

# **Eficiencia técnica y calidad del output en la Universidad de Santiago de Compostela**

María del Pilar Murias Fernández

Departamento de Métodos Cuantitativos

Universidad de Santiago de Compostela

## **RESUMEN:**

Este trabajo de investigación se centra en la evaluación de la eficiencia técnica en la Universidad de Santiago de Compostela (USC), adoptando la perspectiva del órgano rector de la Universidad y utilizando para ello el Análisis Envolvente de Datos (DEA). Con el modelo que se plantea se pretende contemplar la doble actividad docente e investigadora de los 72 departamentos que conforman la USC. El principal reto de este trabajo lo constituye sin duda la intención de introducir en el modelo, no sólo el nivel cuantitativo de los outputs, sino también variables que recojan la calidad de los mismos, aunque para ello sea necesario modificar ligeramente la formulación tradicional del Análisis Envolvente.

**Palabras clave:** docencia, investigación, calidad, DEA.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La enseñanza universitaria en España parece estar atravesando una etapa de profundo cambio en estos momentos. Por un lado, el número de alumnos está descendiendo como consecuencia de la caída demográfica de las últimas décadas. Por otro, la antigua Ley de Reforma Universitaria (LRU) de 1974 ha sido recientemente sustituida por la nueva Ley Orgánica de Universidades. Como consecuencia de este contexto, el estado de la Universidad ha ocupado y preocupado a la sociedad española en los últimos años, hasta el punto de fomentar un debate permanente dentro y fuera de la propia institución. Numerosos agentes han posado sus ojos en la institución universitaria, en su funcionamiento y en sus objetivos. Entre otras cosas, ese interés ha puesto de manifiesto la dificultad para juzgar el buen funcionamiento en un contexto tan complejo como el de la Educación Universitaria. Cualquier dimensión desde la que se pretenda realizar este juicio resulta parcial o incompleta y por lo tanto se impone la mayor de las cautelas a la hora de emitirlo. A pesar de todo, y precisamente por eso, ahora más que nunca es interesante y conveniente aplicar las herramientas analíticas de las que disponemos al campo universitario, dando un primer paso para evaluar las consecuencias futuras de las transformaciones que actualmente vive la Universidad española.

Una de esas dimensiones de juicio se corresponde con el análisis del uso que se hace de los recursos asignados a las instituciones universitarias. La evaluación de la eficiencia con la que estos recursos se emplean resulta cada vez más común, no sólo en el contexto universitario, sino en el de las administraciones e instituciones públicas en general. La utilidad de estos procesos de evaluación en el sector público radica en la posibilidad de identificar y eliminar comportamientos ineficientes a través de la consiguiente reasignación de recursos.

Lamentablemente, y al igual que ocurre en otros muchos contextos, no es posible llevar a cabo un análisis de la eficiencia de las instituciones universitarias desde una perspectiva global. La realidad universitaria es muy compleja porque son muchos, y con muy distintas expectativas, los agentes implicados en ella: la sociedad en general, y en su representación el estado, los estudiantes que deciden acudir a la Universidad en detrimento de otro tipo de opciones formativas o laborales, los empleadores que

demandan una formación adaptada a las necesidades del mercado de trabajo, las propias instituciones universitarias, atrapadas de alguna forma entre la valoración externa de los demás interesados y sus propios objetivos... Por esa razón, cualquier análisis de la eficiencia, necesariamente vinculado a los objetivos de cada agente, es un ejercicio parcial, relativo, referido a la perspectiva de uno de los grupos implicados. Por esa misma razón, cualquiera de estos análisis debe identificar explícita y claramente desde qué punto de vista aborda el problema de la valoración de la eficiencia, lo que de alguna forma supone admitir modestamente que los resultados que se obtienen son también parciales y relativos.

Esta investigación se centra en la evaluación de la eficiencia técnica en una de las universidades públicas españolas, adoptando la perspectiva del órgano rector de la universidad, encargado de la asignación de plazas de profesorado y personal administrativo así como del reparto de recursos monetarios en el seno de la propia institución. Para ello se emplea una de las técnicas más aplicadas en la valoración de la eficiencia en agencias públicas: el Análisis Envolvente de Datos (DEA).

El siguiente epígrafe está precisamente dedicado a la presentación del Análisis Envolvente de Datos. Además de una breve exposición de sus fundamentos matemáticos, señalaremos también de manera concisa algunas cuestiones que es necesario tener en cuenta a la hora de su aplicación con el objetivo de mejorar la fiabilidad de los resultados.

A continuación se planteará el problema del que se ocupa este trabajo: la evaluación de la eficiencia técnica en la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Para ello se definirán las unidades y variables que se introducen en el modelo, que pretende considerar simultáneamente las actividades docente e investigadora e incluir variables de calidad referidas a ambas actividades.

Una vez planteado el modelo, se comentan los resultados iniciales de los que se desprende la necesidad de modificarlo ligeramente a través de la inclusión de una restricción sobre las ponderaciones para que mantenga su coherencia interna.

Finalmente se exponen algunas conclusiones y las extensiones de las que el trabajo puede ser objeto a través de modificaciones adicionales que permitan cierta interacción con el decisor-principal interesado en la evaluación de la eficiencia.

## 2. EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

El Análisis Envolvente de Datos es una técnica basada en programación lineal e introducida por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que permite evaluar la eficiencia relativa de un conjunto de instituciones que comparten las mismas metas y objetivos, teniendo en cuenta todos los inputs y todos los outputs que intervienen en el proceso productivo y comparando cada institución individual con otras instituciones similares. Para ello, Charnes et al. (1978) proponían la resolución del siguiente programa para cada una de las unidades:

$$\max_{u_r, v_i} \frac{\sum_{r=1}^q u_r Y_{r0}}{\sum_{i=1}^p v_i X_{i0}}$$

sujeto a:

$$\frac{\sum_{r=1}^q u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^p v_i X_{ij}} \leq 1 \quad j = 1 \dots n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad r = 1 \dots q \quad i = 1 \dots p$$

en donde  $p$  representa el número de factores utilizados en la producción,  $q$  el número de diferentes outputs,  $\varepsilon$  es un valor infinitesimalmente pequeño, pero mayor que 0, que impide que alguna de las ponderaciones tome un valor nulo y  $n$  el número de unidades productivas evaluadas.

Con este programa se persigue la maximización de una especie de índice de productividad total de los factores (unidades de output por cada unidad de input empleada) para cada unidad productiva. En el numerador del índice se resumen todos los outputs en un único *output virtual*, igual que en el denominador un único *input*

*virtual* recoge todos los factores empleados en el proceso productivo. Para la agregación no se utiliza un sistema de precios convencional, por otra parte generalmente inexistente, sino un conjunto de ponderaciones cuyo valor es precisamente el que se pretende hallar, de tal forma que maximice la ratio para cada unidad y al mismo tiempo haga que las ratios de las demás valgan a lo sumo uno. En este contexto, la unidad analizada será eficiente si existe un vector de ponderaciones para el cual su ratio alcance el valor uno. En otro caso, será ineficiente porque incluso con el vector de ponderaciones que más la favorece, es posible encontrar otra que alcanza una ratio de eficiencia mayor, con lo cual se comporta productivamente mejor que ella.

Para facilitar la resolución, el programa fraccional se suele convertir en lineal, haciendo constante el valor del numerador y minimizando el denominador (orientación output) o tomando constante el denominador y maximizando el numerador (orientación input). En cualquier caso, si una unidad es eficiente, el valor de las nuevas funciones objetivo también será 1. Si no lo es, la función objetivo tomará un valor superior a la unidad bajo la orientación output e inferior a 1 bajo orientación input.

Aunque inicialmente el modelo presentado por Charnes et al. (1978) asumía Rendimientos a Escala Constantes, en los años posteriores se han formulado nuevos planteamientos en el seno de DEA que permiten tratar Rendimientos Variables (modelos BCC de Banker et al., 1984), pero también introducir variables no discrecionales (Banker y Morey, 1986a y b; Ray, 1991; Fried y Lovell, 1996...) e incorporar información a priori o juicios de valor (Dyson y Thanassoulis, 1988).

En sus diferentes versiones, el Análisis Envolvente ha sido ampliamente utilizado desde sus orígenes en 1978, especialmente en la evaluación de la eficiencia en el sector público. Sin duda, a esto han contribuido sus ventajas sobre otras técnicas de estimación frontera. Así, como método no paramétrico DEA emplea únicamente información empírica por lo que no necesita establecer ningún supuesto sobre la forma funcional de la frontera eficiente. Además, y aunque se basa en la agregación de los factores, tampoco precisa de la existencia de un sistema de precios sobre inputs y outputs.

Finalmente permite evaluar la eficiencia en contextos multioutput, lo que todavía no puede realizarse de manera satisfactoria desde una perspectiva paramétrica.

Lamentablemente, las ventajas de DEA y su enorme facilidad de implementación han fomentado que en ocasiones se aplique de manera automática, sin tener en cuenta factores que, aunque no relacionados con la formulación matemática del modelo, pueden influir notablemente en los resultados obtenidos a partir del mismo. Aunque muchos de estos problemas dependen del contexto concreto en el que DEA se esté aplicando, es posible identificar una serie de cuestiones que con carácter general es necesario tener en cuenta, y que están relacionadas con:

- La dimensionalidad del modelo, entendida como la diferencia entre el número de unidades y el de variables, de la que depende la capacidad discriminadora de DEA. Si esta dimensionalidad no es suficiente, DEA calificará como eficientes unidades que realmente no lo son. Por esa razón la elección del número de unidades y variables que se introducen en el modelo resulta fundamental.
- La selección de unidades suficientemente homogéneas, para evitar que la existencia de un factor diferencial pueda llevar a comparaciones injustas que se plasmen en unas estimaciones de eficiencia igualmente injustas.
- La selección adecuada de variables, que tenga en cuenta no sólo los factores cuantitativos que intervienen en el proceso productivo sino también factores cualitativos e incluso no controlables cuando así corresponda.

La cuestión de las variables de calidad merece una especial atención en la evaluación de la eficiencia relativa de un conjunto de unidades. Si únicamente se tiene en cuenta la cantidad de outputs y no la calidad de los mismos, algunas unidades que sacrifican la calidad de sus productos o servicios para conseguir un mayor nivel de producción podrían ser consideradas eficientes. Lamentablemente, en muchas ocasiones este tipo de variables no está disponible y cuando lo está, su inclusión en un modelo DEA tradicional suele generar problemas ya que con frecuencia toman la forma de índices o porcentajes que considerados conjuntamente con los niveles de actividad pueden producir distorsiones en los resultados

- La atención a la presencia de posibles errores de medición en las variables (outliers). La mera presencia de un error en una de las variables de una de las unidades puede afectar a las estimaciones de eficiencia de muchas otras, si provoca que la unidad afectada se considere como eficiente a pesar de no serlo.
- La elección adecuada de la hipótesis de rendimientos a escala. En general la formulación CCR, que supone rendimientos constantes a escala, resulta más sólida que la BCC de rendimientos variables, ya que esta última ha despertado bastante controversia dentro del campo de la evaluación de la eficiencia. En cualquier caso, la formulación BCC deteriora ligeramente la capacidad discriminatoria del Análisis Envolvente por lo que debe ser utilizada con relativa prudencia.

Todas estas cuestiones serán analizadas cuidadosamente en el próximo apartado, cuando se plantee un modelo para la evaluación de la eficiencia técnica en la Universidad de Santiago de Compostela y se justifique la selección realizada de unidades y variables para el análisis.

### **3. UN MODELO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN LA USC**

El Análisis Envolvente de Datos es la técnica para la evaluación de la eficiencia más utilizada en el sector educativo, por delante de métodos econométricos más tradicionales (MCO) o incluso de los enfoques frontera paramétricos (DFA y SFA).

Las razones de esta supremacía hay que buscarlas, sin duda, en las características del propio método y en las particularidades del sector educativo (Mancebón, 1996), en particular las relacionadas con el output: carácter múltiple y multidimensional, naturaleza intangible, incidencia de factores de entorno y del propio individuo que recibe la educación... De todos estos factores se deriva una enorme incertidumbre respecto a la función de producción que convierte inputs en outputs durante el proceso educativo. Si además se pretende analizar la provisión educativa pública, en la que ni existe un mercado que defina los precios, ni existe un indicador de beneficio, parece claro que el Análisis Envolvente es un método muy adecuado para este contexto, ya que como se ha señalado anteriormente, no necesita especificar a priori la forma de la

función de producción ni los precios de inputs y outputs, es especialmente adecuado para contextos multioutput, permite incorporar variables de entorno y además respeta las prácticas productivas individuales.

Por lo que se refiere a la Educación Superior, existen numerosas experiencias de aplicación DEA, muchas de ellas comparando universidades distintas o departamentos de una misma disciplina entre distintas universidades. También existe un grupo importante de trabajos en los que, como en el caso que nos ocupa, se evalúa la eficiencia de una única institución universitaria comparando las distintas unidades (generalmente departamentos) que la componen. Este es el caso de Sinuany-Stern et al. (1994), que analizan 21 departamentos de una universidad israelí; Arcelus y Coleman (1997) para 32 departamentos de la Universidad de New Brunswick (Canadá) o Sarrico y Dyson (2000) para la Universidad de Warwick. Experiencias similares en España son las llevadas a cabo por González et al. (1998) en la Universidad de Oviedo, Trillo (1998) que evalúa la eficiencia en la Universidad Politécnica de Cataluña y Torrico (2000) para la Universidad de Málaga.

A partir de estas aplicaciones de DEA en la evaluación de departamentos de una misma universidad, pueden establecerse una serie de características generales:

1. La mayoría de los estudios admiten que puede existir un problema de heterogeneidad al comparar departamentos de disciplinas distintas. La solución más frecuente es dividir la muestra inicial de departamentos en grupos más homogéneos, bien sea en función de su experimentalidad o de la rama de conocimiento a la que pertenecen.
2. La actividad más comúnmente evaluada es la investigadora. El aspecto docente sólo aparece recogido en algunos de los trabajos, debido probablemente a la dificultad, y correspondiente controversia, que genera la medición del producto resultante de la docencia.
3. Aunque muchos de los estudios reconocen la importancia de incluir la calidad del output, no es frecuente encontrar en los modelos variables que intenten reflejarla, especialmente en el caso de la docencia. En cuanto al aspecto investigador, suelen



desglosarse los diversos productos, pero sólo en algunos casos se priorizan en función de su relación con la calidad de la investigación.

4. En nuestro intento por evaluar la eficiencia en la Universidad de Santiago de Compostela, hemos tenido muy en cuenta la experiencia acumulada en estos trabajos. Nuestra pretensión es plantear un modelo que evalúe conjuntamente docencia e investigación incluyendo variables que persiguen aproximar la calidad de ambas actividades y que permita minimizar los efectos de una posible heterogeneidad.

### **3.1. Especificación del modelo**

En este apartado, expondremos y justificaremos la selección de las unidades y las variables para el análisis. En todo momento se tendrán en cuenta las cuestiones señaladas sobre la dimensión del modelo, la homogeneidad de las unidades y la forma de las variables introducidas. Además, se incorporarán al análisis dos variables que pretenden recoger dos aspectos distintos de la calidad docente mientras que el producto de la actividad investigadora se introducirá a través de una variable mixta, que aglutina la cantidad y la calidad de la misma. Finalmente se establecerá la hipótesis sobre el tipo de rendimientos a escala justificándola a partir de la relación entre las tasas de eficiencia estimadas a partir de la formulación CCR y alguna variable proxy del tamaño de los departamentos.

#### **3.1.1. Selección de las unidades de análisis**

La primera decisión que es necesario tomar se refiere a las unidades de análisis que se van a considerar. Esta elección tiene que realizarse teniendo en cuenta el objeto general del trabajo, que no es otro que la evaluación de la eficiencia en la Universidad de Santiago de Compostela, contemplando la doble vertiente, docente e investigadora, de esta institución. En general, la Universidad como un todo podría considerarse compuesta por distintos tipos de unidades (centros, grupos de investigación, departamentos...) que son susceptibles de un tratamiento individualizado tanto en la faceta docente como en la de investigación y que resultan aceptablemente homogéneas entre ellas en el sentido definido por Golany y Roll (1989): mismas tareas, mismos objetivos, mismas condiciones de mercado y mismo tipo de factores y productos. Sin

embargo, algunas de ellas no constituyen un número suficientemente amplio para garantizar la capacidad discriminatoria del Análisis Envolvente. Esta es, entre otras, la razón por la que no se han considerado como unidades de decisión los centros (facultades, escuelas...) o las ramas de conocimiento (Humanidades, Experimentales...). Los grupos de investigación fueron descartados por su insuficiente consolidación y la escasa vinculación con docencia, mientras que las áreas de conocimiento presentan el problema de una baja capacidad de autogestión y la escasez de datos.

El departamento parece la unidad más adecuada, y eso por varias razones. En primer lugar, por la mayor disponibilidad de datos. Por otro lado, porque el profesorado, que constituye un input fundamental en la producción educativa (muy intensiva en recursos humanos), está directamente adscrito al departamento. Y sobre todo porque tanto la antigua LRU (vigente durante el curso académico 1999/2000, que es el que se va a analizar) como la nueva LOU otorgan al departamento un papel fundamental en la organización de la docencia y la investigación. Por todo ello, se han elegido los departamentos como unidades del análisis lo cual no está tampoco exento de inconvenientes. Algunos inputs, en especial los de capital físico, están adscritos a los centros y no resulta posible imputarlos a los departamentos. Asimismo, recoger el output docente a nivel departamento resulta un ejercicio difícil y controvertido (Martínez Cabrera, 2000, pág. 181). Pero sin duda, el mayor problema al optar por estas unidades para el análisis radica en el hecho de que numerosos autores consideran que la hipótesis de homogeneidad entre las unidades no se cumple cuando se intenta comparar departamentos de disciplinas distintas (Beasley, 1990, pág. 125; Dyson et al., 2001). Muchos de estos autores manejan la hipótesis de que tanto la investigación como la docencia pueden resultar “más caras” en los departamentos experimentales, y si esto fuera así no sería apropiado ni justo ejecutar un solo modelo DEA para todos los departamentos.

Para tener en cuenta esta posible fuente de heterogeneidad, en este trabajo se divide el conjunto inicial de 72 departamentos que conforman la USC en dos grupos distintos:

- Uno formado por 38 departamentos considerados no experimentales (la mayoría de ellos pertenecen a Ciencias Sociales y Humanidades), y
- otro formado por 34 departamentos considerados experimentales (la mayoría perteneciente a Ciencias de la Salud, Experimentales y Técnicas).

Para adjudicar cada departamento a uno u otro grupo se ha tenido en cuenta el módulo de clases prácticas que el Rectorado reconoce a cada departamento. Este módulo representa el número máximo de alumnos que debería haber en un aula práctica de cualquier asignatura de una determinada área de conocimiento... El criterio puede ser discutible, pero sin duda resulta operativo y no ofrece resultados contrarios al sentido común. Sobre la base de esta clasificación el análisis se llevará a cabo en dos fases. En primer lugar se ejecutará un modelo DEA para los 72 departamentos y después se hará lo propio con cada uno de los grupos. De esta forma se podrán comparar los resultados entre departamentos experimentales y no experimentales, así como tener un mayor grado de confianza sobre las conclusiones.

### **3.1.2. Selección de variables**

El siguiente paso en la especificación del modelo es la selección de variables, que resulta especialmente complejo en el ámbito de la Educación. En el caso de la Superior, se presenta además la circunstancia agravante de que en la mayoría de los casos es imposible acceder al producto final de la misma (tasas de inserción, salarios, estabilidad en el empleo...) ya que no existe el debido seguimiento de los alumnos universitarios una vez que se gradúan. Por esa razón es necesario conformarse con productos intermedios (número de graduados, número de aprobados...) que suponen una limitada aproximación a los outputs finales. El problema se agrava si se tiene en cuenta además la importancia del individuo-cliente en este proceso productivo, que lo convierte en peculiar y distinto a cualquier otro que se pueda considerar.

#### **3.1.2.1. Los factores productivos**

La importancia de los recursos humanos en un proceso como el educativo está fuera de toda duda. Se trata de un proceso de producción enorme e intensivo en este tipo de recursos, y aunque puede ser cierto que este grado de intensidad en el uso del factor

trabajo se reduzca ligeramente en la educación universitaria con respecto a etapas educativas anteriores, los recursos humanos siguen constituyendo la base de la actividad docente y de la investigadora. Precisamente por eso, la consideración de una o varias variables que recoja este factor no presenta discusión, aunque sí la elección concreta de tal o tales variables.

Todos los trabajos que pretenden evaluar la eficiencia en la Educación Superior, incluyen obviamente alguna medida del profesorado, en este caso, adscrito al departamento. Se trata de representar, no sólo el potencial docente de la unidad, sino también su potencial investigador. En este trabajo, se va a emplear la variable **CAPACIDAD DOCENTE (CAP)**, que indica el número total de créditos (10 horas de docencia) que pueden impartir los profesores de un departamento teniendo en cuenta su categoría (ayudante, asociado, titular, catedrático...) y su tipo de contrato (tiempo completo o tiempo parcial). Esta variable ha sido utilizada previamente por Torrico (2000) en su análisis de la eficiencia en la Universidad de Málaga. Otras alternativas empleadas en la literatura son: *Número de Profesores a Tiempo Parcial y a Tiempo Completo o Unidades Equivalentes a Tiempo Completo* (Trillo, 1998; González et al., 1998; Pina y Torres, 1995; Arcelus y Coleman, 1997...) y *coste salarial del profesorado* (García Valderrama, 1996; Sinuany-Stern et al., 1994; Beasley, 1995, 1990...). CAP puede resultar una variable más completa que el simple número de profesores, ya que representa el límite máximo de tiempo que éstos dedican durante el curso escolar a sus actividades docentes, y por lo tanto lleva implícita una cierta división del tiempo del profesorado entre docencia e investigación. Por otro lado, y dado que se ha evitado introducir en el modelo variables influidas por precios, se descartó totalmente el uso de la variable coste salarial.

Además del profesorado, se ha considerado el número de becarios adscritos al departamento. Esta variable **BECARIOS (BEC)**, recoge a todos aquellos beneficiarios de los programas predoctorales del Ministerio de Educación y Ciencia y de la Consellería de Educación de la Xunta de Galicia. Estos becarios se dedican fundamentalmente a investigación, pero las respectivas convocatorias les permiten cubrir hasta 60 créditos anuales de docencia. Esta variable aparece también en los

modelos de Torrico (2000), González et al. (1998) y Trillo (1998). En ocasiones se plantea la duda de si debe ser considerada como un input o como un output. Johnes y Johnes (1995), que utilizan el *valor monetario de las becas* en vez del número de becarios, se hacen eco de este debate. Estos autores consideran que introducir las becas como un output al mismo tiempo que la producción investigadora supone contar doblemente una parte de la misma, que precisamente se deriva de la existencia de tales becas. En la medida en que la intención es incorporar como output alguna medida de la producción científica generada por el departamento, consideraremos BEC como un input, un componente más de los recursos humanos que se emplean en la Educación Superior.

El personal administrativo adscrito a cada departamento no ha sido considerado ya que la práctica totalidad de las unidades cuentan con un único administrativo. Tampoco ha sido posible tener en cuenta en el análisis los recursos materiales de los que dispone el departamento por falta de la información adecuada.

Finalmente, y por lo que se refiere a los recursos financieros, el modelo contempla únicamente los aportados de manera directa por el Rectorado de la Universidad a cada departamento, en función de la producción investigadora que cada una de estas unidades ha presentado en el período anterior. La variable **RECURSOS DE INVESTIGACIÓN (RECINVE)** no estará sin embargo expresada en valor monetario, sino que se aprovechará una variable intermedia que expresa la puntuación que el Rectorado adjudica a cada departamento en función de los diferentes artículos de investigación (libros, artículos en revistas, tesis...) que sus miembros hayan presentado el período anterior. A partir de esta puntuación, el órgano rector de la universidad reparte el dinero del que dispone para investigación entre los distintos departamentos. Otros trabajos que incluyen un input similar, aunque a través de una variable monetaria, son los de Beasley (1990; 1995) (*ingresos por investigación*), o García Valderrama (1996) (*dotación económica procedente de los proyectos de investigación y dotación procedente de la Oficina de Transferencias de Resultados de la Investigación*).

### **3.1.2.2. Los productos**

A la hora de analizar los outputs resultantes del proceso educativo en la Universidad se consideraron separadamente los relacionados con docencia y los relacionados con investigación. En cualquiera de los dos casos, sin embargo, parece necesario tener en cuenta la calidad del output, ya que de otra manera la evaluación de la eficiencia no sería justa. Si se prescinde de las variables de calidad se puede estar favoreciendo a las unidades que consiguen unos niveles de actividad más altos sacrificando la calidad de sus outputs. Por eso se ha pretendido incluir dos tipos de indicadores: los de rendimiento cuantitativo y los que incorporan las dimensiones más cualitativas del output.

Por lo que se refiere al output docente, se utilizan como indicadores cuantitativos **CARGA DOCENTE (DOC)** y **TERCER CICLO (TCICLO)**, que representan el número de créditos ofertados anualmente por el departamento a alumnos de licenciatura y de doctorado respectivamente. A diferencia de la Capacidad Docente que indica los créditos que potencialmente podría ofertar el departamento, DOC constituye la docencia real del mismo, y por lo tanto depende, no sólo del número de alumnos con el que cuenta la unidad considerada, sino también de la forma en que ésta organiza la docencia (número de clases prácticas, tamaño de los grupos...). Esta variable ha sido previamente utilizada por Torrico (2000) y Sinuany-Stern et al. (1994).

A pesar de que la variable DOC engloba cuestiones como el tamaño de los grupos o el número de clases prácticas, que pueden entenderse como una aproximación a la calidad de la docencia<sup>1</sup>, esta conexión resulta insuficiente si se pretende incorporar en el modelo los aspectos cualitativos de esta actividad. Por esa razón, se añaden dos nuevas variables con las que persigue recoger la doble dimensión de la calidad que señalan Thanassoulis et al. (1995) basándose en el trabajo de Gronroos (1984) y Parasuraman et al. (1985). Gronroos (1984) considera que la calidad de un determinado servicio debe ser analizada desde una doble perspectiva; técnica por un lado, que representa el

---

<sup>1</sup> Tras esta afirmación está la hipótesis de que un mayor número de prácticas y un menor número de alumnos en el aula deberían redundar en un incremento de la calidad de la docencia impartida.

resultado del servicio, y funcional por otro, que recoge la manera en la que se presta el servicio y que depende de la interacción entre cliente y organización.

Considerando que la actividad docente constituye la prestación de un servicio, es necesario identificar la doble dimensión de la calidad en la docencia y encontrar las variables adecuadas que permitan plasmar esta doble dimensión de manera operativa en el análisis DEA.

La cuestión de la dimensión técnica de la calidad en la Educación Superior, y por tanto de sus resultados, debe limitarse inevitablemente a productos intermedios, en la medida en que es imposible contar con datos sobre productos finales. Y en ese sentido, sea cual sea el efecto de la educación en el individuo y en la sociedad, con la docencia se pretende, en primera instancia, transmitir una serie de conocimientos concretos<sup>2</sup>. Por lo tanto, valorar los resultados de la docencia implica evaluar en qué medida se han conseguido transmitir esos conocimientos y para ello, por muy limitado que éste sea, desafortunadamente sólo se cuenta con un indicador: el número de aprobados. Por esa razón, se va a incluir en nuestro análisis la variable **TASA DE APROBADOS (TASA)** que indica el número de alumnos que aprobaron materias del departamento sobre el número de matriculados en asignaturas de este mismo departamento. Al introducir esta variable como tasa, es decir al tener en cuenta también el número de matriculados, se obtiene una medida más refinada del rendimiento docente ya que se tiene en cuenta el fracaso escolar. Así, un departamento puede tener un mayor volumen de aprobados que otro, pero su tasa de aprobados puede ser menor debido a un mayor fracaso escolar entre sus matriculados. Esta variable ha sido recomendada en otros trabajos como González et al. (1998), aunque en general no ha sido utilizada en análisis de eficiencia a nivel departamentos<sup>3</sup>. Esta variable puede despertar controversias por dos razones. Por un lado porque su inclusión en los análisis de eficiencia puede incentivar al deterioro de los niveles de exigencia académica. Por otro porque los buenos resultados en cuanto a la tasa de aprobados pueden ser consecuencia de una mayor “calidad” del alumnado y no de una mayor calidad de la docencia. En cuanto al primer punto esto puede ocurrir con

---

<sup>2</sup> Sobre el componente cognitivo y no cognitivo de la docencia universitaria puede consultarse *Martínez Cabrera (2000a)*, pag. 43.

<sup>3</sup> Una variable análoga a nivel universidad, es la tasa de graduación.

otras muchas variables, como las tasas de graduación, y por lo tanto es un problema a tener presente que plantea limitaciones no sólo en la aplicación de DEA sino de cualquier sistema de indicadores. En cuanto a lo segundo, parece obvio que las diferencias en la capacidad innata del alumnado pueden influir en la tasa de aprobados. Por esa razón puede resultar interesante contar con alguna variable proxy de esa capacidad para estudiar su relación con las tasas de eficiencia obtenidas al introducir la tasa de aprobados en el modelo.

Por lo que se refiere a la calidad funcional de la docencia, la cuestión tampoco está exenta de dificultades. En un sentido estricto, se trataría de evaluar la forma en la que se imparte esa docencia: cómo se organiza, los recursos pedagógicos y los métodos docentes que se utilizan, la facilidad del profesor para hacerse entender... El problema es que como señala Martínez Cabrera (2000, pág. 49), estos aspectos: ... *“no son de fácil estandarización ni se pueden medir objetivamente [...] Este conjunto de elementos resulta sólo detectable mediante la observación e implicación directa en el proceso productivo y por consiguiente, podrían captarse en las evaluaciones que los alumnos hacen de sus profesores”*. Por lo tanto en educación, al igual que en muchos otros casos, la única alternativa para medir la calidad del servicio (calidad funcional) es a través de encuestas de opinión entre los clientes. La variable **ENCUESTA DE VALORACIÓN DE PROFESORADO (EVP)** representa la calificación media obtenida por los profesores del departamento en la Encuesta de Valoración de la Actividad Docente que es cumplimentada por los alumnos de la práctica totalidad de asignaturas y grupos. En esta encuesta se recogen cuestiones relacionadas con la asistencia a clase por parte del profesor, la forma en la que éste organiza la materia, su claridad expositiva, el interés de las clases prácticas... Cada uno de los ítems de la encuesta (21 en el modelo correspondiente al curso académico de interés) presenta una escala de valoración entre 1 y 5; de tal manera que el 1 significa “en absoluto o nada” y el 5, “totalmente”. Además de Martínez Cabrera, otros autores han recomendado también el uso de la valoración del profesorado por parte del alumnado (González et al., 1998; Pina y Torres, 1995; Sinuany- Stern et al., 1994; Fox, 1984; Murray, 1984..), aunque ninguno de ellos han empleado de hecho esta variable.



En definitiva, el producto docente está representado en nuestro modelo por la carga docente en la licenciatura y el doctorado, la tasa de aprobados y la calificación del departamento en la Encuesta de Valoración del Profesorado.

La otra actividad de los departamentos universitarios que debe ser tenida en cuenta en cualquier modelo global de evaluación de eficiencia es la investigación. Y de nuevo esta inclusión debe tener lugar bajo la doble dimensión cuantitativa y cualitativa.

Con la investigación ocurre algo similar a lo que ocurre con la docencia, su resultado a largo plazo es difícil de cuantificar e incluso de identificar, y por la misma razón es necesario conformarse con sus outputs intermedios. Por eso, más allá de las repercusiones futuras de un determinado proceso de investigación, se va a considerar el producto directo del mismo: los distintos modos en el que dicho proceso se materializa. Así, en este trabajo se tendrán en cuenta:

- Tesis de doctorado,
- publicaciones no periódicas, entre las que se encuentran: libros, capítulos de libros, folletos, traducciones y transcripciones, y publicaciones derivadas de congresos.
- publicaciones periódicas,
- organización de congresos, y
- patentes y modelos de utilidad registrados.

Aunque en muchas aplicaciones DEA en las que se evalúa la investigación de los departamentos, se consideran distintas variables output que se corresponden con el volumen de alguna de estas actividades, en este trabajo se va a emplear una medida agregada de todas ellas, a través de la variable **PRODUCCIÓN DE INVESTIGACION (PROCINVE)**. Esta variable es una suma ponderada de las distintas actividades, que utiliza como pesos la importancia, en forma de puntuación, otorgada por el Rectorado de la Universidad a cada uno de los ítems de investigación, en función de las cuales evalúa, a efectos internos de la propia institución, la investigación realizada por cada departamento. Esta variable ha sido utilizada también

en Torrico (2000), en donde se aplicaba el sistema de ponderaciones del Rectorado de la Universidad de Málaga.

En definitiva, inicialmente se han tenido en cuenta 8 variables, 3 inputs y 5 outputs. Sin embargo, antes de ser introducidas en el modelo para la aplicación del Análisis Envoltante de Datos, sus valores han sido revisados así como las relaciones entre ellas (análisis de correlaciones) y algunas han sido objeto de transformaciones. En particular, la variable Encuesta de Valoración de Profesorado, que podía generar problemas de escala señalados en Dyson et al. (2001), se ha multiplicado por la Carga Docente, obteniendo así una variable híbrida de las dos que puede interpretarse como la carga docente ajustada, o ponderada, en función de la calidad percibida por el alumnado. Otra variable que podría presentar problemas era la Tasa de Aprobados. En este caso, aprovechando que se puede definir formalmente como el cociente entre el número de alumnos aprobados y el de matriculados, se ha optado por una solución que cuenta con dos referentes clave en la literatura sobre DEA, Thanassoulis (1995) y Thanassoulis et al. (1995). Esta solución consiste en trabajar separadamente con el numerador y el denominador, considerando el primero como un output y el segundo como un input. En vez de incluir una única variable output TASA, se van a introducir una variable input MATRIC (número de alumnos matriculados en el departamento) y una variable output APROB (número de alumnos matriculados en el departamento que han aprobado alguna asignatura en el mismo). Si considerar la tasa de aprobados implicaba una hipótesis del tipo “a mayor tasa de aprobados más eficiencia (*ceteris paribus*)”, esta relación sigue manteniéndose con las nuevas variables: “cuanto mayor sea el número de aprobados con respecto al número de matriculados mayor será la eficiencia del departamento (*ceteris paribus*)”.

Por lo tanto el número de variables finalmente introducidas sigue siendo 8, aunque después de las transformaciones 4 están en el lado de los inputs y 4 en el lado de los outputs; y son las que aparecen en la tabla 1:

**Tabla1: Variables definitivas**

VARIABLES INPUT	VARIABLES OUTPUT
Capacidad docente (CAP)	Carga docente ajustada (EVP-DOC)
Becarios (BEC)	Tercer ciclo (TCICLO)
Recursos de Investigación (RECINVE)	Aprobados (APROB)
Matriculados (MATRIC)	Producción de investigación (PROCINVE)

Una vez que ya se han determinado las variables que se van a utilizar en el análisis y conociendo también el número de unidades, es necesario comprobar si la dimensión del modelo es suficiente. En el modelo global se considerarán 72 unidades y 8 variables. En este caso se cumple sin problema la regla del pulgar  $n \geq 2 \times (p+q)$  referida por Golany y Roll (1989) e incluso la de  $n \geq 3 \times (p+q)$  recomendada por Charnes y Cooper. (1990). Cuando consideramos separadamente el grupo de unidades de baja experimentalidad (38 unidades) y el de las de alta experimentalidad (34 unidades), la dimensión de los modelos resultantes es más ajustada. Aún así, las dos reglas del pulgar siguen cumpliéndose en ambos casos.

Con la intención de detectar posibles observaciones anómalas se ha realizado un análisis de supereficiencia (Wilson, 1995) en el que la formulación original de DEA se transforma para permitir que las unidades eficientes alcancen valores de eficiencia estimada menores que uno. Las unidades cuya eficiencia se sitúe exageradamente por debajo del valor unitario, resultan sospechosas de posibles errores de medición. Conjuntamente se ha aplicado DEA de manera tentativa, analizando la influencia que la inclusión de cada unidad eficiente tiene en la tasa de eficiencia alcanzada por las otras, lo que permite medir la influencia de todas ellas, en particular de las que resultan sospechosas (Dusansky y Wilson, 1994; Wilson, 1995, Thanassoulis y Silva Portela, 2002). De esta forma se han identificado dos unidades, la 65 y la 68 que son a un mismo tiempo sospechosas e influyentes, y con las que deben extremarse las precauciones en la interpretación de resultados. Ambas unidades pertenecen a la rama de Ciencias de la Salud y presentan una presión docente (entendida como la relación entre la carga y la capacidad docente). Esto puede estar relacionado con la existencia de ciertas figuras específicas de profesorado ligadas a la enseñanza práctica en el centro hospitalario y cuya capacidad y carga docente no resulta fácil de determinar. Precisamente en el

momento de realizar este trabajo, el Rectorado de la USC consideraba un incremento importante de la capacidad docente adjudicada a estas figuras. Las otras 4 unidades no resultan influyentes, en el sentido de que su presencia no modifica las tasas de eficiencia de las demás. Más aún, dos de ellas, la 21 y la 23 apenas aparecen en el conjunto de referencia de las unidades ineficientes. Esto hace que su propia eficiencia resulte dudosa, ya que podrían haberla alcanzado simplemente porque no había en la muestra unidades suficientemente similares a ellas con las que establecer comparaciones, lo cual las convertiría en centros de producción atípicos.

Con respecto a la hipótesis sobre rendimientos, se han realizado dos tipos de pruebas que no han permitido encontrar evidencias de que el tamaño del departamento influya en la eficiencia que alcanza. En primer lugar, se han estimado las tasas de eficiencia bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala y se ha estudiado la correlación que presentan los resultados con la capacidad docente, que puede interpretarse como una variable directamente relacionada con el tamaño del departamento. Un nivel elevado de correlación, negativo o positivo, indicaría una fuerte relación entre el tamaño del departamento y la eficiencia. En este caso, sin embargo tal correlación no existe ya que el correspondiente valor para el coeficiente de Pearson es negativo, aproximadamente de  $-0.15$ . Teniendo en cuenta que este coeficiente varía entre  $-1$  y  $1$ , y que se consideran niveles de correlación significativos los inferiores a  $-0.75$  o superiores a  $0.75$ , esta primera prueba no permite descartar la hipótesis de que los rendimientos sean constantes. Por otro lado, se han estimado las tasas de eficiencia utilizando el estimador BCC, considerando por lo tanto rendimientos variables a escala y se ha analizado la correlación de estos resultados con los procedentes de la aplicación del estimador CCR. En general, cuando el grado de correlación es alto, los resultados CCR y BCC son muy similares, lo que apoya la idea de rendimientos constantes. Si por el contrario el coeficiente de Pearson toma un valor bajo, los resultados derivados de las dos especificaciones son “significativamente” distintos y los rendimientos serán crecientes o decrecientes. En este caso, el coeficiente de Pearson entre ambas series de resultados es de  $0.88$ , lo que sigue resultando compatible con la hipótesis de rendimientos constantes.

El proceso de estimación consiste en la resolución de 72 problemas de programación lineal para lo que se ha utilizado el programa informático DEA Warwick Business School, específico para Análisis Envolvente de Datos. Con respecto a los datos empleados, la práctica totalidad se refiere al curso 1999/2000, a excepción de la valoración de la Encuesta de Valoración de Profesorado que no se realizó en ese año y para la que se tomaron los valores correspondientes al curso siguiente. En la siguiente sección se van a mostrar los resultados de esta estimación, que se corresponde con la aplicación del modelo a los departamentos de la Universidad de Santiago de Compostela cuando éstos se consideran conjuntamente y no se impone ningún límite a la flexibilidad en la asignación de ponderaciones que caracteriza a DEA. Estos resultados se expondrán, sin embargo, de manera breve, ya que su análisis mostrará ciertas limitaciones que presenta la formulación original del Análisis Envolvente en relación con la inclusión de una variable de calidad como la Tasa de Aprobados.

### **3.2. Resultados del modelo con total flexibilidad en las ponderaciones**

Los resultados de la estimación de la eficiencia en el modelo global (considerando conjuntamente los 72 departamentos) con total flexibilidad de las ponderaciones aparecen resumidos en la siguiente tabla:

<i>Tabla 2: Estadísticas resumen del modelo original</i>			
	<b>General</b>	<b>No Experim.</b>	<b>Experim.</b>
<b>MEDIA</b>	1.1066	1.0785	1.1379
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	0.1312	0.1190	0.1387
<b>INTERVALO</b>	1-1.4970	1-1.4970	1-1.4302
<b>NÚM. EFICIENTES</b>	32	22	10
<b>% EFICIENTES</b>	44%	58%	29%

Además del elevado número de unidades que resultan eficientes, es destacable el bajo nivel de ineficiencia promedio y la escasa dispersión de los valores, ya que ningún departamento registra una ineficiencia superior al 50%. De cualquier forma, los departamentos de la USC podrían incrementar sus outputs en un 11% como término medio, sin aumentar el consumo de recursos. La mayoría de las unidades clasificadas como eficientes en este análisis global son no Experimentales, concretamente 22 de

las 32, esto es el 68,75% de los departamentos eficientes pertenecen al denominado Grupo 1.

La principal preocupación del analista cuando aplica el Análisis Envolvente y obtiene un conjunto de unidades calificadas como eficientes, es precisamente asegurar, en la medida de lo posible, que esa eficiencia es real y no el resultado de un artificio aprovechando la flexibilidad de una técnica como DEA. Por esa razón se ha realizado previamente un estudio sobre las observaciones anómalas, utilizando el índice de supereficiencia y el análisis de influencia. Ahora parece necesario ir más allá. Una de las principales ventajas de DEA es la flexibilidad que permite en la asignación de ponderaciones. Pero esta libertad puede provocar que algunas de ellas sean calificadas como eficientes únicamente por su buen comportamiento con respecto a una única variable o infravalorando la relevancia de algún factor, que sin embargo, el decisor puede considerar fundamental. Para analizar esta cuestión, deben estudiarse los pesos absolutos asociados a los factores y los inputs y outputs virtuales que indican la importancia relativa de cada factor para la eficiencia de cada unidad. Este tipo de análisis también presenta limitaciones. Así, por un lado, el valor de las ponderaciones no puede interpretarse directamente porque depende de la escala de la variable. Por otro lado, las ponderaciones no tienen por qué ser únicas<sup>4</sup>, y en consecuencia, tanto los pesos como los valores virtuales de las variables pueden resultar arbitrarios. Aún así, la información que ofrece es enormemente útil, como se mostrará en nuestro caso. En la tabla 3 aparecen las ponderaciones asignadas a cada variable, en este caso, por parte de los 32 departamentos que han resultado eficientes<sup>5</sup>:

---

<sup>4</sup> No debemos olvidar que las ponderaciones se obtienen de la resolución de un modelo de programación lineal, y por lo tanto frecuentemente con múltiples soluciones. La solución obtenida depende en este caso del algoritmo concreto que se utilice para su resolución.

<sup>5</sup> El comportamiento de las unidades eficientes a la hora de ponderar las distintas variables resulta generalmente ilustrativo de lo que ocurre con las demás unidades por lo que en todo este apartado se hará referencia a las ponderaciones y variables virtuales de los departamentos eficientes.

**Tabla 3: Ponderaciones de inputs y outputs de las unidades eficientes en el modelo sin restricciones**

	CAP	MATRIC	BEC	RECINVE	TCICLO	APROB	PROCINVE	EVP-DOC
Unidad 1	0.00094	0.00002	0.13452	0.00102	0.00464	0.00006	0.00159	0.0001
Unidad 2	0.0014	0.00001	0.10436	0.00087	0.00522	0.00011	0.00157	0.00008
Unidad 5	0.00053	0.00001	0.01628	0.0036	0.00553	0.00007	0.00091	0.00005
Unidad 6	0.00153	0.00002	0.06745	0.01502	0.02639	0.00019	0.00488	0.0001
Unidad 7	0.00055	0	0.04635	0.00433	0.00585	0.00008	0.00202	0.00002
Unidad 10	0.001	0.00002	0.15521	0.00242	0.00261	0.0001	0.00259	0.00008
Unidad 18	0.00001	0.00029	0.01288	0.00013	0.0006	0.00035	0.00005	0.00001
Unidad 21	0.00053	0.00099	0.25	0.00115	0.00779	0.00061	0.00225	0.00014
Unidad 22	0.00036	0.00002	0.02146	0.00057	0.00257	0.00004	0.00056	0.00004
Unidad 23	0.00074	0.00012	0.19086	0.00143	0.00872	0.00013	0.00203	0.00008
Unidad 26	0.00158	0.00006	0.02202	0.00009	0.02278	0.00003	0.0002	0.00002
Unidad 28	0.00089	0.00005	0.00483	0.00341	0.0059	0.00019	0.00021	0.00001
Unidad 30	0.00096	0.00001	0.06251	0.00067	0.00415	0.00008	0.00088	0.00007
Unidad 31	0.0012	0.00002	0.03745	0.00055	0.00347	0.00007	0.00155	0.00011
Unidad 32	0.00087	0.00001	0.03423	0.00232	0.00637	0.00007	0.00133	0.0001
Unidad 33	0.00093	0.00002	0.05847	0.00113	0.00413	0.00008	0.00121	0.00011
Unidad 35	0.00189	0.00004	0.0082	0.00035	0.00289	0.0001	0.00233	0.0001
Unidad 43	0.00084	0.00004	0.07492	0.01555	0.03432	0.00009	0.00118	0.0001
Unidad 48	0.0009	0.00001	0.00324	0.0003	0.00124	0.00003	0.00094	0.00012
Unidad 52	0.00042	0.00015	0.01198	0.00032	0.00116	0.00021	0.00065	0.00004
Unidad 56	0.00184	0.00007	0.13543	0.00499	0.00228	0.00026	0.00563	0.00013
Unidad 57	0.001	0.00001	0.09852	0.00683	0.00912	0.00014	0.00375	0.00005
Unidad 58	0.0015	0.00004	0.15407	0.00358	0.0163	0.00005	0.00451	0.00015
Unidad 60	0.0021	0.00004	0.19615	0.00096	0.01804	0.00008	0.00141	0.00016
Unidad 62	0.00027	0	0.00296	0.01525	0.01616	0.00013	0.00009	0
Unidad 63	0.00068	0.00016	0.16749	0.00054	0.00515	0.0002	0.00098	0.00009
Unidad 65	0.00222	0.00047	0.33333	0.33333	0.33333	0.00059	0.00889	0.00017
Unidad 66	0.00026	0.00001	0.09815	0.00525	0.01186	0.00001	0.00074	0.00002
Unidad 68	0.00123	0.00009	0.02342	0.00098	0.00594	0.00011	0.00076	0.00018
Unidad 69	0.00058	0.00003	0.01119	0.00699	0.01374	0.00009	0.00087	0.00006
Unidad 71	0.00227	0.00023	0.21051	0.00144	0.00354	0.00033	0.00325	0.00028
Unidad 72	0.00024	0.00059	0.20267	0.0018	0.00341	0.00026	0.00341	0.00011

De la observación de la tabla, parece necesario destacar dos hechos. El primero y más evidente, es que ningún departamento ha alcanzado la eficiencia sobre la base de una única variable o ratio, asignando pesos nulos al resto de los factores. De hecho, sólo dos unidades, la 7 y la 62, otorgan un valor 0 a alguna de sus ponderaciones. El segundo es que casi todas las unidades eficientes han considerado pesos distintos para los factores matriculados y aprobados. Esto puede vulnerar el propósito perseguido en el

proceso de selección de variables, ya que estos dos factores han sido introducidos únicamente como un mecanismo para contemplar la tasa de aprobados en el modelo, ya que su incorporación directa podría provocar distorsiones en los resultados.

Lo que sucede es que al asignar ponderaciones distintas a matriculados y a aprobados, los distintos departamentos están comparando sus niveles absolutos en estos dos factores, y no el nivel relativo correspondiente a la tasa de aprobados. Por lo tanto, algunas unidades se están beneficiando de un alto volumen de aprobados independientemente de su número de matriculados, o de un bajo volumen de matriculados sin tener en cuenta el número de aprobados, lo cual puede considerarse no legítimo. Para evitar esto, todas las unidades deberían asignar el mismo peso al número de matriculados y al de aprobados; de tal forma que no se desvirtúe el significado de la variable tasa de aprobados.

Las diferencias observadas en la tabla pueden parecer despreciables, pero no es así. La diferencia promedio entre las ponderaciones se sitúa aproximadamente en el 0.000086562, un valor aparentemente pequeño, pero que supone alrededor del 76% de la ponderación promedio asignada por estos departamentos al input matriculados. Las unidades no eficientes también asignan pesos distintos a los dos factores, pero la diferencia es por término medio menor que en el caso de los departamentos eficientes. De cualquier manera, esta distorsión en la valoración de la eficiencia no resulta aceptable; en este sentido el modelo tal y como ha sido formulado presenta un problema que debe ser corregido.



**Tabla 4: Inputs y outputs virtuales de las unidades eficientes en el modelo sin restricciones**

	CAP	MATRIC	BEC	RECINVE	TCICLO	APROB	PROCINVE	EVP-DOC
	59.64	13.45	13.45	13.45	16.24	32.26	38.05	13.45
<b>Unidad 2</b>	79.13	10.44	0	10.44	10.44	68.69	10.44	10.44
<b>Unidad 5</b>	42.77	8.14	8.14	40.95	28.49	51.45	11.92	8.14
<b>Unidad 6</b>	46.82	6.74	6.74	39.69	39.58	33.3	20.37	6.74
<b>Unidad 7</b>	61.99	4.64	0	33.37	12.87	68.56	13.93	4.64
<b>Unidad 10</b>	68.96	15.52	0	15.52	0	68.96	15.52	15.52
<b>Unidad 18</b>	0.61	95.03	2.58	1.79	1.79	95.83	0.61	1.77
<b>Unidad 21</b>	25	50	0	25	25	25	25	25
<b>Unidad 22</b>	45.62	15.85	17.16	21.37	49.88	18.43	15.85	15.85
<b>Unidad 23</b>	55.13	25.78	0	19.09	42.74	19.09	19.09	19.09
<b>Unidad 26</b>	87.98	9.82	0	2.2	93.4	2.2	2.2	2.2
<b>Unidad 28</b>	41.85	30.47	0.97	26.71	14.15	83.92	0.97	0.97
<b>Unidad 30</b>	53.83	13.71	18.75	13.71	13.71	58.87	13.71	13.71
<b>Unidad 31</b>	55.06	14.98	14.98	14.98	15.1	38.19	31.73	14.98
<b>Unidad 32</b>	51.44	10.27	10.27	28.02	29.3	35.59	17.3	17.8
<b>Unidad 33</b>	47.38	17.54	17.54	17.54	17.54	47.28	17.64	17.54
<b>Unidad 35</b>	70.49	9.84	9.84	9.84	9.84	0	70.49	9.84
<b>Unidad 43</b>	36.14	7.49	7.49	48.87	75.51	7.49	9.5	7.49
<b>Unidad 48</b>	76.08	5.82	5.82	12.27	5.82	11.62	45.62	36.93
<b>Unidad 52</b>	22.14	65.88	5.99	5.99	5.99	80.23	7.79	5.99
<b>Unidad 56</b>	72.29	13.54	0	14.17	0	40.48	45.98	13.54
<b>Unidad 57</b>	66.11	9.85	0	24.04	0	80.3	9.85	9.85
<b>Unidad 58</b>	60.22	15.41	0	24.37	53.78	15.41	15.41	15.41
<b>Unidad 60</b>	60.35	10.02	19.61	10.02	69.45	10.51	10.02	10.02
<b>Unidad 62</b>	21.4	0.59	0.59	77.42	42.83	55.99	0.59	0.59
<b>Unidad 63</b>	45.88	20.62	16.75	16.75	30.85	16.75	35.65	16.75
<b>Unidad 65</b>	66.67	33.33	0	0	0	33.33	33.33	33.33
<b>Unidad 66</b>	37.23	9.81	0	52.96	70.56	9.81	9.81	9.81
<b>Unidad 68</b>	50.81	16.4	16.4	16.4	50.81	16.4	16.4	16.4
<b>Unidad 69</b>	25.65	6.71	6.71	60.92	72.82	13.75	6.71	6.71
<b>Unidad 71</b>	57.9	21.05	0	21.05	0	21.05	57.9	21.05
<b>Unidad 72</b>	20.27	54.17	0	25.56	0	20.27	55.88	23.85

En la tabla 4 se muestran los factores virtuales para las unidades eficientes en forma de contribución porcentual a la eficiencia de cada uno de los factores. Aunque en la tabla aparecen inputs y outputs, nuestro análisis se va a centrar en los outputs por varias razones. Primero, la mayoría de los inputs no está directamente bajo el control de los departamentos, sino del Rectorado, por lo que las unidades no tienen por qué estar trabajando con niveles óptimos de recursos, y en este sentido puede considerarse

legítimo que otorguen mayor importancia a aquellos inputs en los que se consideren deficitarias. Complementariamente, el Rectorado, que actúa en el modelo como verdadero decisor, está obviamente interesado en el funcionamiento de los departamentos con respecto a los outputs. Finalmente, en cualquier caso, salvo algunas excepciones, la estructura de los inputs virtuales parece bastante “razonable”, ya que a la vista de la tabla, la mayoría de los departamentos otorgan una mayor importancia a la capacidad docente y a los recursos de investigación.

Así pues, con respecto a los outputs virtuales, se observa que la eficiencia alcanzada por algunos de los departamentos se apoya de forma, sino exclusiva, sí excesiva en algunos de los factores del modelo. La unidad 18 hace hincapié en su tasa de aprobados pero desatiende casi totalmente su producción científica, mientras que los departamentos 26, 60, 66 y 69 parecen basar su eficiencia en sus respectivos terceros ciclos. En general, parece que los aspectos de la producción que más ayudan a las unidades eficientes a ser calificadas como tal son los relacionados con la docencia, especialmente aprobados y el tercer ciclo. Tal y como se ha formulado, con cuatro outputs, de los cuales dos son estrictamente de docencia (tasa de aprobados y carga docente ponderada), uno puede considerarse mixto (tercer ciclo) y sólo uno es estrictamente de investigación (producción científica), el modelo permite que los departamentos sacrifiquen la producción investigadora en su análisis de eficiencia. Al hilo de esta idea, resulta interesante destacar que los principales beneficiarios de este desequilibrio parecen ser los departamentos no experimentales, que representan la mayoría de las unidades eficientes. En este mismo sentido, puede resultar revelador el hecho de que los departamentos en los que la investigación contribuye más a la eficiencia pertenecen al grupo experimental. Por lo tanto, además de preguntarse si el modelo, tal y como ha sido aplicado, genera desequilibrios entre la docencia y la investigación, es necesario plantearse también si introduce algún tipo de desigualdad entre los departamentos experimentales y no experimentales.

En definitiva el modelo planteado hasta el momento no resulta totalmente coherente con los propósitos para los que se ha formulado, principalmente porque no respeta el significado de una de las variables introducidas (tasa de aprobados) y infravalora el

papel de la investigación. En la próxima sección será objeto de una ligera modificación con el objetivo de restablecer su coherencia interna que también tendrá efectos sobre la contribución a la eficiencia del aspecto investigador.

### **3.3. Resultado del modelo con limitaciones a la flexibilidad de las ponderaciones**

Para evitar que se desvirtúe el significado de la variable tasa de aprobados, es necesario reducir la flexibilidad que permite DEA en la asignación de los pesos, imponiendo que el peso que cada unidad asigna al input matriculados y al output aprobados sea el mismo. Para ello es preciso introducir explícitamente en el modelo una restricción sobre los pesos de las variables que conjuntamente definen la tasa de aprobados. La expresión matemática de tal restricción es la siguiente:

$$W_{\text{MATIC}} = W_{\text{APROB}}$$

Los principales efectos de la introducción de restricciones en las formulaciones DEA bajo rendimientos constantes a escala han sido estudiados en Allen et al. (1997) o Thanassoulis (2001) entre otros. Probablemente el principal de estos efectos está relacionado con la tasa estimada de eficiencia. En un modelo tradicional orientación output, ésta se interpreta como la máxima expansión radial en los outputs necesaria para alcanzar la eficiencia. El término radial hace referencia a un incremento equiproporcional de todos los outputs considerados en el análisis. Sin embargo, la presencia de restricciones sobre alguno de los pesos hace que la tasa de eficiencia estimada ya no se corresponda necesariamente con una radial. Tal expansión podría hacer que los nuevos niveles de inputs y outputs resultasen infactibles. De esta forma, un movimiento radial no permitiría a la unidad alcanzar de hecho la eficiencia, sino que necesitaría cambiar su forma de combinar inputs y outputs en el proceso productivo (su “mezcla” de inputs y outputs, de alguna forma su estructura productiva).

En general, sea cual sea el tipo de restricción y las razones que la motiven, si ésta no es redundante y por lo tanto se satura para alguna de las unidades, provocará una disminución en las tasas de eficiencia estimadas. En este caso, por lo tanto, es de esperar que aunque algunos de los departamentos puedan ajustar sus ponderaciones sobre matriculados y aprobados sin ningún coste para su nivel de eficiencia, otros no

sean capaces de hacerlo. Como consecuencia todos los departamentos que han sido calificados como ineficientes al utilizar el modelo en su formulación original seguirán siendo ineficientes al añadir la restricción propuesta, aunque la cuantía de su ineficiencia puede ascender. Sin embargo, es probable que algunos de los departamentos que antes resultaban eficientes pasen a ser ineficientes, por esa razón el análisis se va a centrar en este grupo de unidades.

En la tabla siguiente puede observarse el resumen de los resultados obtenidos con el modelo modificado (como lo se denominará frecuentemente) aplicado conjuntamente a los 72 departamentos de la universidad. Aunque la formulación matemática es exactamente la misma que aparece en la sección anterior con la salvedad de la incorporación de la restricción, la interpretación de las estimaciones de eficiencia se modifica tal como se ha señalado más arriba.

<i>Tabla 5: Estadísticas resumen del modelo CCR modificado (restricción de igualdad sobre los pesos de matriculados y aprobados)</i>			
	<b>General</b>	<b>No Experim.</b>	<b>Experim.</b>
<b>MEDIA</b>	1.2167	1.2383	1.1925
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	0.2087	0.2407	0.1661
<b>INTERVALO</b>	1-2.14	1-2.14	1-1.5876
<b>NÚM. EFICIENTES</b>	17	9	8
<b>% EFICIENTES</b>	23.61%	23.68%	23.53%

Como puede observarse, la introducción de la restricción produce un cambio considerable en los resultados. Frente a las 32 unidades que antes resultaban eficientes, ahora únicamente 17 alcanzan la tasa unitaria, lo que implica que los 15 departamentos restantes alcanzaban la eficiencia a costa de considerar el volumen de aprobados o matriculados separadamente. Por decirlo de alguna manera, se “aprovechaban” de su elevado número de aprobados en términos absolutos, aunque éste no siempre se correspondía con un buen comportamiento relativo de esta variable. En el mismo sentido, tanto la ineficiencia máxima como la ineficiencia media se incrementan notablemente con respecto a las estimadas por el modelo con flexibilidad total en las ponderaciones.

De los 17 departamentos eficientes, 9 pertenecen al grupo de los no experimentales, lo que implica que el 24% de las unidades del grupo 1 resulta eficiente. La ineficiencia media para este grupo es de 1.24 y 1.31, según se tengan en cuenta todas las unidades o únicamente las ineficientes. Además, existe una mayor dispersión de las tasas de eficiencia estimadas con respecto al conjunto de departamentos experimentales, de hecho el departamento más ineficiente es no experimental. En general, del análisis de los resultados del modelo modificado se desprende que estos departamentos no experimentales sacaban un mayor partido de la consideración aislada de las variables aprobados o matriculados, ya que el número de unidades eficientes se ha reducido en mayor medida en este grupo (de 22 a 9, frente a la reducción de 10 a 8 sufrida por los experimentales).

En el caso de los departamentos experimentales la ineficiencia media es ligeramente menor que en el de los no experimentales, en torno al 1.19 considerando todos los departamentos o al 1.25 considerando únicamente los ineficientes.

En definitiva, la imposición de la restricción de igualdad sobre los pesos de matriculados y aprobados varía enormemente las tasas de eficiencia estimada, y a juzgar por el análisis de los resultados globales el efecto parece mayor en el caso de los departamentos no experimentales.

Veamos ahora lo que ocurre cuando se consideran los dos grupos de departamentos, experimentales y no experimentales, separadamente. La formulación de los programas lineales es exactamente la misma que en el caso global, pero ahora en vez de 72 unidades, habrá 38 o 34, según se trate del grupo menos experimental o del grupo más experimental. Dado que la dimensión de cada uno de estos modelos individuales es menor que la del modelo global, cabe esperar que la eficiencia estimada aumente con respecto a la obtenida a partir del modelo que considera las 72 unidades. Cada departamento es comparado con la mitad de departamentos con los que era comparado antes, y por lo tanto resulta más difícil encontrar en la muestra unidades que lo dominen productivamente. Los resultados obtenidos confirman totalmente este punto; tanto la

ineficiencia media como la ineficiencia máxima son menores que en el análisis global para cada uno de los grupos. Pero de la observación de los resultados, sumariados en la tabla 6, puede extraerse otra información relevante.

<b>Tabla 6: Estadísticas resumen del análisis por grupos (modelos con restricción de igualdad sobre los pesos de matriculados y aprobados)</b>		
	<b>No Experim.</b>	<b>Experim.</b>
<b>MEDIA</b>	1.0515	1.1750
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	0.1023	0.1573
<b>INTERVALO</b>	1-1.4646	1-1.5571
<b>NÚM. EFICIENTES</b>	23	8
<b>% EFICIENTES</b>	60.53%	23.53%

Aunque frente al análisis global ambos conjuntos de unidades han aumentado su eficiencia en términos medios, el incremento es mucho mayor en el caso de los departamentos no experimentales. Más del 60% de estos departamentos resultan eficientes si los comparamos sólo entre ellos, frente al 24% que resultaba cuando la comparación se establecía entre los 72 departamentos que componen la universidad. La ineficiencia media es muy baja, ya que además del mayor número de unidades eficientes, muchos departamentos que antes tenían tasas de eficiencia considerables rondan ahora la eficiencia unitaria.

En cambio, la mejoría en los resultados para el grupo 2 es bastante más modesta. De hecho, aparte de los 8 departamentos que ya eran calificados como eficientes en el modelo global, y cuya eficiencia estimada por supuesto no varía, otras 16 unidades (ineficientes) mantienen los mismos niveles de ineficiencia al considerar únicamente los departamentos experimentales. Sólo una unidad, la 45, reduce considerablemente la ineficiencia que obtenía en el análisis global para situarse próxima a la tasa unitaria en la estimación de la eficiencia intragrupo.

Estos resultados parecen indicar que las unidades más eficientes de la muestra formada por los 72 departamentos pertenecen al grupo de las experimentales. Dado que DEA estima la eficiencia de forma relativa, esto es, a través de la comparación entre las unidades, la presencia de estos departamentos muy eficientes “tira hacia abajo” por la

eficiencia del resto. Cuando se analiza separadamente el grupo 1 esos departamentos no se tienen en cuenta para la comparación, lo que permite que algunas unidades no experimentales que antes eran dominadas por ellos puedan resultar ahora eficientes. Sin embargo, el resto de las unidades experimentales son comparadas con los departamentos más eficientes tanto en el caso global como en el modelo individual para el grupo 2.

De cualquier manera, estos resultados deben ser interpretados con cautela, ya que se debe recordar en este punto que en la etapa de especificación del modelo se habían identificado dos unidades supereficientes e influyentes que pertenecían precisamente al grupo más experimental. Un nuevo análisis ha sido realizado a posteriori sobre el modelo modificado, y en este caso sólo una de las unidades, el departamento 65, acentúa su influencia, por lo que, además de revisar con precaución los datos de esta unidad, resultaría interesante contrastar los resultados obtenidos para este ejercicio en particular con los obtenidos a partir de un panel de datos para distintos años.

El modelo ha sido también objeto de un análisis de sensibilidad a posteriori, en el que se han comparado distintas especificaciones del mismo excluyendo alternativamente algunas de las variables. En este sentido, los cambios más significativos se producen al excluir la variable TCICLO, caso en el que el coeficiente de correlación con los resultados originales del modelo modificado se sitúa en el 0.5644. La correlación cuando se suprime el factor BEC o RECINVE aún considerablemente elevada.

Aunque el modelo modificado corrige la distorsión en el significado de la variable tasa de aprobados que causaba el modelo original, no puede considerarse óptimo, ya que un nuevo análisis de ponderaciones y outputs virtuales pone de manifiesto varios aspectos problemáticos. En primer lugar, al obligar a los departamentos a asignar el mismo peso a APROB y a MATRIC, la mayoría de los que han resultado eficientes han asignado una ponderación nula a ambas variables, con lo que no están teniendo en cuenta la tasa de aprobados a la hora de alcanzar la eficiencia. Segundo, a la vista de los outputs virtuales la situación se invierte con respecto al modelo original, y ahora los

departamentos eficientes apenas ponderan la docencia en Primer y Segundo Ciclo. Sin embargo, el volumen de créditos de docencia en Tercer Ciclo es uno de los outputs que más contribuyen a la eficiencia de muchos de ellos. Este doble problema podría resolverse si se incorporasen al modelo las preferencias o juicios de valor del decisor-interesado en la evaluación, el Rectorado de la universidad. La incorporación de estos juicios de valor a través de restricciones sobre los outputs virtuales permitiría discriminar entre los departamentos verdaderamente eficientes y aquellos que sólo pueden alcanzar la eficiencia con estructuras de pesos poco acordes con el sentido común, o al menos con los juicios de valor del órgano responsable de la asignación de los recursos entre las distintas unidades. La inclusión de nuevas restricciones se deja sin embargo para un trabajo futuro, ya que en este caso nuestra intención consistía en mostrar como la consideración de variables de calidad complica la aplicación de DEA y puede requerir de modificaciones en la definición de las variables y en la propia formulación del Análisis Envolvente.

#### **4. CONCLUSIONES**

El objetivo de este trabajo era la evaluación de la eficiencia técnica de la Universidad de Santiago de Compostela, afrontando como reto principal la incorporación en el análisis de aspectos relacionados con la calidad del output. Para ello se ha empleado el Análisis Envolvente de Datos, aprovechando su flexibilidad y su relativamente escasa exigencia de requerimientos, que constituyen una interesante ventaja en contextos productivos tan complejos como el de la Educación Superior. La aplicación de DEA se ha realizado teniendo en cuenta previamente una serie de cuestiones que pueden afectar seriamente a los resultados como la dimensionalidad del modelo, el análisis de outliers, la selección y transformación de variables para limitar los problemas de escala, la introducción de la calidad del output o la selección cuidadosa de la hipótesis sobre rendimientos.

Al resolver el modelo utilizando el estimador DEA CCR orientación output para los 72 departamentos que constituyen la USC resultaron eficientes 32 unidades, por lo tanto, alrededor del 44% de las mismas. La mayoría de los departamentos eficientes pertenecen al grupo menos experimental, concretamente 22, frente a los 10 del grupo



más experimental. Pero la observación de las ponderaciones que cada departamento asigna a los distintos inputs y outputs puso de manifiesto que el modelo así formulado no es coherente con el propósito perseguido a la hora de definir las variables. Muchas de las unidades asignan ponderaciones distintas al número de matriculados y al número de aprobados, lo que implica que están considerado uno y otro de manera individual. Pero de esta manera, los departamentos no están siendo evaluados con respecto a su comportamiento en la variable tasa de aprobados como era nuestra pretensión. Un departamento puede alcanzar la eficiencia debido a su volumen absoluto de aprobados sin tener en cuenta el de matriculados, por lo tanto independientemente de lo que ocurra con la tasa de aprobados. Para evitar esta distorsión en la evaluación de la eficiencia, se añadió al modelo original una restricción sobre las ponderaciones del input matriculados y el output aprobados, exigiendo que ambas sean iguales.

Los resultados del modelo modificado difieren sensiblemente de los del modelo original. Cuando se introduce la restricción de igualdad sobre los pesos de matriculados y aprobados, únicamente son calificadas como eficientes 17 unidades, esto es alrededor del 27% de los departamentos de la USC. Entre ellas, únicamente 9 pertenecen al grupo menos experimental. Esta importante reducción en el número de departamentos no experimentales calificadas como eficientes indica que éstos eran los que se beneficiaban en mayor medida de la consideración absoluta del número de aprobados, sin tener en cuenta su valor relativo. De cualquier forma, cuando el análisis se realiza por grupos, el número de unidades eficientes del grupo no experimental aumenta hasta 23, mientras que el del grupo experimental permanece constante, con lo que se deduce que las unidades más eficientes de la muestra pertenecen al grupo experimental

El trabajo pone de manifiesto las dificultades que se derivan de la consideración de variables de calidad en un análisis DEA, que en este caso han obligado incluso a modificar la formulación original del problema lineal introduciendo una restricción adicional. Sin embargo, los resultados del modelo modificado tampoco se han encontrado plenamente satisfactorios, ya que el análisis de ponderaciones absolutas y virtuales revela la existencia de comportamientos “no adecuados” por parte de algunos departamentos en su evaluación de la eficiencia. Por esa razón, el trabajo se considera

inconcluso, y en el futuro tratará de resolverse este problema a través de la incorporación de los juicios de valor del decisor que evite ese tipo de comportamientos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, R., ATHANASSOPOULOS, A, DYSON R.G. y E. THANASSOULIS (1997): "Weight restrictions and value judgements in data envelopment analysis: Evolution, development and future directions," *Annals of Operations Research*, 73, 13-34.
- ARCELUS F.J. and D.F. COLEMAN (1997) : "An efficiency review of university departments", *International Journal of Systems Science*, 28 (7), 721-729.
- BANKER, R.D. y R. MOREY (1986a): "Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs", *Operations Research*, 34 (4), 513-521.
- BANKER, R.D. y R. MOREY (1986b): "The use of categorical variables in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 32 (12), 1613-1627.
- BANKER, R.D., CHARNES A. y W.W.COOPER (1984): "Some models for estimating technical efficiencies and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30 (9), 1708-1092.
- BEASLEY, J.E. (1990): "Comparing university departments", *OMEGA, International Journal of Management Sciences*, 18(2), 171-183.
- BEASLEY, J.E. (1995): "Determining Teaching and Research Efficiencies", *Journal of the Operational Research Society*, 46(4), 441-452.
- CHARNES, A., W.W. COOPER, y E. RHODES (1978): "Measuring the efficiency on Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- CHARNES A. y W.W. COOPER (1990): "Data Envelopment Analysis", en H.E. BRADLEY (ed): *Operational Research 90'*, Pergamon Press, Oxford.
- DUSANSKY, R y P. WILSON. (1994): "Technical efficiency in the decentralized care of the developmentally disabled", *The Review of Economics and Statistics*, 76 (2), 340-345.
- DYSON R.G. y E. THANASSOULIS (1988): "Reducing weight flexibility in data envelopment analysis", *Journal of the Operational Research Society*, 46, 563-576.
- DYSON R.G., ALLEN R., CAMANHO A.S., PODINOVSKI, V.V., SARRICO C.S. y E.A. SHALE (2001): "Pitfalls and protocols in DEA", *European Journal of Operational Research*, 132, 245-259.

- FOX, D. (1984): "What counts as Teaching", *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 9(2), 133-143.
- FRIED, H.O y C.A.K. LOVELL (1996): "Searching the zeds", ponencia presentada en el *II Georgia Productivity Workshop*.
- GARCIA VALDERRAMA, T. (1996): *La medida y el control de la eficiencia de las instituciones universitarias*. Sindicatura de Comptes. Valencia.
- GONZALEZ , M.C., LAFUENTE, E. y J. MATO (1998): "Estudio de la eficiencia en la Universidad de Oviedo a través del Análisis Envolvente de Datos", comunicación presentada en *VII Congreso de la Asociación de Economía de la Educación*, Santander.
- GRONROOS, C. (1984): "A service quality model and its marketing implications", *European Journal of Marketing*, 18/4, 36-44.
- JOHNES, J. y G. JOHNES (1995): "Research Funding and Performance in U.K. University Departments of Economics: A Frontier Analysis", *Economics of Education Review*, 14(3), 301-314.
- MANCEBÓN, M.J. (1996): *La evaluación de la eficiencia de los centros educativos públicos*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- MARTINEZ CABRERA (2000): "La evaluación de la eficiencia técnica en las instituciones de educación superior: Una aplicación del análisis envolvente de datos", Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- MURRAY, H. (1984): "The impact of formative and summative evaluation of teaching in North American Universities", *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 9 (2), 117-132.
- PARASURAMAN, A., ZEITHMAL, V.A. y L.L. BERRY (1985): "A conceptual model of service quality and its implications for future research", *Journal of Marketing* 49, 41-50.
- PINA, V. y L. TORRES (1995): "Evaluación del rendimiento de los Departamentos de Contabilidad de las universidades españolas", *Hacienda Pública Española*, 135, 183-190.
- RAY, S.C. (1991): "Resource-use in public schools: A study of Connecticut data", *Management Science*, 37 (12), 1620-1629.

- SARRICO C.S. y R.G. DYSON (2000): "Using DEA for planning in UK universities- an institutional perspective", *Journal of the Operational Research Society*, 51, 789-800.
- SINUANY-STERN, Z., MEHREZ A. y A. BARBOY (1994): "Academic Departments Efficiency Via DEA", *Computers Operations Research*, 21(5), 543-556.
- THANASSOULIS, E. (1995): "Assessing Police Forces in England and Wales using Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 87, 641-657.
- THANASSOULIS, E. (2001): *Introduction to the theory and application of Data Envelopment Analysis: A foundation text with integrated software*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- THANASSOULIS, E., BOUSOFFIANE, A. y R.G. DYSON (1995): "Exploring output quality targets in the provision of perinatal care in England using data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, 80, 588-607.
- THANASSOULIS, E. y M.C. SILVA PORTELA (2002): "School outcomes: Sharing the responsibility between pupil and school", *Education Economics*, 10 (2), 183-207.
- 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 en la Universidad de Málaga*". Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- TRILLO, D.(1998): "Problemas metodológicos del análisis envolvente de datos en relación con la eficiencia de las instituciones universitarias españolas". Actas de las VII Jornadas de Economía de la Educación, Santander, 1998.
- WILSON, P. (1995): "Detecting influential observations in Data Envelopment Analysis", *Journal of Productivity Analysis* 6, 27-46.