocimientos y habilidades al acervo del estudiante, es posible pensar en indicadores de resultados parciales a lo largo de dicho proceso, es decir, los denominados outputs intermedios. No obstante, los outputs intermedios utilizados en la literatura se refieren al momento en que finaliza el proceso de aprendizaje (el ejemplo más claro es la obtención de una titulación por parte

---

<sup>1</sup> En este estudio no se ha tenido en cuenta la investigación de los departamentos 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.



del usuario del sistema universitario), pero dado que nuestra unidad de análisis es el departamento, pensamos que es más lógico emplear indicadores conocidos como de proceso<sup>2</sup>.

A este respecto, para reflejar no sólo la cantidad sino también la calidad de los alumnos matriculados en un determinado departamento, consideramos que los esfuerzos del profesorado se centran no sólo en que aprueben los alumnos, sino que lo hagan en su primera matrícula. Por ello, en cuanto a las variables outputs utilizadas en el modelo, utilizamos como primer indicador de proceso el *número de alumnos normalizados* ( $y_{1j}$ ), es decir, el *número de alumnos matriculados*, aplicándole diversos coeficientes de ponderación, según sean de primera, segunda, tercera o sucesivas matrículas<sup>3</sup>.

Por otro lado, otros aspectos que condicionan el entorno espacial y humano donde se desenvuelve el proceso enseñanza-aprendizaje en una universidad de masas como la española son, por una parte, el número de alumnos por grupo a los que el profesor imparte enseñanza en cada una de las asignaturas que oferta la institución universitaria, lo cual viene representado por el indicador *tamaño medio de los grupos de docencia* ( $y_{2j}$ ) y, por otra, la demanda real de alumnos para cada uno de los departamentos, que se recoge mediante la variable *carga docente real* ( $y_{3j}$ ).

La tercera etapa en la metodología DEA sería la especificación del modelo matemático. Así, de los diferentes modelos DEA existentes en la literatura<sup>4</sup>, 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 (ETP), 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 (Eficiencia Técnica Global, ETG), 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. Asimismo, como es conocido, una de las grandes ventajas del DEA es que, a diferencia de las aproximaciones paramétricas, ofrece una

<sup>2</sup> Véanse los estudios de Beasley (1995), Arcelus y Coleman (1997) y Hanke y Leopoldseder (1998).

<sup>3</sup> Véase Contreras y otros (1995).

<sup>4</sup> Consúltese Charnes, Cooper, Lewin y Seiford (1994).

información particularizada de las unidades examinadas. Por ello, vamos a identificar tanto las unidades eficientes como ineficientes, obteniendo su cuantificación y dentro de las primeras, esto es, las que tengan una tasa unitaria, se distinguirán, estableciendo una determinada clasificación entre ellas de acuerdo con el criterio de la frecuencia con la que las unidades eficientes aparecen en el grupo de referencia de las ineficientes (véase Smith y Mayston, 1987).

### 3.2. Segunda Fase: Modelo MCDM para la asignación presupuestaria de nuevos fondos

Con el propósito de ajustar aún más nuestra metodología a la realidad, presentamos el modelo de programación multiobjetivo que aparece en el Anexo, que se centra en la resolución de un modelo lineal de programación por metas en variable entera<sup>5</sup> para la asignación de plazas de profesorado y promoción del mismo, ya que cada variable de decisión representa el número de plazas de una cierta categoría que se concede a un departamento. Además, los parámetros que se definen en el modelo, en lugar de ser establecidos arbitrariamente por los órganos de gobierno de la universidad, se fijan, ex-ante, a través del modelo DEA de la primera fase. Por tanto, una vez que se ha medido la eficiencia técnica de los diferentes departamentos de una universidad, los valores de los distintos parámetros del modelo multiobjetivo se determinan a partir de las unidades eficientes, que son las que presentan el mejor comportamiento. De este modo, se le proporciona al decisor unos valores significativos que le otorgan al modelo una mayor consistencia científica.

En consecuencia, el modelo multicriterio asigna plazas a los departamentos con el propósito de que el sistema universitario, en su conjunto, mejore su eficiencia media y, además, a un coste mínimo. En efecto, el modelo también determina cuánto le costaría a la universidad, como mínimo, situar a todas sus unidades productivas dentro de una banda de eficiencia, definida por los parámetros calculados vía DEA y que se consideran deseables por parte del decisor.

La política de personal en la universidad española, con respecto al Personal Docente e Investigador (PDI), se encamina bien a la *contratación*, esto es, la asignación presupuestaria para la incorporación de nuevo profesorado (asociados y/o ayudantes), o bien, a la *estabilización* y/o *promoción*, a través de la asignación monetaria para la mejora en la carrera docente del PDI existente en

---

<sup>5</sup> Cabe resaltar que la resolución del modelo multiobjetivo ha sido difícil y compleja, ya que concretamente se han resuelto cinco problemas con cuatro mil variables y setecientas restricciones. De hecho, se ha implementado un software, denominado PROMOE, realizado por Molina (2000), empleando para ello las librerías de Programación Entera de CPLEX, versión 6.5.1, que actualmente son las más potentes y rápidas para la resolución de este tipo de problemas.

plantilla. Esto implica que la primera opción supone pasar de personal contratado a funcionario y la segunda ascender a una categoría profesional superior.

En primer lugar, para la vía de la *contratación* se consideran las siguientes cinco variables, denotadas por  $x_k$ : Ayudante de Escuela Universitaria (AYE), Ayudante de universidad (AYU), Asociados a Tiempo Parcial de 3 horas (ASTP3), Asociados a Tiempo Parcial de 6 horas (ASTP6) y Asociados a Tiempo Completo (ASTC), siendo la carga docente anual de los dos primeros 12 créditos<sup>6</sup>, 9, 18 y 27, respectivamente, para las otras tres categorías restantes. En segundo lugar, para la vía de la *estabilización y/o promoción*, establecemos las variables  $T_{kj}$  que indican, para cada departamento, el número de docentes que pasan de la categoría  $k$  a la categoría superior  $j$ . En este sentido, cabe señalar que el paso a Catedrático de Escuela Universitaria (CEU) o a Titular de Universidad (TU) se ha considerado de una forma conjunta porque son modalidades pertenecientes a una misma categoría profesional, con similar sueldo y la misma carga docente anual (24 créditos)<sup>7</sup>.

Una vez determinadas las variables del modelo se establecen las restricciones para cada departamento y un determinado curso académico. Con respecto a la vía de la *contratación*, se introducen dos restricciones con el propósito de recoger mejoras estructurales en el sistema universitario. Por un lado, dentro de la categoría de asociado, se da preferencia a la contratación de profesores con dedicación exclusiva. Y, por otro, se decide apoyar la contratación de profesores Ayudantes antes que a Asociados a Tiempo Completo, ya que al tener una carga docente menor, la mayor parte de su jornada laboral la pueden dedicar a tareas de investigación:

En cuanto a la vía de la *estabilización y/o promoción* de la plantilla existente en cada departamento, como no es necesario realizar peticiones por parte de los departamentos, se tiene que tener en cuenta que hay que limitar el paso de una categoría a otra, en función del número de profesores del departamento que pertenecen a la categoría de partida, donde  $N_{ki}$  es el número de profesores de la categoría  $k$  que tiene el departamento  $i$ . Asimismo  $k$  y  $j$  dependen de las posibles reconversiones que se han contemplado en cada categoría, de acuerdo con:

$$S = \{ (k, j) / k = 1, j = 2, 5; k = 2, j = 5, 6; k = 3, j = 4, 5, 6, 7; k = 4, j = 5, 6, 7; k = 5, j = 6, 7; k = 6, j = 7 \}$$

<sup>6</sup> Un crédito equivale a diez horas lectivas.

<sup>7</sup> No se contemplan determinadas mejoras profesionales, como por ejemplo, el último paso posible, esto es, la conversión a Catedrático de Universidad (CU) porque, por una parte, esta dotación proviene de una *partida presupuestaria diferente* y, por otra, la dotación de estas plazas se realiza en la mayoría de las universidades vía méritos de los candidatos.

Además, tampoco se permite que un profesor cambie de categoría más de una vez en el mismo curso académico, es decir, un profesor Asociado que se ha transformado en Titular de Escuela Universitaria no puede pasar, en el mismo curso, a Titular de Universidad.

Una vez establecidas las restricciones, hay que establecer los objetivos para los departamentos de una universidad. Éstos se han considerado tras mantener una serie de entrevistas previas, tanto con directores de departamentos como con técnicos del Vicerrectorado de Ordenación Académica de la Universidad de Málaga (UMA), así como acudiendo a coloquios, foros y congresos (en el ámbito internacional, nacional y regional) específicos relacionados con la Educación Superior. Dichos objetivos son:

1. Asegurarse de que las horas docentes a impartir en el próximo curso estén cubiertas.
2. Satisfacer las necesidades en materia de financiación básica.
3. Reducir el número de alumnos por profesor y por asignatura.
4. Incrementar el número de profesores con estabilidad laboral permanente (funcionarios) y en posesión de tesis doctoral (doctores).
5. Proporcionar recursos financieros a determinados departamentos que se encuentran con una plantilla poco estable laboralmente y una alta carga docente, esto es, que posean un coste real medio por crédito impartido reducido.
6. Establecer una asignación al mínimo coste.

Una vez formulados los objetivos que son de interés para los decisores y, dado el carácter multiobjetivo del problema, nuestro interés se centra en elegir el enfoque multicriterio más apropiado. Concretamente, el modelo que presentamos es de *programación por metas lexicográficas ponderadas*. Habida cuenta que los decisores poseían niveles de aspiración para cada uno de los objetivos, donde se incluían ciertos parámetros de decisión, era claro que el mejor método correspondía a la *programación por metas*.

Dentro de los diversos enfoques de la programación por metas, se decidió el *enfoque lexicográfico* puesto que los niveles primero y segundo, que incluyen el primer y segundo objetivo, respectivamente, eran prioritarios respecto de los demás niveles. De este modo, los seis objetivos señalados anteriormente, con sus correspondientes niveles de aspiración, constituyen las metas, las cuales son ordenados lexicográficamente según unos determinados niveles de prioridad, ya que aquellos objetivos

considerados como más irrenunciables se han situado en los niveles de prioridad más altos de manera que se asegure, en la medida de lo posible, el cumplimiento de sus niveles de aspiración.

Dentro del orden lexicográfico en el que se sitúan las metas a satisfacer, la minimización de la función vectorial de realización de cada nivel de prioridad se lleva a cabo utilizando un *enfoque ponderado*, dando idéntico peso a todas las metas de un mismo nivel. Puesto que no se trata de repartir una cantidad de dinero, establecida de antemano, entre los departamentos, se deja libertad al modelo para que asigne presupuesto a toda unidad hasta lograr los niveles de aspiración establecidos, si es posible, para cada departamento. Posteriormente, se determina, dentro del conjunto de soluciones que satisfacen estos niveles, aquella que supone el mínimo coste, es decir, se prioriza para cada unidad funcional, aquella contratación y/o mejora de categoría más económica.

En consecuencia, con este modelo se pretende establecer la cantidad de dinero mínima que conlleva una solución satisfactoria para todas y cada de las unidades. De esta forma, se permite a los órganos de gobierno de una universidad, por un lado, diseñar una política financiera de recursos humanos académicos que responda más a una verdadera planificación que a las presiones de los distintos colectivos, y por otro, conocer el importe de la cuantía mínima necesaria para llevar a cabo dicha política.

Así, el conjunto de metas que situamos en el *primer nivel de prioridad* viene dado a partir del primer objetivo, que era garantizar que las necesidades docentes reales de cada unidad funcional estén cubiertas. Por tanto, el decisor desea que cada unidad de análisis con su personal tenga una pequeña holgura para satisfacer, como mínimo, la docencia demandada por los alumnos. De este modo, consideramos que un departamento puede cubrir su docencia si:

$$(1-\text{Holgura}) \cdot \text{CDT}_i \geq \text{CDR}_i \quad i=1, 2, \dots, n$$

La motivación de dicha holgura puede ser muy variada: mejoras profesionales, bajas, estancias en el extranjero, etc. El valor de este parámetro puede ser modificado por los órganos de gobierno de cada institución universitaria.

En consecuencia, la Capacidad Docente Total del departamento (CDT), una vez consideradas las nuevas contrataciones y las mejoras de categoría, ha de ser superior a su Carga Docente Real (CDR). Dejando las variables de decisión en un lado de la desigualdad e introduciendo las variables de desviación, la formulación analítica de la primera meta para el departamento  $i$ -ésimo ( $i=1, 2, \dots, n$ ) es:

$$\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} + n_{i1} - p_{i1} = CDR_i - (1 - \text{Hologura}) CDT_i$$

donde por  $C_j$  se representa los créditos que tienen que impartir contractualmente los profesores de la categoría  $j$  y por  $\Delta C_{kj}$  la variación de créditos que conlleva el paso de la categoría  $k$  a la  $j$ , teniendo en cuenta que en algún caso esta variación puede ser negativa. Así, si un profesor Asociado a Tiempo Completo promociona a Titular de Universidad, su carga docente se ve reducida en tres créditos.

El segundo bloque de metas que proponemos para el *segundo nivel de prioridad* se construye partiendo del segundo de los objetivos, que era satisfacer las necesidades de financiación básica en cada una de las unidades funcionales. En definitiva, si las posibles nuevas asignaciones financieras de un departamento vienen marcadas por la Participación Académica de las Asignaturas<sup>8</sup> (PAA), es necesario que la plantilla teórica del profesorado (CDT) sea igual a dicha PAA:

$$CDT_i \geq PAA_i \quad i=1, 2, \dots, n$$

Operando igual que antes, es decir, considerando las nuevas incorporaciones y las mejoras que experimenta la plantilla e incluyendo las variables de desviación, resulta la formulación de esta segunda meta.

Siguiendo con la ordenación dada, las metas que planteamos para el *tercer nivel de prioridad*, se formulan teniendo en cuenta el tercer objetivo. Así, se dotará presupuesto a aquellas unidades funcionales que posean un mayor ratio de alumnos por profesor y asignatura en el curso académico, bajo el supuesto de que cada profesor esté impartiendo su docencia, de acuerdo con su situación contractual, hasta situarlo en un nivel de aspiración deseado. Nuevamente, nos encontramos con otro parámetro (ALUMPROF) a seleccionar por el equipo de gobierno:

$$CDT_i \geq (\text{AMATRCREASIG}_i / \text{ALUMPROF}) \quad i=1, 2, \dots, n$$

De manera análoga a los otros niveles, la formulación de esta meta para cada departamento se señala en el Anexo.

El conjunto de metas que se sugiere introducir en el *cuarto nivel de prioridad* es a partir del cuarto objetivo, esto es, aumentar el número de profesores funcionarios doctores. Así, esta meta intenta

<sup>8</sup> Véase Contreras y otros (1995).

fomentar, en la medida de lo posible, la calidad docente e investigadora de la plantilla, procurando una mayor estabilidad y cualificación laboral.

$$CDFDoctor_i \geq CARGADOCT \cdot CDT_i \quad i=1, 2, \dots, n$$

Así, aparece un nuevo parámetro del modelo para establecer el nivel de aspiración (CARGADOCT). Este parámetro determinará el tanto por ciento de la Capacidad Docente Total del departamento que se desea sea impartida por profesores funcionarios de categorías para las que se requiera la condición de doctor, es decir, Catedráticos de Escuela Universitaria (CEU), profesores Titulares de Universidad (TU) y Catedráticos de Universidad (CU).

Igualmente las metas que representan el *quinto nivel de prioridad* surge del quinto objetivo señalado, que es facilitar recursos financieros sólo a aquellas unidades funcionales cuyo coste por crédito impartido sea relativamente pequeño, con lo que se pretende lograr un cierto equilibrio financiero dentro del sistema universitario. Por tanto, la quinta meta se puede formular como sigue:

$$SAL_i \geq CREDM \cdot CDR_i \quad i=1, 2, \dots, n$$

donde CREDM es, de nuevo, un parámetro que debe fijar el equipo de gobierno de una determinada universidad.

Finalmente, se añade un último nivel de prioridad, con una única meta relativa a que el coste de los nuevos recursos que se incorporan al sistema no supere un cierto umbral, lo que se traduce en la siguiente expresión:

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^5 x_{ji} S_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta S_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta S_{2j} + \sum_{j=4}^7 T_{3ji} \Delta S_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta S_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta S_{5j} + T_{67i} \Delta S_{67} \right) \leq CT$$

En definitiva, se está considerando una restricción presupuestaria global como una última meta, donde el umbral CT lo fijamos relativamente pequeño con el propósito de que no se pueda verificar la desigualdad anterior y se obtenga la solución más próxima. Esta solución, por tanto, sería la que, verificando las exigencias impuestas en los cinco niveles previos de prioridad, conlleva el mínimo coste posible.

### 3.3. Tercera Fase: Nuevo modelo DEA para comprobar mejora eficiencia media del sistema

Finalmente, en la tercera fase, los resultados arrojados por el modelo MCDM de la fase anterior se incorporan al modelo DEA original, asumiendo cada departamento los nuevos recursos obtenidos, lo

cual supone una variación en los niveles de partida de las variables inputs. En esta última etapa, realizando un nuevo análisis DEA, se trata de comprobar si la asignación realizada mejora la eficiencia media del sistema universitario en su conjunto, reduciendo las discrepancias o disparidades entre las unidades eficientes e ineficientes.

En efecto, hemos de tener en cuenta que las nuevas contrataciones y/o mejoras de categorías implican una modificación de los inputs más determinantes del modelo DEA. Este aumento general de los recursos humanos, que lo recibirán mayoritariamente las unidades eficientes (según DEA original), provocará una reducción de la distancia que separa a tales departamentos, situadas en la frontera envolvente, de las unidades ineficientes, lo cual se traduce en un descenso de la frontera empírica estimada en el DEA de la primera fase.

En definitiva, la metodología que presentamos, no sólo vincula la política financiera de recursos humanos de una universidad con su eficiencia técnica sino que, además, posibilita una mejora en la eficiencia media de toda la universidad, como se puede observar en el siguiente epígrafe.

#### 4. RESULTADOS EMPÍRICOS

La metodología expuesta en el epígrafe anterior la hemos aplicado a los departamentos de la Universidad de Málaga (1998). Así, en la *primera fase* se ha realizado un análisis, vía DEA, de la eficiencia técnica del sistema universitario en su conjunto, mostrándose los resultados más significativos en el siguiente cuadro resumen.

**Cuadro 1.** Resumen de los resultados obtenidos con la ETG y ETP para los departamentos de la Universidad de Málaga.

UMA EN SU CONJUNTO		
INDICADORES	ETG (modelo CCR)	ETP (modelo BCC)
☐ Intervalo eficiencia	1-3,5014	1-2,1768
☐ Ineficiencia media	1,4916	1,2948
☐ N° unidades eficientes	20	42

**Fuente.** Elaboración propia.

Centrándonos en la ETP, si se *analiza por ramas de conocimiento*, se observa que los departamentos más ineficientes corresponden a la rama de Ciencias Experimentales; por otra parte, las unidades funcionales pertenecientes a las ramas de Humanidades y Ciencias Sociales y Jurídicas son las más eficientes.



Respecto a la *frecuencia* con la que una unidad eficiente aparece en el *grupo de referencia* de las unidades ineficientes, nos permite identificar, cuando la frecuencia es alta, a las unidades con auténtica eficiencia. Si, por el contrario, un departamento catalogado como eficiente sólo aparece como referencia de sí mismo, o en un número reducido de unidades ineficientes, su eficiencia será sospechosa. De esta forma, aplicando este criterio se puede establecer una clasificación entre los departamentos eficientes. Por este motivo, 14 unidades eficientes se pueden considerar como atípicas (referencia < 2 departamentos), donde los departamentos correspondientes a Humanidades representan el mayor porcentaje. En cambio, 19 departamentos eficientes de los 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 departamentos que podemos considerar como muy ineficientes.

Como ya se comentó anteriormente, en la *segunda fase*, los parámetros que aparecen en el modelo MCDM se han determinado a partir del Análisis Envolvente de Datos realizado en la primera fase, de tal manera que se han tomado los valores medios de los departamentos que han resultado eficientes. De este modo, se le proporciona a los órganos de gobierno de una universidad, ex-ante vía DEA, unos valores significativos que le otorgan al modelo una mayor consistencia científica.

A continuación se muestran los estadísticos más importantes de las asignaciones de plazas de profesorado realizadas por el modelo multiobjetivo:

**Cuadro 3.** Estadísticos descriptivos de las plazas de profesorado asignadas a los departamentos de la Universidad de Málaga mediante el modelo multiobjetivo.

	ASIGNACIONES				
	Total asignado	Mínimo (por departamento)	Máximo (por departamento)	Media	Desviación típica
ASOCIADOS	141	0	11	0,9930	1,8812
AYUDANTES	54	0	5	0,3803	0,8811
MEJORAS	375	0	30	2,6408	4,4711

**Fuente.** Elaboración propia.

En consecuencia, los departamentos de la Universidad de Málaga, de acuerdo con los niveles de aspiración establecidos, pueden recibir, para el próximo curso académico, un total de 570 contrataciones y/o mejoras, lo que supone un presupuesto mínimo adicional de 803.283.070 de ptas. Por un lado, 195 nuevas incorporaciones a las diferentes plantillas de los departamentos de la UMA, de las cuales 141

corresponden a profesores asociados y 54 a ayudantes y, por otro, se conceden 375 promociones. Además, el número máximo concedido de profesores asociados (tanto a tiempo completo como parcial), para un mismo departamento, es once; de profesores ayudantes, cinco y, finalmente, de mejoras, treinta.

A este respecto, es lógico que haya más número de mejoras de categoría que de contrataciones ya que el coste del trasvase de una categoría a otra es menor que la contratación de nuevos profesores. Además cabe destacar que, de los 142 departamentos de la UMA, a 90 de ellos se le ha concedido algún tipo de petición, lo que representa un 63,38%. Concretamente, a 50 unidades se le han otorgado la posibilidad de incorporar profesorado asociado, 33 de ayudante y 78 de mejoras contractuales.

Conviene señalar que sólo hay incumplimientos en la cuarta meta, para las unidades 28, 45 y 72, dado que no puede promocionar al profesorado que tiene adscrito para verificar que el 42,53% de la capacidad docente total sea impartida por profesores funcionarios doctores. Estas metas se han relajado al objeto de poder continuar el proceso. Así pues, en el siguiente cuadro mostramos la plantilla actual de la UMA, clasificada por categorías, así como la que resultaría si se llevara a cabo la asignación que resulta del modelo Multiobjetivo:

**Cuadro 4.** Planificación del Profesorado, por categorías, para el próximo curso académico. Modelo multiobjetivo de asignación de plazas al mínimo coste. Universidad de Málaga.

PLANIFICACIÓN DE PLANTILLA DEL PROFESORADO 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%
<b>TOTALES</b>	<b>1.596</b>	<b>100,00%</b>	<b>195</b>	<b>12,22%</b>	<b>1.791</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente.** Elaboración propia.

En la tabla anterior se puede subrayar, en primer lugar, que hay un aumento en el número de profesores en las categorías de Titular de Universidad (TU), Asociado a Tiempo Parcial a seis horas (ASTP6), Asociado a Tiempo Completo (ASTC) y Ayudante de Escuela Universitaria (AYE). A este respecto, cabe destacar que el número de profesores con categoría de Asociado a Tiempo Parcial 6h. se duplica, esto es, su tasa de variación es del 117,39%. Estos aumentos son debidos, principalmente, a la

segunda y tercera meta, esto es, el objetivo de satisfacer la insuficiencia en materia de financiación básica y la disminución del número de alumnos, respectivamente.

En segundo lugar, y como consecuencia de lo comentado antes, se produce un descenso en las categorías restantes, esto es, en la de Titular de Escuela Universitaria (TEU), Asociado a Tiempo Parcial a tres horas (ASTP3) y Ayudante de Universidad (AYU). De hecho, en términos relativos, todas estas categorías descienden en torno al 50%.

También puede resultar interesante determinar la distribución del presupuesto (803,3 millones de ptas.) entre los 90 departamentos que han percibido asignación, clasificándolos por ramas de conocimiento y variables de decisión agrupadas:

**Cuadro 5.** Distribución de nuevos recursos financieros para la contratación y/o mejora del profesorado, clasificado por ramas de conocimiento. Modelo multiobjetivo de asignación de plazas al mínimo coste. Universidad de Málaga.

Rama	Nº Unidades	Nº Asociados	Nº Ayudantes	Nº Mejoras	TOTALES	% s/Total Presup.
C. Experimentales (C.E.)	1	0	0	1	369,7	0,05%
C. de la Salud (C.S.)	8	13	8	77	117.483,6	14,63%
C. Sociales y Jurídicas (C.S.J)	42	86	28	167	421.992,2	52,53%
Enseñanzas Técnicas (E.T.)	20	17	7	106	160.243,7	19,95%
Humanidades (H.)	19	25	11	24	103.186,8	12,85%
TOTALES	90	141	54	375	803.283,0	100,00%

**Fuente.** Elaboración propia.

De la información contenida en este cuadro, caben resaltar los siguientes aspectos. En primer lugar, los departamentos que pertenecen a la rama de Ciencias Sociales y Jurídicas son, con diferencia, los que reciben una mayor cuantía. Concretamente, 42 departamentos perciben el 52,53% de la asignación total. A continuación le siguen las entidades pertenecientes a las ramas de Enseñanzas Técnicas (19,95%), Ciencias de la Salud (14,63%) y Humanidades (12,85%).

En segundo lugar, puede resultar llamativo que ningún departamento correspondiente a las Ciencias Experimentales reciba asignación alguna para la contratación de nuevo profesorado. Este resultado parece congruente si se analizan sus datos; esta rama de conocimiento posee, en media, la menor carga docente, el mayor cociente entre *profesor doctor/no doctor* (10/11) y el mayor ratio de *profesores funcionarios/contratados* (8/3). En consecuencia, se trata de una rama donde sus departamentos están *consolidados*, esto es, alumnado estable, profesorado mayoritariamente funcionario, etc. y, por consiguiente, prácticamente verifican todas las metas de los diferentes niveles de prioridad.

Además, cabe indicar que entre los departamentos pertenecientes a las ramas de Ciencias Sociales y Jurídicas y Enseñanzas Técnicas acumulan 273 nuevas mejoras; esto es debido a que imparten docencia en titulaciones de reciente creación en la UMA (Periodismo, Publicidad y Relaciones Públicas, Ingenieros Técnicos en Sonido e Imagen, etc.) y, por consiguiente, han tenido que contratar a un gran número de profesorado en anteriores cursos académicos al analizado en este trabajo y, consecuentemente, hay que tratar de estabilizarlo.

Finalmente, en la *tercera fase*, a partir del modelo DEA inicial, realizamos un Nuevo Análisis Envolvente de Datos, N-BCC, en el que incorporamos los resultados del modelo multiobjetivo a la plantilla actual de cada uno de los departamentos. De acuerdo con la nueva evaluación de la eficiencia técnica, cabe significar que se mejora la eficiencia media del sistema en su conjunto: el número de unidades eficientes ha aumentado en un 16,67% (al pasar de 42 a 49), la amplitud del intervalo de eficiencia se reduce y disminuye la ineficiencia media del sistema.

De hecho, de las 57 unidades ineficientes que recibían asignación, 41 mejoran su tasa de ineficiencia, 13 poseen un índice de eficiencia inferior al 1,20 y sólo 3 presentan una ineficiencia superior a 1,3 debido a que no verifican las metas por muy poco en comparación con los créditos que representan las plazas que se le conceden. Hemos de tener en cuenta que los objetivos planteados en el modelo MCDM para el próximo curso académico son ambiciosos, ya que los niveles de aspiración a conseguir por todos los departamentos de la Universidad de Málaga son los niveles medios alcanzados por las unidades eficientes. Además, si se analiza las tasas de eficiencia por tramos también hay una notable mejoría.

Asimismo, y en un esfuerzo por contextualizar lo más posible el complejo mundo universitario, también 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.

## 5. CONCLUSIONES

En primer lugar, podemos destacar que el mayor beneficio que pretendemos con la metodología propuesta es su utilidad en la aplicación a problemas de gestión y financiación interna de las instituciones universitarias públicas españolas. En el proceso de toma de decisiones, este nuevo modelo de gestión y asignación de recursos pretende dar un paso más allá del mero uso de indicadores, lo cual implica una mayor confianza en las técnicas cuantitativas como instrumento de apoyo a la gestión en la Educación Superior. Pensamos que nuestro modelo es una herramienta válida tanto para detectar las eficiencias y/o

ineficiencias de las unidades productivas de un sistema universitario como para vincular la asignación de nuevos recursos a una universidad con la mejora de su eficiencia media.

Por otra parte, dota al equipo de gobierno de una universidad de un instrumento adecuado para que la política financiera de recursos humanos responda más a una verdadera planificación que a las presiones de los distintos colectivos. La diferencia con respecto al proceso seguido en la actualidad es muy grande ya que, hasta ahora, en la mayor parte de las universidades españolas sólo se utiliza un único criterio que intenta recoger aspectos del primer y segundo nivel de prioridad, mientras que el resto de los niveles de prioridad no suelen ser tenidos en consideración.

El modelo multiobjetivo propuesto garantiza un tratamiento similar a todos los departamentos y aumenta la transparencia en la asignación de recursos financieros. Además, los decisores valoran muy positivamente en el modelo la idea satisfactoria pues permite, una vez conseguidos los niveles marcados sobre cada nivel de forma secuencial, el poder utilizar el resto del presupuesto en alcanzar otros objetivos. Esto supone que la plantilla de profesorado de los distintos departamentos pueda equilibrarse de acuerdo a diversos criterios, y no sólo al número de créditos impartidos. En definitiva, también sobresale la flexibilidad del modelo puesto que facilita 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.

Por último, queremos destacar las aportaciones teóricas, ya que las relaciones entre los diversos enfoques cuantitativos utilizados permiten fundamentar teóricamente el trasvase de información entre métodos, lo cual supone una gran flexibilidad para que los decisores potenciales puedan revelar sus preferencias. Asimismo, caben resaltar las aportaciones algorítmicas y computaciones ya que la implementación informática utilizada hace uso de algoritmos eficaces y robustos sobre un entorno Windows. Esto es especialmente significativo para la obtención de resultados en el campo entero ya que muchos problemas de la Educación Superior se pueden resolver con modelos de esta índole.

Finalmente, 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. Además, sería necesaria una implicación de todos los colectivos universitarios (equipo de gobierno, sindicatos, directores de departamento, personal de administración y servicios, profesores y estudiantes) 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.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCELUS, F.J. y COLEMAN, D.F.** (1997), «*An efficiency review of University departments*». International Journal of Systems Science, vol. 28, nº. 7, pp. 721-729.
- ATHANASSOPOULOS, A.D.** (1995), «*Goal Programming and Data Envelopment Analysis (GoDEA) for target-based multi-level: Allocating central grants to the Greek local authorities*». European Journal of Operational Research, vol. 87, pp. 535-550.
- , (1998), «*Decision Support for Target-Based Resource Allocation of Public Services in Multiunit and Multilevel Systems*». Management Science, vol. 44, nº. 2, pp. 173-187.
- BEASLEY, J.E.** (1995), «*Determining Teaching and Research Efficiencies*». Journal of the Operational Research Society, vol. 46, pp. 441-452.
- 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.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W.; LEWIN, A. L. y SEIFORD, L.M.** (1994), «*Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*». Ed. Kluwer Academic. Boston.
- CHARNES, A.; COOPER, W.W. y RHODES, E.** (1978), «*Measuring the efficiency of decision making units*». European Journal of Operational Research, vol. 2, pp. 429-444.
- 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.
- 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.
- GOLANY, B.** (1988), «*An Interactive MOLP Procedure for the Extension of DEA to Effectiveness Analysis*». Journal Operational Research Society, vol. 39, nº. 8, pp. 725-734.
- HALME, M.; JORO, T.; KORHONEN, P.; SALO, S. y WALLENIUS, J.** (1999), «*A value efficiency approach to incorporating preference information in data envelopment analysis*». Management Science, vol. 45, pp. 103-115.

- HANKE, M. y LEOPOLDSEDER, T.** (1998), «*Comparating the efficiency of Austrian Universities: a Data Envelopment Analysis Application*». Tertiary Education and Management, vol. 4, n°. 3, pp. 191-197.
- JORO, T.; KORHONEN, P. y WALLENIUS, J.** (1998), «*Structural Comparison of Data Envelopment Analysis and Multiple Objective Linear Programming*». Management Science, vol. 44, n°. 7, pp. 962-970.
- KORHONEN, P.** (2000), «*Some thoughts on incorporating preference information in Data Envelopment Analysis based on Production Possibility*». Proceedings IV<sup>th</sup> International Conference on Multi-Objective Programming and Goal Programming: Theory and Applications. MOPGP'00. Ustrón. Polonia.
- LI, X.B. y REEVES, G.R.** (1999), «*A Multiple Criteria Approach to Data Envelopment Analysis*». European Journal of Operational Research, vol. 115, pp. 507-517.
- MOLINA, J.** (2000), «*Toma de decisiones con criterios múltiples en variable continua y entera: Implementación computacional y aplicaciones a la Economía*». Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- POST, T. y SPRONK, J.** (1999), «*Performance benchmarking using interactive Data Envelopment Analysis*». European Journal of Operational Research, vol. 115, pp. 472-487.
- SMITH, P. y MAYSTON, D.J.** (1987), «*Measuring efficiency in the public sector*». Omega, International Journal of Management Science, vol. 15, n°. 3, pp. 181-189.
- STEWART, T.J.** (1996), «*Relationships between Data Envelopment Analysis and Multicriteria Decision Analysis*». Journal of the Operational Research Society, vol. 47, n°. 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.
- WONG, Y.H.B. y BEASLEY, J.E.** (1990), «*Restricting weight flexibility in data envelopment analysis* ». Journal of the Operational Research Society, vol. 41, n°. 9, pp. 829-835.
- YUN, Y.B.; NAKAYAMA, H. y TANINO, T.** (2000), «*Dual Approach to Generalized Data Envelopment Analysis based on Production Possibility*». Proceedings IV<sup>th</sup> International Conference on Multi-Objective Programming and Goal Programming: Theory and Applications. MOPGP'00. Ustrón. Polonia.

**ANEXO**

**MODELOS DEA**

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



**MODELO MULTIOBJETIVO DE ASIGNACIÓN DE PLAZAS AL MÍNIMO COSTE**

La formulación matemática del modelo multiobjetivo propuesto es la siguiente:

MODELO MULTIOBJETIVO DE ASIGNACIÓN DE PLAZAS AL MÍNIMO COSTE
$\text{Lex min } \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{n_{i1}}{u_{i1}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i2}}{u_{i2}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i3}}{u_{i3}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i4}}{u_{i4}}, \sum_{i=1}^n \frac{n_{i5}}{u_{i5}}, \frac{n_6}{CT} \right\}$
<p>sujeto a:</p> $x_{4i} + x_{2i} \leq 1 + x_{5i}, \quad x_{5i} - x_{3i} - x_{4i} \leq 0 \quad 0 \leq T_{kji} \leq N_{ki} \quad \sum_j T_{kji} \leq N_{ki} \quad (k, j) \in S$
$\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} +$ $+ \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} + n_{i1} - p_{i1} = \text{CDR}_i - (1 - \text{Holgura}) \text{CDT}_i$
$\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} + n_{i2} - p_{i2} = \text{PAA}_i - \text{CDT}_i$
$\sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} + n_{i3} - p_{i3} =$ $= \frac{\text{AMATRCREAS IG}_i}{\text{ALUMPROF}} - \text{CDT}_i$
$\sum_{j=3}^6 T_{j7i} 24 - \text{CARGADOCT} \left( \sum_{j=1}^5 x_{ji} C_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta C_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta C_{2j} + \sum_{j=5}^7 T_{3ji} \Delta C_{3j} +$ $+ \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta C_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta C_{5j} \right) + n_{i4} - p_{i4} = \text{CARGADOCT} \cdot \text{CDT}_i - \text{CDFDoctor}_i$
$\sum_{j=1}^5 x_{ji} S_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta S_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta S_{2j} + \sum_{j=4}^7 T_{3ji} \Delta S_{3j} + \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta S_{4j} +$ $+ \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta S_{5j} + T_{67i} \Delta S_{67} + n_{i5} - p_{i5} = \text{CREDMCDR}_i - \text{SAL}_i$
$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^5 x_{ji} S_j + \sum_{j=2,5} T_{1ji} \Delta S_{1j} + \sum_{j=5}^6 T_{2ji} \Delta S_{2j} + \sum_{j=4}^7 T_{3ji} \Delta S_{3j} +$ $+ \sum_{j=5}^7 T_{4ji} \Delta S_{4j} + \sum_{j=6}^7 T_{5ji} \Delta S_{5j} + T_{67i} \Delta S_{67} \right) + n_6 - p_6 = \text{CT}$
<p>donde <math>i = 1, 2, 3, \dots, n</math></p>