

Análisis de la función objetivo de las universidades mediante un estudio de eficiencia

Jasmina Berbegal Mirabent

Universitat Politècnica de Catalunya (jasmina.berbegal@upc.edu)

La competitividad y excelencia dependen en gran medida de la capacidad de las regiones para generar, innovar y transferir conocimiento. En una sociedad donde estos valores están adquiriendo cada vez más importancia, las universidades, como motores indiscutibles para el desarrollo regional que son, se ven obligadas a ampliar sus objetivos tradicionales (docencia e investigación) mediante la introducción de la denominada “tercera misión”. Ciertamente, la universidad contemporánea está sometida a un proceso de reestructuración, teniendo que adaptar sus estructuras y estrategias para incorporar estas nuevas demandas. En un contexto en el que se divisa una función objetivo de las universidades con múltiples inputs y outputs, resulta interesante preguntarse si las universidades están realmente alineando sus capacidades y recursos internos de forma eficiente, así como si las características del entorno son un factor determinante.

Con el objetivo de obtener una imagen más completa sobre cómo la universidad pública española está asumiendo e implementando estos objetivos de forma simultánea, en este artículo se propone analizar la función objetivo de las universidades desde una perspectiva multidimensional. Para ello, se dispone de los datos del sistema universitario público español durante el período 2008-2009.

En primer lugar y mediante la técnica del análisis envolvente de datos (DEA) se examina la eficiencia de las universidades públicas españolas partiendo de una función objetivo con outputs de docencia, investigación y transferencia tecnológica. Posteriormente, se evalúa si estos resultados se ven afectados por las condiciones socioeconómicas de la región donde están ubicadas. Conscientes de que eficiencia y productividad son dos términos muy próximos, en una tercera etapa se analiza su relación. Finalmente se analizan aquellas características estructurales de la propia universidad que ayudan a explicar las diferencias entre los niveles de eficiencia.

Keywords: eficiencia, análisis envolvente de datos, función objetivo, universidad

Códigos JEL: I21, I23, C67

1 Introducción

En el contexto de una sociedad basada en el conocimiento, de la creciente internacionalización de la oferta universitaria y en correspondencia con la confianza que la sociedad deposita en la gestión autónoma de las universidades, se exige que estas se adapten al nuevo paradigma educativo, donde garantizar la calidad de las enseñanzas, potenciar la movilidad, gestionar la diversidad, perseguir la competitividad y facilitar la transferencia de conocimiento pasan a ser acciones prioritarias (Van Vught, 2009).

En sus orígenes, la misión específica de las universidades era la de crear conocimientos y transmitirlos, ampliando el stock científico y difundiendo el saber hacer, los valores y la cultura. Fruto de los cambios sociales y económicos pero también como consecuencia de la incorporación masiva de estudiantes, las universidades han pasado de una concepción vertical a una de matricial abierta. Es aquí donde se amplía la función de investigación y se generaliza la figura del profesor profesional y de laboratorio como puestos de trabajo. A la universidad matricial la sigue la tecnopole, donde la función de investigación se organiza en unidades diferenciadas, la valorización se generaliza y se crean servicios avanzados a los grupos de investigación (Solé-Parellada et al., 2001). Es el momento en el que aparece la “tercera misión”, resultado de la combinación de las dos anteriores y la materialización de la segunda, orientada a la cooperación al desarrollo regional dando lugar a la producción (actividades de investigación), la transmisión (formación y publicación de los resultados de investigación) y la valorización de la investigación (difusión de soluciones innovadoras a problemas del entorno).

Es en este sentido que las universidades son únicas. Son centros de formación donde se enseñan aquellos conocimientos y habilidades que capacitan a los futuros profesionales del mañana. También disponen de canales y mecanismos para explotar los resultados de la investigación, convirtiéndose en agentes dinamizadores del desarrollo local endógeno.

Esta evolución en la manera tradicional de operar de las universidades ha ido estrechamente ligada con los conceptos de excelencia y calidad (Temple y Shattock, 2007), dando lugar a una fuerte demanda externa por la rendición de cuentas de los centros de educación superior, y en especial de aquellos que operan mayoritariamente con fondos públicos. El resultado ha sido un aumento exponencial en el número de estudios que tratan temas de planificación estratégica, eficiencia y productividad de las universidades, tanto desde la perspectiva teórica, como desde la empírica, con la aparición de potenciales herramientas de benchmarking donde se clasifican las universidades según un conjunto de indicadores.

Aunque este debate no es nuevo, es justamente con el inicio del nuevo siglo cuando su impacto en los medios de comunicación y sus derivadas discusiones públicas han adquirido una

mayor relevancia (Bonaccorsi y Daraio, 2005). Así pues, no es de extrañar que países de todo el mundo hayan mostrado su interés por esta práctica y hayan surgido distintas metodologías con el objetivo de desarrollar un papel de vigilancia de la contabilidad pública. Sin embargo, en la literatura específica encontramos que difícilmente se puede conseguir una propuesta única. Aun así, no hay duda de que estas metodologías de evaluación están influyendo la estrategia de las universidades, surgiendo un consenso en la necesidad de investigarlas (Marginson y van der Wende, 2007).

En este contexto, el estudio de las formas en que las universidades alinean sus recursos en relación a los outputs se ha convertido en un tema crítico de investigación, más aun cuando se consideran la multiplicidad de objetivos a los que las universidades deben responder de forma simultánea. Así, pues resulta interesante preguntarse cómo son de eficientes las universidades y el papel que juegan tanto los recursos internos como los factores ambientales. Precisamente este estudio pretende arrojar algo de luz a estas preguntas. Para ello se propone un análisis empírico estructurado en cuatro fases, tomando como unidades de análisis las 47 universidades que configuran el sistema universitario público presencial español.

El resto del artículo se estructura de la forma siguiente. En el apartado 2 se revisa la literatura. En el apartado 3 se detalla la metodología seguida y se presentan los datos utilizados. El apartado 4 presenta los resultados obtenidos y se discuten sus posibles implicaciones. El apartado 5 cierra el artículo con las conclusiones.

2 La función objetivo de las universidades

La relación entre los conceptos de innovación, conocimiento, aprendizaje, productividad, crecimiento y geografía han acaparado la atención de buena parte de la comunidad científica. En este contexto, las universidades, como principales agentes de creación y difusión de conocimiento se convierten en elementos fundamentales para el desarrollo económico y la competitividad. Si en un principio tenían un papel secundario en el desarrollo regional de un territorio, hoy en día son un activo sumamente estratégico.

Precisamente el estudio del sistema universitario dentro de los sistemas regionales de innovación ha dado lugar a todo un conjunto de marcos de referencia, que tomando como partida las teorías sobre los sistemas de innovación (Freeman, 1987) y las “*learning regions*” (Cooke, 2002; Florida, 1995), ha desencadenado en el conocido modelo de la Triple Hélice (Etzkowitz y Leydesdorff, 1997), el “Modo 2” de generación de conocimiento (Gibbons et al., 1994) o la teoría del compromiso universitario (Chatterton y Goddard, 2000; Holland, 2001), entre los más conocidos.

Todos estos cuerpos teóricos resaltan la importancia de las universidades en el desarrollo económico regional. La literatura sobre sistemas de innovación enfatiza la importancia en estrechar los lazos entre las diversas instituciones que conforman el sistema y mejorar la competitividad; el modelo de la triple hélice apuesta por unas relaciones de naturaleza híbrida y recursiva, más allá de las propias fronteras institucionales entre las tres esferas que lo integran; la teoría del compromiso universitario enfatiza la flexibilidad de respuesta y las capacidades adaptativas y de aprendizaje que deben ser capaces de adoptar las universidades; y el “Modo 2” explica el papel de la investigación científica en la sociedad industrial postmoderna, consistente en unas relaciones universidad-empresa plurales e interdisciplinarias que promuevan el establecimiento de redes de trabajo y maximicen el proceso innovador.

Aparecen aquí un gran número de estudios examinando el rol de las universidades como instrumentos para favorecer el desarrollo regional (e.g. Feldman y Desrochers, 2003). La principal conclusión es que el subsistema universitario es un instrumento clave para la regulación económica, junto con la industria y la administración pública (Etzkowitz y Leydesdorff, 1997), por lo que es sumamente interesante profundizar en su estudio y analizarlo de forma individual para diferentes regiones.

Sin embargo, las universidades son instituciones en constante evolución (Vorley y Nelles, 2008), que con el paso del tiempo han tenido que asumir nuevas funciones y expandir su cartera de servicios, de acuerdo con las demandas y exigencias de la sociedad. A fecha de hoy, se espera que la universidad contemporánea provea el mercado con nuevo conocimiento, experiencia y tecnología y dé respuestas inmediatas a las necesidades de la industria (Shattock, 2009). Para ello, es indispensable una correcta combinación de actividades de docencia, investigación y tercera misión. Justamente la combinación de estas actividades es lo que constituye la denominada función objetivo de las universidades.

La contribución docente de las universidades a la sociedad tradicionalmente se ha contabilizado en términos de graduados y/o postgraduados. Sin embargo, las demandas de unos perfiles competenciales y profesionales cada vez más exigentes por parte del mercado ha propiciado que también desde la docencia, las universidades estén ampliando su oferta formativa con cursos de aprendizaje continuo a lo largo de toda la vida profesional, incluyendo programas de reciclaje, cursos de extensión universitaria así como cursos de especialización bajo demanda empresarial. Esta ampliación del portafolio de servicios docentes trata de adaptarse a las necesidades formativas de un público objetivo cada vez más diverso y plural.

La función de investigación o segunda misión, estimula la creación de un ambiente de aprendizaje, ayuda a atraer y retener a profesores y estudiantes cualificados, al mismo tiempo que obliga a mantener un plan de trabajo de vanguardia para la institución. Se trata de una misión que por naturaleza es altamente competitiva. Aquí se incluyen aquellos resultados de

investigación que normalmente se miden a través del número de publicaciones en revistas científicas, libros o comunicaciones en actas de congresos. Sin embargo, si el conocimiento no se difunde de manera eficiente su retorno será inexistente. Es aquí donde la universidad y el tejido productivo deben buscar intereses comunes con el objetivo de que la investigación responda a necesidades regionales, es decir, poniendo la ciencia al servicio de la sociedad (Veugelers y Cassiman, 2005).

La tercera misión consiste precisamente en la valorización de los resultados de investigación a través de la comercialización. Si bien este concepto fue utilizado por primera vez en el Reino Unido para describir una nueva vía de entrada de fondos económicos para el desarrollo de nuevas actividades de investigación, hoy en día el uso de este término se ha ampliado, refiriéndose a aquellas actividades diseñadas para contribuir al desarrollo económico del territorio, a través de la valorización por parte del mercado del conocimiento generado en las universidades (Shattock, 2009). De acuerdo con Vorley y Nelles (2008) la tercera misión abarca una gran variedad de actividades donde convergen tres ejes principales: el espíritu emprendedor, la innovación y el compromiso social. Esta definición implica que esta misión se materializa de distintas formas y a diferentes niveles, siendo difícil su medición.

Según Berbegal-Mirabent et al. (2013) estos mecanismos de transferencia de conocimiento pueden clasificarse en dos grupos: los de transferencia directa y los de transferencia indirecta. En el primer caso nos estamos refiriendo a la creación de spin-offs, es decir, una empresa que explota el conocimiento científico generado en el seno de la universidad con una clara orientación al mercado. La vía indirecta de transferir conocimiento es a través de las colaboraciones universidad-empresa (e.g. acuerdos de I+D, servicios de consultoría y asesoramiento, servicios de incubación). Para hacer frente a los retos que conlleva la adopción de esta tercera misión, las universidades han desarrollado nuevas estrategias y políticas, al mismo tiempo que les ha sido necesario proveerse con aquellas infraestructuras específicas que permitan un mayor acercamiento a la industria (e.g. oficinas de transferencia de conocimiento, incubadoras de empresas).

Finalmente, las universidades contribuyen también a otros objetivos relacionados con el compromiso social con la comunidad. Esta dimensión social encuentra una expresión explícita principalmente a través de actividades tales como de “proyección social”, “extensión universitaria” o de “compromiso social”. Algunos ejemplos serían la organización de conferencias, reuniones, exposiciones, jornadas de puertas abiertas, servicios de valor añadido o el desarrollo de proyectos de cooperación internacional. Estas acciones reflejan los valores sociales de la universidad y su orientación social, reforzando su rol como principal generador de conocimiento e interfaz entre ciencia, sociedad y empresa (Montesinos et al., 2008). A pesar de que estas actividades son parte de la misión de las universidades, generalmente son excluidas de

los análisis y estudios debido a la falta de información cuantitativa que permita evaluar de forma comparada y equitativa el desempeño y nivel de compromiso de las universidades en esta faceta más social.

3 Metodología y datos

A continuación se describe la muestra y los datos de partida. Posteriormente se define la metodología utilizada en cada una de las cuatro fases que integran la parte empírica del estudio.

3.1 Muestra y datos

Los datos utilizados para llevar a cabo este estudio provienen básicamente de dos fuentes: los informes anuales de la Red de Oficinas de Transferencia de Tecnología (RedOTRI) y los informes bianuales de elaborados por la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE). La base de datos original incluye información de todas las universidades públicas presenciales españolas para el período 2006-2009 (47 universidades).

3.2 1ª etapa: Análisis de la eficiencia

Aunque es difícil de medir como de eficientes son las organizaciones utilizando sus recursos, hay un creciente interés, y especialmente en el sector público, por aquellas metodologías que permiten este tipo de análisis. El análisis de la eficiencia de una organización teniendo en cuenta las fronteras de producción, fue introducido por primera vez por Farrell (1957). Su definición se refiere a la eficiencia en que los insumos (inputs) se transforman en productos (outputs) en relación con la unidad de mejor rendimiento. De esta manera, una unidad de producción es eficiente técnicamente si no puede producir más de un outputs sin producir menos de otro output o consumir más inputs.

Esta medida de eficiencia fue popularizada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), quienes introdujeron una técnica para evaluar la eficiencia dada una muestra de empresas (unidades de toma de decisiones o DMU). Esta técnica, conocida como el Análisis Envoltente de Datos (DEA) (ver Ray, 2004), está basada en métodos deterministas no paramétricos que, a través de modelos lineales de programación matemática, aproximan la tecnología real sin tener que definir a priori una relación funcional óptima entre las variables, sino que la frontera de producción se define de forma empírica en base a las mejores prácticas observadas de las DMUs. Así, las DMUs eficientes constituyen la frontera de producción, mientras que para el resto de unidades se calcula su ineficiencia en relación a su distancia de la frontera (Kumbhakar

y Lovell, 2000). Se trata pues de una técnica de benchmarking. El DEA se complementa por sus múltiples variantes: según la orientación (al input o al output), y la consideración o no de retornos variables a escala (modelo VRS o CRS).

El DEA es especialmente compatible con los requisitos que caracterizan el sistema universitario (Thursby y Thursby, 2002): la falta de precios y la multiplicidad de objetivos. La gran cantidad de trabajos existentes avalan el uso de esta metodología en la evaluación de la eficiencia de las universidades (Bergal-Mirabent y Solé, 2012). Aunque el DEA presenta muchas ventajas, sus principales inconvenientes tienen que ver con las restricciones en el número de indicadores que se pueden incorporar al modelo y la existencia de factores no controlables que pueden repercutir significativamente en las variables utilizadas (Lee y Park, 2005). De aquí se desprende que la elección de unos pocos indicadores que sean suficientemente representativos es una decisión clave.

Para estudiar la eficiencia global de las universidades públicas presenciales españolas se ha optado por utilizar una orientación al output, ya que precisamente las universidades públicas definen su función objetivo dados unos recursos y de acuerdo con criterios de maximización de los resultados. En concreto, el modelo utilizado considera una tecnología caracterizada por rendimientos variables a escala (VRS), donde las universidades utilizan cuatro inputs para producir tres outputs, tal y como se recoge en la Tabla 1 con los descriptivos.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables seleccionadas.

| Tipo | Variable | Año | Obs. | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|---------|---------------------|---------|------|-----------|---------------------|----------|-----------|
| Inputs | PDI | 2006/07 | 47 | 1.967,59 | 1.243,56 | 446,00 | 6.197,00 |
| | PAS | 2006/07 | 47 | 991,51 | 700,03 | 244,00 | 3.848,00 |
| | Costes de operación | 2006/07 | 47 | 23.832,38 | 14.661,22 | 6.838,23 | 73.250,85 |
| | Ingresos por I+D | 2006/07 | 47 | 23.861,03 | 19.463,25 | 2.574,68 | 73.190,11 |
| Outputs | Graduados | 2008/09 | 47 | 3.190,45 | 1.907,37 | 709,00 | 8.514,00 |
| | Publicaciones ISI | 2009 | 47 | 763,72 | 569,95 | 97,00 | 2.757,00 |
| | Spin-offs | 2009 | 47 | 2,60 | 2,99 | 0,00 | 14,00 |

En cuanto a los inputs, el capital humano o fuerza de trabajo es fundamental para el funcionamiento de las universidades (Abbott y Doucouliagos, 2003). Dos son los inputs que lo representan: el número de personal de docente e investigador (PDI), encargados de impartir docencia, investigar y transferir conocimientos; y el número de personal de administración y servicios (PAS), encargados de dar soporte al PDI y desarrollar tareas de gestión. Siguiendo los estudios de Agasisti y Pérez-Esparells (2010) y Buzzigoli, Giusti y Viviani (2010), el tercer input considerado son los costes de operación (capítulo 2 del presupuesto de las universidades). Estos costes incluyen los gastos de funcionamiento en relación con los bienes y servicios, equipos, costes financieros, inversiones, alquileres, mantenimiento y gastos de investigación.

Por último, el cuarto input contabiliza los ingresos por actividades de I+D. Aunque en la literatura este indicador es también utilizado como output, para este trabajo se ha adoptado el enfoque de Tzermes y Halkos (2010), quienes relacionan esta variable con los recursos financieros necesarios para desarrollar nuevas actividades de investigación y transferencia.

En relación a los outputs, para aproximar la misión docente, se ha utilizado el número total de estudiantes graduados en el curso académico 2008/09. Aunque algunos autores opinan que con este tipo de indicador puede no capturarse satisfactoriamente la esencia de la actividad docente, es cierto que su uso está muy extendido entre los investigadores (e.g. Johnes, 2006). Para evaluar la actividad investigadora se ha elegido el número de artículos publicados en revistas científicas indexadas en la ISI Web of Knowledge en 2009. De acuerdo con Kao y Hung (2008) los recuentos de publicaciones reflejan también calidad puesto que se trata de artículos que han sido sometidos a revisión por pares de doble ciego y que han sido publicados en revistas consideradas de calidad por parte de la comunidad científica. Además, se trata del factor más importante en los procesos de acreditación para la evaluación de los méritos investigadores del PDI. En relación a la tercera misión (transferencia de conocimiento), vale la pena señalar que en la mayoría de estudios que han evaluado la eficiencia de las universidades esta misión no está plenamente representada. En esta modelización se ha utilizado el número de spin-offs creadas (Anderson et al., 2007). El uso de esta variable queda justificado por llevar consigo un profundo proceso donde varios agentes dentro de la universidad participan con el objetivo de trasladar al mercado una tecnología o invención con potencial comercial.

Con el objetivo de controlar posibles problemas de endogeneidad, pero también para examinar como varían las relaciones en el tiempo entre los inputs y los outputs se ha seguido los pasos de estudios previos (e.g. Foltz et al., 2012; Lockett y Wright, 2005), donde se utilizan inputs de ejercicios anteriores para evaluar outputs presentes. Es decir, los esfuerzos realizados por las universidades sobre los recursos son observados en períodos siguientes. Así, se ha considerado que los outputs de 2008/09 se producen en base a los inputs de 2006/07.

3.3 2ª etapa: *Influencia del entorno*

Partiendo de la base que España es un país con diferencias regionales significativas en términos de desarrollo económico e inversiones territoriales (públicas y privadas), en una siguiente fase se compara la eficiencia de las universidades atendiendo a la comunidad autónoma donde están ubicadas. En particular, hay cuatro regiones históricamente consideradas como motores económicos del país. Estas comunidades autónomas, Catalunya, Madrid, Navarra y País Vasco no sólo tienen el mayor desarrollo económico y tecnológico, sino que también tienen un tejido industrial altamente desarrollado (Buesa et al, 2002). Según Gómez Uranga et

al. (2009), Catalunya y Madrid son las regiones con mayor masa crítica de empresas, mientras que Navarra y el País Vasco se caracterizan por un territorio con una fuerte tradición industrial y altamente comprometido con el desarrollo de nuevos clústeres industriales.

En base a esta argumentación, se utiliza la prueba del *t-test* para contrastar la hipótesis de si las universidades situadas en dichas comunidades autónomas son más propensas a mostrar mayores niveles de eficiencia dado su distintivo carácter regional.

3.4 3ª etapa: Eficiencia versus productividad

Con el objetivo de examinar la relación entre eficiencia y productividad se ha utilizado la prueba U de Mann-Whitney y el *t-test*. Estas pruebas estadísticas son apropiadas para este tipo de análisis ya que permiten evaluar si la media de dos muestras es significativamente diferente. En el caso de estudio la hipótesis de partida es que las universidades eficientes deberían presentar mayores niveles de productividad que las no eficientes.

En concreto, para medir la productividad se han utilizado tres ratios, uno para cada uno de los outputs considerados en el DEA. En el caso de la misión docente, como no se dispone del dato que relaciona cuantos alumnos de una misma promoción terminan sus estudios en el tiempo establecido que dura cada titulación por cada universidad, se ha optado por utilizar el ratio de abandono durante el curso 2008/09. En el caso de la función de investigación, se ha utilizado el número de artículos publicados en revistas indexadas en la ISI Web of Knowledge en 2009 por PDI activo durante el curso 2006/07, manteniendo el criterio anterior de que desde que empieza una investigación hasta que se publica un artículo hay un intervalo de tiempo que debe tenerse en cuenta (en la mayoría de casos, superior a un año y medio). Finalmente, en cuanto al output de transferencia de conocimiento, se ha optado por aproximar la productividad mediante el número de spin-offs creadas (2009) por cada 100 PDI (2006/07). Una vez más, nos encontramos con que los esfuerzos encaminados al lanzamiento de una nueva empresa empiezan mucho tiempo antes de que la empresa se constituya (Lockett y Wright, 2005).

3.5 4ª etapa: Características estructurales

A pesar de que los resultados del DEA proporcionan información sobre cómo las unidades ineficientes pueden mejorar su proceso de producción y ser más eficientes, la búsqueda de los factores estructurales que condicionan el funcionamiento de las universidades es una tarea compleja. Así, en la literatura nos encontramos con un notable conjunto de estudios basados en dos etapas: primero el DEA y luego una regresión, ya sea utilizando mínimos cuadrados ordinarios (OLS) o regresiones Tobit (e.g. Casu y Thanassoulis, 2006; Groot y

García-Valderrama, 2006). Sin embargo, de acuerdo con Simar y Wilson (2007), dichos procedimientos (OLS, Tobit, etc.) no son estructurales, sino *ad hoc*, por lo que las estimaciones obtenidas no son válidas.

Siguiendo el desarrollo teórico de Simar y Wilson (2007) y su aplicación en el sistema universitario por Wolszczak-Derlacz y Partera (2011), en esta cuarta y última fase se ha utilizado el modelo de regresión truncada censurada a la derecha, para evaluar los factores determinantes de la eficiencia de las universidades públicas presenciales españolas, tomando como variable dependiente los resultados del DEA y como variables explicativas aquellas variables no incluidas en el cálculo del DEA y que representan características estructurales de la universidad, para el año 2009. En concreto se incluyen dos variables dicotómicas para examinar los posibles spillovers derivados de contar con infraestructuras y servicios avanzados orientados a impulsar actividades de investigación y transferencia: en primer lugar la presencia de una incubadora de empresas (Zi-yuan, 2010), y en segundo lugar el hecho de que la universidad esté asentada o cuente con un parque científico (Siegel et al., 2003). Una tercera variable es la diversidad académica, utilizada también por McMillan y Chan (2006) y calculada mediante la inversa del índice de Herfindahl (HHI). A menor valor del índice, mayor será la concentración de titulaciones en una misma área de conocimiento (e.g. universidades politécnicas). Finalmente se incluyen dos variables de control, el tamaño y la antigüedad de la universidad tras una previa conversión logarítmica para garantizar su normalidad. La Tabla 2 presenta los descriptivos.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables seleccionadas en la regresión truncada.

| Variable | Obs. | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|---------------------------------|------|------------|---------------------|--------|---------|
| DEA | 47 | 0,8725 | 0,1641 | 0,452 | 1 |
| Antigüedad (años respecto 2009) | 47 | 1.875,3830 | 220,9353 | 1.218 | 1.998 |
| Tamaño (metros cuadrados) | 47 | 284.804,60 | 173.768,30 | 46.867 | 911.740 |
| Diversidad académica (HHI) | 47 | 3,1671 | 0,8005 | 1,1011 | 4,2368 |
| Parque científico | 47 | 0,6596 | 0,4790 | 0 | 1 |
| Incubadora | 47 | 0,6304 | 0,4880 | 0 | 1 |

Los errores estándar de los coeficientes se han estimado utilizando la técnica del *bootstrap* (2.000 réplicas) con la finalidad de obtener unos errores mucho más robustos en comparación a los obtenidos en caso de estimarlos por el método de máxima verosimilitud.

4 Resultados

Tal y como se detalla en el apartado anterior, en una primera etapa se aplica la metodología DEA sobre toda la muestra de universidades (47) con el objetivo de determinar los distintos niveles de eficiencia. Los resultados se resumen en la Tabla 3, mostrando coherencia

con los obtenidos en estudios previos con variables equiparables (Agasisti y Pérez-Esparrells, 2010; Berbegal-Mirabent et al., 2013; Duch -Brown y Vilalta, 2010), mientras que la Tabla 4 muestra los niveles de eficiencia agregados por comunidades autónomas.

En particular los datos revelan que, de acuerdo con la especificación del modelo, en promedio las universidades son ineficientes en un 12,75%. Esto significa que en promedio, las universidades públicas presenciales españolas podrían aumentar potencialmente sus outputs en un 12,75% empleando los mismos niveles de inputs.

Tabla 3. Resultados del análisis DEA.

| Estadísticos | Resultados |
|-----------------------|-------------------|
| Media | 0,8725 |
| Mediana | 0,9558 |
| Desviación estándar | 0,1641 |
| Mayor ineficiencia | 0,4520 |
| # Unidades eficientes | 21 |
| Total observaciones | 47 |

Tal y como se desprende del análisis de la Tabla 4, todas las comunidades autónomas están representadas por al menos una universidad, siendo las regiones de Andalucía, Catalunya, Madrid y la Comunitat Valenciana donde hay mayor concentración (9, 7, 6 y 5 universidades, respectivamente). En términos de eficiencia regional, los territorios con varias universidades y que presentan mayores niveles de eficiencia son Murcia (las dos universidades eficientes) seguido de Catalunya (eficiencia promedio: 0,9112), si bien es cierto que en este último caso de las 7 universidades, sólo 3 son eficientes (Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona y Universitat Rovira i Virgili), lo que indica que las 4 restantes alcanzan bajos niveles de ineficiencia, a excepción de la Universidad de Lleida (eficiencia: 67,82%).

Dos casos son de especial interés: el de Andalucía (eficiencia media: 89,27%) y el de la comunidad autónoma de Madrid (eficiencia media: 88,47%), altamente influenciados por los niveles de ineficiencia de la Universidad Pablo de Olavide y la Universidad de Alcalá de Henares (40,98% y 44,97% de ineficiencia, respectivamente). De hecho si en el cómputo se omiten estas universidades, los niveles de eficiencia de ambas regiones superan el 93%.

Para contrastar empíricamente la hipótesis de si las universidades situadas en aquellas regiones que tradicionalmente han mostrado un mayor grado de desarrollo económico (Catalunya, Madrid, Navarra y País Vasco) son más propensas a mostrar mayores niveles de eficiencia, en la siguiente etapa se realiza un *t-test*. Los resultados de la prueba señalan que a pesar de que en términos absolutos el nivel de eficiencia promedio de las universidades ubicadas en estas cuatro regiones es superior al del resto (eficiencia promedio del 88,97% y 86,52%, respectivamente) la eficiencia no está condicionada por el territorio (*t-value*: -0.4640).

Este resultado conduce a rechazar la hipótesis de partida, apuntando hacia un sistema universitario más homogéneo donde, según el modelo testado, los outputs de las universidades parecen no estar condicionados por el contexto económico de la región.

Tabla 4. Resultados de eficiencia por regiones.

| Comunidad autónoma | Eficiencia media | Número de universidades | Comunidad autónoma | Eficiencia media | Número de universidades |
|--------------------|------------------|-------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|
| Andalucía | 0.8927 | 9 | Comunidad Valenciana | 0.8228 | 5 |
| Aragón | 0.4626 | 1 | | | |
| Asturias | 0.9291 | 1 | Extremadura | 1.0000 | 1 |
| Illes Balears | 0.8075 | 1 | Galicia | 0.9076 | 3 |
| Islas Canarias | 0.7260 | 2 | Madrid | 0.8847 | 6 |
| Cantabria | 0.6706 | 1 | Murcia | 1.0000 | 2 |
| Castilla-La Mancha | 0.9307 | 1 | Navarra | 0.5967 | 1 |
| Castilla y León | 0.9004 | 4 | País Vasco | 1.0000 | 1 |
| Catalunya | 0.9112 | 7 | La Rioja | 1.0000 | 1 |

En cuanto a la posible relación entre eficiencia y productividad, tal y como se muestra en la Tabla 5, los resultados de la prueba U de Mann-Whitney y el *t-test* corroboran la hipótesis de que efectivamente eficiencia y productividad están relacionadas. Sin embargo, esta afirmación sólo es cierta en el caso de la productividad investigadora.

Tabla 5. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney y de los t-tests.

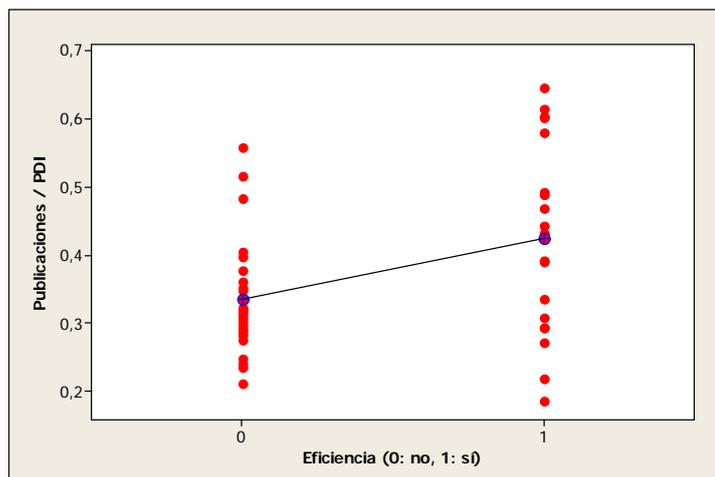
| | Docencia | | Investigación | | Transferencia | |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Tasa de abandono | | Publicaciones/PDI | | Spin-offs/100 PDI | |
| | Ineficientes | Eficientes | Ineficientes | Eficientes | Ineficientes | Eficientes |
| Media (desv. estándar) | 0,1810 (0,0458) | 0,1997 (0,0118) | 0,3353 (0,0163) | 0,4240 (0,0294) | 0,0014 (0,0025) | 0,0016 (0,0005) |
| Prueba U Mann-Whitney | -1,2469 | | -2,3540** | | 0,559 | |
| <i>t-test</i> | -0,8600 | | -2,6358*** | | -0,3357 | |
| Observaciones | 26 | 21 | 26 | 21 | 26 | 21 |

Los errores estándar están ajustados por heterocedasticidad y se presentan entre paréntesis. *, **, *** indican significación 10%, 5%, y 1%, respectivamente.

En concreto los resultados de este análisis exploratorio revelan que una característica fundamental de las universidades eficientes respecto las ineficientes es el nivel de publicaciones en revistas indexadas en la ISI Web of Knowledge por PDI, mientras que la tasa de abandono y la relación de nuevas empresas de base académica por PDI parecen no estar tan directamente relacionados con mayores niveles de eficiencia. Es importante remarcar que, por ejemplo, una universidad puede ser eficiente sin haber creado ninguna spin-off, simplemente porque su función objetivo está más orientada a otras actividades (e.g. docencia) en las que está volcando todos sus recursos. El hecho de que publicaciones por PDI sea estadísticamente significativo implica que esta medida de la productividad investigadora es esencial en la evaluación de la

actividad de las universidades. Tal y como se comentaba en el apartado 3.2 a fecha de hoy publicar en revistas indexadas está adquiriendo, cada vez más, una mayor importancia dentro de la comunidad científica. La Figura 1 representa gráficamente la distribución de los valores individuales de cada universidad para la misión de investigación.

Figura 1. Gráficas de valores individuales según el indicador de investigación.



Una vez analizados los aspectos regionales y la relación entre los parámetros de eficiencia y productividad, únicamente falta por ver qué características estructurales internas condicionan la eficiencia de las universidades. Para ello, en esta última etapa se aplica la regresión truncada, tomando como variable dependiente los valores del DEA obtenidos en la primera fase y como variables independientes aquellas características de la universidad identificadas en la literatura y detalladas en el apartado 3.5. La Tabla 6 recoge los resultados de la regresión.

Tabla 6. Resultados de la regresión truncada.

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Antigüedad | -0.0106 (0.0910) | -0.0142 (0.0943) | -0.0084 (0.0905) | -0.0212 (0.0900) | -0.0277 (0.0927) |
| Tamaño | 0.0297 (0.1357) | 0.0318 (0.1463) | 0.0246 (0.1399) | 0.0254 (0.1263) | 0.0284 (0.1310) |
| Diversidad académica | | 0.0128 (0.0940) | | | 0.0344 (0.0933) |
| Parque científico | | | 0.0246 (0.1280) | | 0.0502 (0.1384) |
| Incubadora | | | | -0.1155 (0.1306) | -0.1281 (0.1375) |
| Constante | 0.5331 (1.5194) | 0.4817 (1.6840) | 0.5322 (1.5777) | 0.6802 (1.4402) | 0.5328 (1.5245) |
| Sigma | 0.2132*** (0.0511) | 0.2131*** (0.0530) | 0.2129*** (0.0455) | 0.2058*** (0.0423) | 0.2037*** (0.0414) |
| Observaciones | 47 (26 truncadas) |

Los errores estándar están ajustados por heterocedasticidad y se presentan entre paréntesis. *, **, *** indican significación 10%, 5%, y 1%, respectivamente.

Aunque la regresión truncada parece ajustarse bien a los datos, el nivel de significación de las variables consideradas es débil. El bajo poder explicativo del modelo sugiere que esta cuestión debe abordarse mediante otras técnicas. Para intentar entender mejor estos resultados se han correlacionado los tres outputs considerados en el cálculo del DEA (graduados, publicaciones y spin-offs), con las variables independientes del modelo anterior. En la Tabla 7 se muestran las correlaciones y el nivel de significación.

Tabla 7. Matriz de correlaciones entre los outputs y las variables explicativas.

| | Graduados | Publicaciones | Spin-offs |
|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Antigüedad (ln) | 0.7289 (0,0000) | 0.6456 (0,0000) | 0.1676 (0.2603) |
| Tamaño (ln) | 0.7622 (0,0000) | 0.6406 (0,0000) | 0.2265 (0.1257) |
| Diversidad académica | 0.2498 (0,0904) | 0.174 (0,2420) | -0.2375 (0.1080) |
| Parque científico | -0.0131 (0,9304) | 0.1478 (0,3216) | 0.0133 (0.9291) |
| Incubadora | 0.1482 (0,3255) | 0.1798 (0,2318) | -0.0236 (0.8761) |
| Universidad politécnica | -0.0122 (0,9352) | 0.0674 (0,6526) | 0.3255 (0.0256) |

Nivel de significación indicado entre paréntesis.

Como puede observarse, el tamaño y la antigüedad ejercen una fuerte y positiva influencia sobre los outputs de docencia e investigación. En relación a la variable tamaño, el efecto positivo de la correlación sugiere que las universidades con mayor superficie tienen una mayor capacidad de atracción de alumnos, además de alcanzar una mayor producción en los resultados de investigación, en gran parte gracias a la facilidad para acceder a recursos de investigación, lo que les permite crear economías de escala que facilitan no sólo la investigación sino también su posterior difusión.

En el caso de la variable edad, los resultados avalan la hipótesis de que las universidades que llevan más años funcionando han sido capaces de implementar políticas, sistema de gestión y servicios que actúan como catalizadores para la consecución de los objetivos definidos en el plan estratégico de cada universidad. En particular, en la misión docente, este resultado además puede interpretarse como que la antigüedad también captura, aunque de forma indirecta, la presencia de factores no observables como son la reputación o la ubicación de la universidad (Marginson, 2006), con lo que a mayor prestigio más alumnos querrán matricularse y por lo tanto, el total de graduados será mayor (output de docencia). En lo que se refiere a las publicaciones, su explicación puede recaer en la experiencia acumulada que, a lo largo de los años contribuye al establecimiento y consolidación de equipos de investigación competitivos.

Sin embargo en el caso de las spin-offs, observamos que la edad no tiene ningún efecto, dando soporte al argumento de que no sólo la antigüedad es suficiente, sino que en las actividades de transferencia la participación activa por parte del profesorado es indispensable, atributo no implícito en la definición actual de la variable. De ahí la necesidad de futuros estudios capaces de capturar el nivel de compromiso del PDI con la tercera misión así como sus capacidades.

En cuanto a los posibles efectos de una oferta académica muy variada sobre los outputs analizados, los datos de la Tabla 7 muestran que no son estadísticamente significativos. Aun así, en el caso de las spin-offs parece que sí existe algún tipo de influencia (nivel de significación al 10,8%), siendo las universidad con mayor concentración académica (e.g. las politécnicas) las más propensas a crear spin-offs. Con el objetivo de indagar más sobre su nivel de significación, en la última fila de la tabla se incluye la variable dicotómica “universidad politécnica”, que toma el valor de 1 en 4 ocasiones (en las universidades politécnicas de Cartagena, Catalunya, Madrid y Valencia). Los resultados indican que, de acuerdo con estudios anteriores (e.g. O’Shea et al., 2008), hay ciertas disciplinas más propensas a la creación de resultados de investigación que luego pueden trasladarse más fácilmente al mercado, lo que ayuda a explicar las diferencias en el número de spin-offs creadas.

Finalmente, es importante destacar el débil papel desempeñado por los parques científicos y las incubadoras de empresas. Estos dos instrumentos de política industrial y tecnológica se extendieron rápidamente por todo el territorio español a partir de la década de los noventa. Sin embargo, en la Tabla 7 observamos que estas infraestructuras de servicios avanzados que deberían contribuir a incrementar las actividades y resultados de I+D, en términos generales parece que no ejercen de forma eficiente su función sobre los outputs de investigación ni los de transferencia. Esto sugiere que mientras algunos parques responden a la lógica de institucionalizar entornos endógena y de clusterización, hay otros que se crearon expresamente con la finalidad de dotar a la universidad de un entorno más dinámico, respondiendo a un diseño interno dibujado a priori y que ahora se encuentran con dificultades a la hora de ponerlos en funcionamiento (Berbegal et al., 2010).

5 Conclusiones

Las universidades son organizaciones con múltiples objetivos con una clara orientación al mercado. Fruto de la globalización, la competitividad, la masificación en las aulas y el desarrollo de las nuevas tecnologías, en los últimos años las universidades han tenido que enfrentarse a una demanda cada vez más exigente, viéndose obligadas a responder a los nuevos

requerimientos que la sociedad plantea aunque esto conlleve cambios y reestructuraciones constantes.

A esta demanda hay que añadirle una creciente preocupación por la rendición de cuentas, interés que se hace más patente en aquellas universidades donde el origen de los fondos es mayoritariamente público. El resultado ha sido un aumento exponencial del número de estudios que abordan esta temática, tanto desde la vertiente teórica como desde la empírica, buscando aquellos indicadores que permitan cuantificar numéricamente el desempeño de las universidades, ya sea en términos de productividad, eficiencia o calidad.

Llegados a este punto, el objetivo de este artículo ha sido doble. En primer lugar, contextualizar las universidades y sus misiones en base a las nuevas demandas de la sociedad. En segundo lugar, ahondar en la función objetivo de las universidades públicas presenciales españolas mediante el cálculo de un índice de eficiencia y el estudio de las relaciones entre este índice y los factores internos y externos a las universidades.

Tal y como se ha visto en la revisión de la literatura nos encontramos que difícilmente se puede conseguir una propuesta consensuada para evaluar las actividades que llevan a cabo las universidades. Las dificultades recaen principalmente en las sutilezas de la definición e interpretación de conceptos como calidad y eficiencia, altamente influenciadas por las condiciones del contexto social, cultural, político y económico de cada región. Sin embargo, existe una necesidad imperante de disponer de instrumentos que permitan la comparación entre instituciones dada la realidad del actual sistema educativo, caracterizado por ser cada vez más complejo, competitivo e internacional.

Los resultados del análisis empírico revelan que las universidades públicas presenciales españolas son, en promedio, ineficientes en un 12,75%, con un total de 21 universidades eficientes que actúan como pares de las 26 ineficientes. Del análisis de la posible influencia de las características regionales (ubicación geográfica) sobre el índice de eficiencia, se ha observado que a priori, parece que no existe una relación significativa, indicando que los objetivos de las universidades públicas no están condicionados por el contexto económico de la región. En la tercera etapa se ha evaluado la relación existente entre productividad y eficiencia. Si bien ambos conceptos parecen converger en términos del output de investigación, la misión docente y la de transferencia siguen otro patrón. Ya por último, el análisis interno revela que las variables de control edad y tamaño son importantes a la hora de explicar la actividad de las universidades españolas. Además, se ha validado la hipótesis de que las universidades politécnicas (con una mayor concentración académica en el ámbito tecnológico y de desarrollo y diseño de producto), a diferencia de las generalistas, son más propensas a crear más spin-offs.

Probablemente la principal limitación del estudio recae en la simplificación de las misiones de la universidad a la hora de modelar su función objetivo. Con la intención de conseguir un modelo lo más robusto posible, debido al pequeño tamaño de la muestra (aunque considere toda la población) y a las restricciones en el número y tipo de variables, los resultados presentados son sólo una primera aproximación a la problemática abordada. No obstante, se espera que este estudio haya abierto nuevas vías de investigación que permitan ahondar en cómo las universidades públicas españolas, desde una perspectiva multidimensional, están alineando su función objetivo en relación a los recursos disponibles y su relación con el entorno regional.

Referencias

- Abbott, M. y Doucouliagos, C. (2003). "The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis", *Economics of Education Review*, Vol. 22, No. 1, pp. 89-97.
- Agasisti, T. y Pérez-Esparrells, C. (2010). "Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish state universities", *Higher Education*, Vol. 59, No. 1, pp. 85-103.
- Anderson, T.R., Daim, T.U. y Lavoie, F.F. (2007). "Measuring the efficiency of university technology transfer", *Technovation*, Vol. 27, No. 5, pp. 306-318.
- Berbegal, J., Martín, M.E. y Solé, F. (2010). Los parques universitarios: Gestión del conocimiento, espíritu innovador y dinamización del entorno local. El caso del Parc de Recerca i Innovació de la UPC. *4rd International Conference on Industrial Engineering and Management*, Universidad del País Vasco. ISBN 978-84-95809-79-7, pp. 1977-1987.
- Berbegal-Mirabent, J. y Solé, F. (2012). "What are we measuring when evaluating universities' efficiency?", *Regional and Sectoral Economic Studies*, Vol. 12, No. 3, pp. 32-46.
- Berbegal-Mirabent, J., Lafuente, E. y Solé, F. (2013). "The pursuit of knowledge transfer activities: an efficiency analysis of Spanish universities", *Journal of Business Research*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.02.031>
- Bonaccorsi, A. y Daraio, C. (2005). "Exploring size and agglomeration effects on public research productivity", *Scientometrics*, Vol. 63, No. 1, pp. 87-120.
- Buesa, M., Heijs, J., Pellitero, M.M. y Baumert, T. (2006). "Regional systems of innovation and the knowledge production function: the Spanish case", *Technovation*, Vol. 26, No. 4, pp. 463-472.
- Buzzigoli, L., Giusti, A. y Viviani, A. (2010). "The evaluation of university departments. A case study for Firenze", *International Advanced Economic Research*, Vol. 16, No. 1, pp. 24-38.
- Casu, B. y Thanassoulis, E. (2006). "Evaluating cost efficiency in central administrative services in UK universities", *Omega*, Vol. 34, No. 5, pp. 417-426.

- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444.
- Chatterton, P. y Goddard, J. (2000). "The Response of Higher Education Institutions to Regional Needs", *European Journal of Education*, Vol. 35, No. 4, pp. 475-496.
- Cooke, P. (2002). *Knowledge Economies: Clusters, Learning and Cooperative Advantage*. London & New York: Routledge.
- Duch-Brown, N. y Vilalta, M. (2010). "Can better governance increase university efficiency?", *Document de treball 2010/52*, Institut d'Economia de Barcelona.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (Eds). (1997). *Universities in the Global Economy: A Triple Helix of University Industry Government Relations*. London: Cassell Academic.
- Farrell, M.J. (1957). "The measurement of productive efficiency", *Journal of Royal Statistical Society (A, general)*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-281.
- Feldman, M. y Desrochers, P. (2003). "Research Universities and Local Economic Development: Lessons from the History of the Johns Hopkins University", *Industry and Innovation*, Vol. 10, No. 1, pp. 5-24.
- Florida, R. (1995). "Toward the learning region", *Futures*, Vol. 27, No. 5, pp. 527-536.
- Foltz, J.D., Barham, B.L., Chavas, J-P. y Kim, K. (2012). "Efficiency and technological change at US research universities", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 37, No. 2, pp. 171-186
- Freeman, C. (1987). *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Gibbons M., Limoges C., Nowotny, H., Schwartzman S., Scott P. y Trow M. (1994). *The New Production of Knowledge*. London: Sage.
- Gómez Uranga, M., Zabala Iturriagoitia, J.M. y Fernández de Lucio, I. (2009). "Panorámica de la innovación en España a través de la evolución de indicadores regionales", *Economía Industrial*, Vol. 368, pp. 125-139.
- Groot, T. y García-Valderrama, T. (2006). "Research quality and efficiency. An analysis of assessments and management issues in Dutch economics and business research programs", *Research Policy*, Vol. 35, No. 9, pp. 1362-1376.
- Holland, B.A. (2001). "Toward a Definition and Characterization of the Engaged University", *Metropolitan Universities*, Vol. 2, No. 3, pp. 20-29.
- Johnes, J. (2006). "Measuring teaching efficiency in higher education: An application of data envelopment analysis to economics graduates from UK Universities 1993", *European Journal of Operational Research*, Vol. 174, No. 1, pp. 443-456.
- Kao, C. y Hung, H.T. (2008). "Efficiency analysis of university departments: An empirical study", *Omega*, Vol. 36, No. 4, pp. 653-664.

- Kumbhakar, S. y Lovell, K. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*. New York: Cambridge University Press.
- Lee, H.Y. y Park, Y.T. (2005). "An international comparison of R&D efficiency: DEA approach", *Asian Journal of Technology Innovation*, Vol. 13, No. 2, pp. 207-222.
- Lockett, A. y Wright, M. (2005). "Resources, capabilities, risk capital and the creation of university spin-out companies", *Research Policy*, Vol. 34, No. 7, pp. 1043-1057.
- Marginson, S. (2006). "Dynamics of national and global competition in higher education", *Higher Education*, Vol. 52, No. 1, pp. 1-39.
- Marginson, S. & van der Wende, M. (2007). "To rank or to be ranked: The impact of global rankings in higher education", *Journal of Studies in International Education*, Vol. 11, No. 3/4, pp. 306-329.
- McMillan, M.L. y Chan, W.C. (2006). "University efficiency: A comparison and consolidation of results from stochastic and non-stochastic methods", *Education Economics*, Vol. 14, No. 1, pp. 1-30.
- Montesinos, P., Carot, J.M., Martinez, J.M. y Mora, F. (2008). "Third mission ranking for World Class Universities: Beyond teaching and research", *Higher Education in Europe*, Vol. 33, No. 2, pp. 259-271.
- O'Shea, R.P., Chugh, H. y Allen, T.J. (2008). "Determinants and consequences of university spinoff activity: A conceptual framework", *Journal of Technology Transfer*, Vol. 33, No. 6, pp. 653-666.
- Ray, S.C. (2004). *Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. New York: Cambridge University Press.
- Shattock, M. (2009). "Research, technology, and knowledge transfer". En: M. Shattock (Ed.), *Entrepreneurialism in universities and the knowledge economy*. Maidenhead: Society for Research into Higher Education and Open University Press, pp. 33-48.
- Siegel, D., Westhead, P. y Wright, M. (2003). "Assessing the impact of university science parks on research productivity: Exploratory firm level evidence from the UK", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 21, No. 9, pp. 1357-1369.
- Simar, L. y Wilson, P.W. (2007). "Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes", *Journal of Econometrics*, Vol. 136, No. 1, pp. 31-64.
- Solé-Parellada, F., Coll-Bertrán, J. y Navarro-Hernández, T. (2001), "University Design and Development", *Higher Education in Europe*, Vol. 26, No. 3, pp. 341-350.
- Temple, P. y Shattock, M. (2007). "What does 'branding' mean in higher education?". En: B. Stensaker y V. D'Andrea (Eds), *Branding in Higher Education: an emerging phenomenon*. Amsterdam: EAIR, pp. 73-87.

- Thursby, J.G. y Thursby, M.C. (2002). "Who is selling the Ivory Tower? Sources of growth in university licensing", *Management Science*, Vol. 48, No. 1, pp. 90-104.
- Tzermes, N. y Halkos, G. (2010). "A DEA approach for measuring university departments' efficiency", *Paper No. 24029*, Munich Personal RePEc Archive.
- Van Vught, F. (2009). "The EU innovation agenda: Challenges for European higher education and Research", *Higher Education Management and Policy*, Vol. 21, No. 2, pp. 1-22.
- Veugelers, R. y Cassiman, B. (2005). "R&D cooperation between firms and universities. Some empirical evidence from Belgian manufacturing", *International Journal of Industrial Organisation*, Vol. 23, No. 5/6, pp. 355-379.
- Vorley, T. y Nelles, J. (2008). "(Re)Conceptualising the academy: Institutional development of and beyond the third mission", *Higher Education Management and Policy*, Vol. 20, No. 3, pp. 1-17.
- Wolszczak-Derlacz, J. y Partera, A. (2011). "Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach", *Scientometrics*, Vol. 89, No. 3, pp. 887-917.
- Zi-yuan, X. (2010). Econometric analysis on factors influencing innovation efficiency of state-level hi-tech development zones in China. *Proceedings of the International Conference on Management Science and Engineering (ICMSE)*, Melbourne, November 24-26, pp. 1483-1489.