

Eficiencia en la educación superior. Estudio empírico en universidades públicas de Colombia y España

Zoraida Ramírez-Gutiérrez ¹
 Mercedes Barrachina-Palanca ²
 Vicente Ripoll-Feliu ²

¹ Universidad del Cauca / Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Cauca – Colombia

² Universidad de Valencia / Facultad de Economía, Valencia – España

En las últimas décadas, las universidades de Iberoamérica han introducido nuevos esquemas de evaluación de calidad y rendición de cuentas, inspirados en el modelo de la nueva gestión pública (NGP). En este contexto, la eficiencia en el reparto de los fondos públicos y la obtención del máximo rendimiento posible son una prioridad. Así, medir la eficiencia en el sector público, y específicamente en la educación superior, se ha convertido en un desafío para la ciencia contable. El objetivo de este trabajo es una propuesta para el cálculo de índices de eficiencia con modelos de análisis envolvente de datos (DEA), introduciendo un paso previo a través del análisis de correlación canónica (ACC). A través de esta técnica se pretende mejorar la capacidad de discriminación y superar la monodimensionalidad y falta de confiabilidad en la representatividad de las variables input y output elegidas. El estudio se aplicó en las universidades públicas de Colombia y España durante los años 2015 y 2016. Los resultados obtenidos demuestran la conveniencia de aplicar este paso preliminar en el análisis multivariante. Con ello, se refuerza la necesidad de explorar metodologías más rigurosas en etapas previas y posteriores al cálculo de los índices de eficiencia, que permitan generar confianza, a efectos de ser utilizados en la formulación de políticas y gestión de recursos para el sector.

Palabras clave: educación superior; análisis de correlación canónica; análisis envolvente de datos (DEA); eficiencia; productividad; calidad educativa; rankings universitarios.

Eficiência no ensino superior. Estudo empírico em universidades públicas da Colômbia e Espanha

Nas últimas décadas, as universidades iberoamericanas introduziram novos esquemas de avaliação e prestação de contas, inspirados no modelo da Nova Gestão Pública (NGP). Nesse contexto, a eficiência na distribuição de recursos públicos e a obtenção do máximo retorno possível são uma prioridade. Assim, medir a eficiência no setor público, e especificamente no ensino superior, tornou-se um desafio para a ciência contábil. O objetivo deste trabalho é uma proposta para o cálculo de índices de eficiência com os modelos DEA (Data Envelopment Analysis), introduzindo uma etapa anterior da Análise de Correlação Canônica (ACC). O objetivo dessa técnica é melhorar a capacidade de discriminação e superar a monodimensionalidade e a falta de confiabilidade no quanto representativas são as variáveis de entrada e saída escolhidas. O estudo é aplicado nas universidades públicas da Colômbia e Espanha durante os anos de 2015 e 2016. Os resultados obtidos demonstram a conveniência de aplicar esta etapa preliminar na análise multivariada. Isso reforça a necessidade de explorar metodologias mais rigorosas nas etapas antes e depois do cálculo dos índices de eficiência, os quais gerarão confiança, para serem utilizados na formulação de políticas e gestão de recursos para o setor.

Palavras-chave: ensino superior; análise de correlação canônica; análise de envelope de dados DEA; eficiência; produtividade; qualidade educacional; ranking universitário.

Efficiency in higher education. Empirical study in public universities of Colombia and Spain

In recent decades, Iberoamerican universities have introduced new quality assessment and accountability schemes, inspired by the New Public Management (NGP) model. In this context, efficiency in the distribution of public funds and obtaining the maximum possible return are a priority. Thus, measuring efficiency in the public sector, and specifically in higher education, has become a challenge for accounting science. The objective of this work is a proposal to calculate efficiency indices with Data Envelopment Analysis (DEA) models, introducing a previous step through the Analysis of Canonical Correlation (ACC). Using this technique, the aim is to improve discrimination capacity and overcome monodimensionality and lack of reliability in the representativeness of the chosen input and output variables. The study is applied in the public universities of Colombia and Spain during the years 2015 and 2016. The results obtained demonstrate the convenience of applying this preliminary step in the multivariate analysis. This reinforces the need to explore more rigorous methodologies in stages before and after the calculation of the efficiency indices. This practice increases confidence when using the indices to formulate policies and manage resources for the sector.

Keywords: higher education; canonical correlation analysis; data envelopment analysis DEA; efficiency; university rankings.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220190232>

Artículo recibido en 29 de junio de 2019 y aprobado en 29 de abril de 2020.

ISSN: 1982-3134 

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la sociedad ha ido exigiendo cada vez más un aumento de la transparencia y rendición de cuentas de las organizaciones públicas. En respuesta a ello, y con el objetivo de mejorar la calidad y asegurar una utilización eficiente de los recursos públicos (C. R. M. Silva & Crisóstomo, 2019), los Estados de la mayoría de los países han introducido, en sus instituciones, nuevos modelos de gestión, inspirados en los principios de la Nueva Gestión Pública (NGP) (Andrews, Beynon, & McDermott, 2019; Broucker, De Wit, & Verhoeven, 2018; Lane, 2002), importando técnicas gerenciales desde el ámbito privado.

Dentro de este nuevo paradigma, las instituciones públicas de educación superior se han visto presionadas a mejorar su desempeño. Así, numerosos gobiernos han puesto en marcha nuevas regulaciones que tratan de profesionalizar las universidades en busca de la excelencia. Este enfoque de mercado ha fomentado el interés por analizar y comparar los resultados entre las diferentes instituciones universitarias, con especial intensidad en el ámbito de la investigación (Mateos-González & Boliver, 2019).

Sin embargo, el incremento de la calidad en las instituciones universitarias no debería vincularse únicamente a su eficacia, es decir, al logro de sus objetivos en volumen de publicaciones, número de citas o número de egresados (De-Juanas Oliva & Beltrán Llera, 2013; Giménez-Toledo & Tejada-Artigas, 2015), independientemente del coste o esfuerzo necesario para ello. Es importante considerar también la eficiencia, es decir, la relación entre los recursos que se aplican y el producto que se obtiene, algo que resulta indiscutible en un contexto de restricción extrema de recursos (Gómez-Sancho & Mancebón-Torrubia, 2005; Mateos-González & Boliver, 2019).

En el sector público, los conceptos de calidad y eficiencia deberían ser indisociables. Tal y como expresan Gómez-Sancho & Mancebón-Torrubia (2005), resulta difícil pensar que una universidad de calidad sea ineficiente. La calidad debería asociarse también con la optimización en el consumo de recursos, mejorando así los servicios prestados a la población y contribuyendo al desarrollo socioeconómico (Debnath & Shankar, 2014; Tiana Ferrer, 2018).

En este contexto, este trabajo pretende calcular los índices de eficiencia con modelos de Análisis Envoltante de Datos (DEA) aplicando un cálculo preliminar a través del Análisis de Correlación Canónica (ACC). El interés principal se centra en las cuestiones metodológicas multivariantes, conducentes a superar la monodimensionalidad y falta de confiabilidad en la representatividad de las variables *input* y *output* elegidas, a fin de mejorar la capacidad de discriminación en el análisis de eficiencia. El estudio se aplica en las universidades públicas de Colombia y España, durante los años 2015 y 2016.

La aportación fundamental, no es tanto los resultados numéricos obtenidos (índices de eficiencia) de cada una de las universidades evaluadas, sino la discusión de diversos aspectos metodológicos surgidos en el proceso de evaluación: formulación, delimitación, significancia y representatividad de los *outputs* e *inputs* propios de las universidades públicas, la selección de la técnica, el modelo de evaluación y la elección de las unidades de análisis.

Los resultados obtenidos demuestran que es conveniente utilizar el ACC, como etapa preliminar en el análisis multivariante, para dar confiabilidad y representatividad a las variables utilizadas en los cálculos de eficiencia en el sector de educación superior público. Las universidades colombianas obtienen índices medios de eficiencia altos (0.7107 y 0.7911) en 2015 y 2016, así como mayores índices

de ineficiencia (0.2280 y 0.3792), mostrando una alta dispersión en los datos de entrada y salida utilizados en el cálculo. Las universidades españolas muestran un índice de eficiencia media (0.6537 y 0.5865) y de dispersión más bajos. En Colombia se muestran 11 de 32 universidades totalmente eficientes y en España 6 de 48, demostrando que el proceso de refinamiento de los datos y la elección de métodos apropiados favorece la confiabilidad en los resultados finales, y por tanto la utilidad que se desprende de ellos.

Este trabajo se subdivide en 4 apartados: en el primero, se realiza una revisión de la literatura en el tema de gestión pública y eficiencia en educación superior; en el segundo, se describe la metodología aplicada ACC y DEA y, las variables y unidades de análisis involucradas en el estudio; en el tercero, se describen y analizan los resultados empíricos obtenidos y; finalmente, en el cuarto, se plantea la discusión y conclusiones.

2. NUEVA GESTIÓN PÚBLICA Y EFICIENCIA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

La NGP surgió a finales del siglo XX ante la necesidad de usar los recursos públicos con la máxima eficiencia, lograr satisfacer las demandas de los ciudadanos, aprovechar las oportunidades de un mundo globalizado y competitivo y, para alcanzar sociedades más acordes con los deseos colectivos (Frey & Jegen, 2001; Agasisti & Haelermans, 2016).

Así, la NGP apunta a crear una administración más eficiente y efectiva, que ejecute sus actividades en áreas donde no se halle un proveedor mejor, eliminando burocracia, adoptando procesos más racionales y con mayor autonomía administrativa (García Sánchez, 2007).

En este contexto, medir la eficiencia en el sector público, y en concreto en el de educación superior, se convierte en un desafío para la ciencia contable (A. F. Silva, J. D. G. Silva, M. C. Silva & 2017). Pero, medir la eficiencia de las universidades no es algo trivial, de hecho, uno de los principales problemas es medirla de manera fácil y realista (Moreno-Enguix, Lorente-Bayona, & Gras-Gil, 2019).

La eficiencia ha sido un tema ampliamente abordado en el contexto de organizaciones privadas y con fines de lucro, y generalmente implica hacer las cosas bien, es decir, garantizar la distribución adecuada de los medios empleados en relación con los fines obtenidos (Álvarez, 2001). En el sector público, la eficiencia consiste en optimizar el uso de los recursos, obteniendo el máximo de bienes y servicios tanto en términos cuantitativos como cualitativos (Hauner & Kyobe, 2010; Mukokoma & Dijk, 2013; Peña, 2008; A. F. Silva et al., 2017; Soto Mejía & Arenas Valencia, 2010).

Para evaluar la eficiencia de una organización es necesario establecer una función de producción que refleje el proceso productivo mediante el cual las entidades objeto de valoración realizan la transformación de unos *inputs* en unos *outputs* (Johnes, 2006; Kuah & Wong, 2013; A. F. Silva et al., 2017). Para construir una función de producción de las universidades hay que tener en cuenta las actividades que habitualmente se les atribuyen (Moncayo-Martínez, Ramírez-Nafarrate, & Hernández-Balderrama, 2020). La realidad productiva de las universidades conlleva la realización simultánea de varias actividades de distinta naturaleza (actividades vinculadas a la creación del conocimiento – actividades de investigación – y su difusión – mediante actividades docentes, de transferencia y de extensión – así como, otras actividades que desarrollan como agentes sociales), las cuales comparten la mayoría de los recursos (profesorado, personal de administración y servicios, instalaciones, equipos, suministros, etc.).

Como cualquier otra organización pública, a las universidades les es difícil asignar valores monetarios a las entradas (*inputs*) y salidas (*outputs*) de su proceso productivo; ya que además de

producir múltiples salidas (por ejemplo, los graduados y las publicaciones) utilizan múltiples entradas (por ejemplo, conferenciantes e instalaciones) (Kuah & Wong, 2013).

Numerosos estudios han tratado de facilitar el cálculo de la eficiencia, en el sector de la educación superior, desde varias perspectivas (Abbott & Doucouliagos, 2003; Avkiran, 2001; Bougnol & Dulá, 2006; Cloete & Moja, 2005; Fandel, 2007; Johnes, 2006; Johnes & Li, 2008; Moncayo-Martínez et al., 2020; Shi & Wang, 2004). En el contexto iberoamericano, y en concreto en Colombia y en España, en el que también se ha experimentado transformaciones importantes en la gestión pública de sus universidades (Brunner & Miranda, 2016), aparecen estudios donde se aborda la medición de la eficiencia en el sector de la educación superior (García & González, 2011; González, Ramoni, & Orlandoni, 2017; Maza Ávila, Quesada-Ibargüen, & Vergara-Schmalbach, 2013; Maza Ávila, Vergara Schmalbach, & Román Romero, 2017; Melo-Becerra, Ramos-Forero, & Hernández-Santamarí, 2014), en un intento de calificar y clasificar a las instituciones, ya sea como una forma de informar a los ciudadanos, al gobierno, o de divulgar la capacidad de gestión, impacto, cobertura o misión social de estas.

Es de destacar que, en muchos de estos trabajos se presta más atención a la relación entre las entradas y salidas de las instituciones, que, a su rendimiento general, ya que se compara a las universidades con las unidades que presentan mejores prácticas, sobre la base de su capacidad para maximizar las salidas dadas unas entradas disponibles (Johnes, 2006). Este trabajo pretende tener una mirada integral, tanto de los inputs y outputs utilizados, que deben ser relevantes y significativos, como del proceso mediante métodos y/o metodologías adecuadas, y de los resultados que al final califican y clasifican a las instituciones, para proponer alternativas de mejoramiento y plantear políticas de gestión individual y del sector.

4. METODOLOGÍA Y DATOS

4.1 Análisis de Correlación Canónico (ACC)

Una etapa previa a la aplicación de modelos DEA en el análisis de eficiencia, consiste en seleccionar las variables que sean más representativas. Este paso es muy importante ya que las variables que se utilicen tienen un impacto directo en la puntuación final obtenida. La elección de estas variables busca obtener una buena discriminación entre unidades eficientes e ineficientes, y una frontera que se ajuste lo mejor posible a los datos observados.

A pesar de su trascendencia, son pocos los estudios que proponen métodos preliminares para construir las variables que mejor representen al conjunto de *inputs* y *outputs* utilizados en el análisis de eficiencia (Azor Hernandez, Sánchez Garcia, & DelaCerde Gastélum, 2018; Friedman & Sinuany-Stern, 1997; Moreno Sáez & Trillo del Pozo, 2001; Sabando Vélez, & Cruz Arteaga, 2019).

Con el fin de optimizar este proceso, y como etapa previa a la aplicación del DEA, en este trabajo se propone aplicar la técnica del ACC para analizar la significancia y representatividad de las variables elegidas (*inputs-outputs*) para el cálculo de los índices de eficiencia.

El ACC es un tipo de análisis estadístico lineal de múltiples variables (Hotelling, 1935) utilizado para identificar, medir y analizar las asociaciones entre dos conjuntos de variables. Mientras que la regresión múltiple predice una única variable dependiente a partir de un conjunto de variables

independientes, el ACC facilita el estudio de las interrelaciones entre múltiples variables criterio (dependientes) y múltiples variables predictoras (independientes) (Badii & Castillo, 2007; Soto Mejía, Vásquez Artunduaga, & Villegas Flórez, 2009; Soto Mejía & Arenas Valencia, 2010). La expresión matemática del ACC es:

$$Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_n = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \quad (1)$$

El ACC es una herramienta valiosa en las investigaciones de factores humanos que tienen: Una clara distinción entre variables independientes y dependientes, múltiples variables dependientes y, el potencial para relaciones multidimensionales entre estos dos grupos de variables.

4.2 Datos y Variables

Según Gómez-Sancho y Mancebón-Torrubia (2005) hasta la fecha, la especificación de una función de producción generalmente aceptada en el sector de la educación superior no ha sido posible.

Los insumos (*inputs*) suelen ser *proxys* de los factores trabajo y capital. Y mientras que, en el factor trabajo parece existir un acuerdo en utilizar el número de profesores a tiempo completo equivalente (Chang, Chung, & Hsu, 2012; Johnes, 2006; Laureti, Secondi, & Biggeri, 2014; Rhodes & Southwick, 1993; Sarafoglou & Haynes, 1996; Sav, 2012), en el caso del capital las aproximaciones son lo suficientemente distintas (infraestructura, tecnología, gastos de funcionamiento, entre otros) para continuar siendo un tema abierto a discusión.

Las salidas (*outputs*) en todos los casos se relacionan con los resultados de las dos actividades principales de las universidades: la docencia y la investigación (Pérez-Esparrels & Gómez-Sancho, 2011), medidas, por ejemplo, por el volumen de graduados (Athanasopoulos & Shale, 1997; Avrikan, 2001; Laureti et al., 2014; Rhodes & Southwick, 1993) y la cantidad de publicaciones (Chang et al., 2012; García-Aracil, 2013; Kao & Hung, 2008; Munoz, 2016; Kuah & Wong, 2013) respectivamente.

La conclusión es que no existe un estándar definitivo para guiar la selección de entradas y salidas en la evaluación de la eficiencia universitaria (Kuah & Wong, 2013). Según Buitrago-Suescún et al. (2017), en la literatura se han utilizado alrededor de 254 entradas y 230 salidas para medir la eficiencia de la educación a nivel mundial.

En este trabajo, y a partir del análisis bibliométrico y sistémico en Ramírez-Gutiérrez, Barrachina-Palanca y Ripoll-Feliu (2019) de la literatura existente dentro del área de la eficiencia en la Educación Superior, se han seleccionado aquellas variables (ver Tabla 1) que más incidencia tuvieron en los estudios previos y que además estuvieran disponibles en las bases de datos (SNIES - Sistema Nacional de Información para la Educación Superior de Colombia y SIIU - Sistema Integrado de información universitaria de España) de los países seleccionados para el análisis. Los períodos de estudio son los años 2015 y 2016.

Para la formulación de las funciones canónicas se tiene en cuenta el menor número de variables, es decir 5 para Colombia y 3 para España (ver Tabla 1), ya que el número de posibles variantes aleatorias canónicas (dimensiones canónicas) es igual al número de variables en el conjunto más pequeño (Badii & Castillo, 2007).

TABLA 1 VARIABLES DE ENTRADA Y DE SALIDA PARA MEDICIÓN DE EFICIENCIA EN LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS DE COLOMBIA Y ESPAÑA

COLOMBIA		ESPAÑA	
VARIABLES DE ENTRADA (Independientes) (Predictoras) (Explicativas)	VARIABLES DE SALIDA (Dependientes) (Criterio) (Explicadas)	VARIABLES DE ENTRADA (Independientes) (Predictoras) (Explicativas)	VARIABLES DE SALIDA (Dependientes) (Criterio) (Explicadas)
PROF_TCE: Profesores Tiempo Completo Equivalente.	GRAD_PREG: Graduados de pregrado	PROF_TCE: Personal docente e investigador, de Tiempo Completo Equivalente.	GRAD_PREG: Graduados de grado
ICAL_PDI: Índice de calidad del personal docente e investigador	GRAD_POST: Graduados de postgrado	ICAL_PDI: Porcentaje de pdi doctor	GRAD_POST: Graduados de Máster
NUM_ADM: Administrativos en tiempo completo equivalente	GRUP_INV: Grupos de Investigación	NUM_ADM: Personal de administración y servicios PAS	PUB_WOS: Publicaciones en Scopus y Web of Science
M2_USO_MISIONAL: Espacio de uso misional en m2	REV_INDEX: Revistas Indexadas	TRANSF_EST: Total transferencias del Estado	
TRANSFER_NACION: Recursos transferidos por el Estado en COP	TOTAL_PUB_SCOPUS: Número total acumulado de Publicaciones en Scopus		
TOTAL: 10 Variables (5 inputs - 5 outputs)		TOTAL: 7 Variables (4 inputs - 3 outputs)	
VARIABLES DE ENTRADA (INPUTS)		VARIABLES DE SALIDA (OUTPUTS)	
Nombre de la variable	Descripción	Nombre de la variable	Descripción
Profesores Tiempo Completo Equivalente PROF_TCE	Se realiza la conversión de tiempos de dedicación de los profesores a las universidades. Hora cátedra equivalente a 0,25 TCE, medio tiempo equivalente a 0,5 TCE y los de tiempo completo 1TCE.	Graduados de pregrado GRAD_PREG	Total estudiantes egresados de los programas de grado universitario durante cada año académico.

Continua

COLOMBIA		ESPAÑA	
VARIABLES DE ENTRADA (INPUTS)		VARIABLES DE SALIDA (OUTPUTS)	
Nombre de la variable	Descripción	Nombre de la variable	Descripción
Índice de calidad del personal docente e investigador ICAL_PDI	Se realiza este indicador teniendo en cuenta el nivel de formación de los profesores. Se calcula una tasa = $(\text{graduados} * 5 + \text{especialistas} * 6 + \text{magister} * 8 + \text{doctores} * 10) / \text{TotalTCE}$. En el sistema de información universitario español ya se encuentra establecido dicho porcentaje o tasa, pero únicamente profesores con formación doctoral.	Graduados de postgrado GRAD_POST	Total estudiantes egresados de los programas de postgrado (especializaciones, maestrías y doctorados) durante cada año académico.
Personal administrativo en TCE NUM_ADM	La información está contenida en los sistemas de información, y es reportada por las Oficinas de Planeación. Es el número de personas dedicadas a las funciones administrativas de las universidades.	Grupos de Investigación GRUP_INV	Total Grupos de Investigación categorizados por Colciencias en Colombia, por universidad. Se encuentra una relación directa entre la productividad en términos investigativos y el número de grupos de investigación categorizados. Esta variable no se utiliza para las universidades españolas, ya que no opera el mismo sentido descrito anteriormente.
Espacio de uso misional en m2 M2_USO_MISIONAL	Se considera un recurso importante, y una proxy de capital (capacidad instalada) para las universidades. Se debe reportar desde las oficinas de Planeación al Ministerio de Educación Nacional. Muchos estudios en Colombia lo utilizan como insumo o input (García & Gonzalez, 2011; Maza Avila, Vergara Schmalbach, & Roman Romero, 2017; Melo, Ramos, & Hernandez, 2014; Ramos, Moreno, Almanza, Picon & Rodríguez, 2015; Rodríguez Murillo, 2014) Esta variable sólo es posible obtenerla en la base de datos SNIES del Ministerio de Educación de Colombia. Para las universidades españolas no se cuenta con esta variable.	Revistas Indexadas REV_INDEX	Total Revistas Indexadas por universidad en Colombia. Se encuentra una relación directa entre la productividad en términos investigativos y el número de revistas indexadas, ya que en Colombia las revistas se encuentran adscritas a las instituciones universitarias. Para las universidades españolas esta variable no se utiliza, ya que en su mayoría las revistas se encuentran adscritas a entidades de otra naturaleza.
Recursos transferidos por el Estado en COP TRANSFER_NACION	Es el valor monetario de las transferencias de la nación a cada una de las universidades públicas. También conocidos como transferencias corrientes o transferencias de las comunidades autónomas.	Número total de publicaciones acumuladas en Scopus NUM_PUB_SCOPUS	Total publicaciones en la base de datos Scopus. Sólo opera para las universidades colombianas, ya que es la base de datos que consolida para su gran mayoría la producción en términos de artículos investigativos.

Fuente: Elaborada por los autores.

4.3 Análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis DEA)

Este modelo desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), es un procedimiento no paramétrico y determinístico de evaluación de la eficiencia relativa de un conjunto de unidades productivas homogéneas. Utilizando las cantidades de inputs consumidas y outputs producidas por cada unidad, y mediante técnicas de programación lineal, el DEA construye, a partir de la mejor práctica observada, la frontera eficiente de producción con respecto a la cual se evalúa la eficiencia de cada unidad (Salinas-Jiménez & Smith, 1996).

Las bases conceptuales del DEA fueron sentadas por Farrel (1957) quien definió la eficiencia técnica (relativa) como la capacidad de alcanzar ciertas metas mediante la combinación deseable de ciertos insumos y productos (Ramos Ruiz, Moreno Cuello, Almanza Ramírez, Picón Viana, & Rodríguez Albor, 2015)

El DEA siguiendo a Farrel (1957) calcula la eficiencia a partir de la siguiente ecuación:

$$h_{j_0} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \quad (2)$$

Donde:

- $r = 1 \dots s$ Subíndice que identifica un producto (output)
- $j = 1 \dots n$ Subíndice que identifica las diferentes unidades de decisión DMU's
- $i = 1 \dots m$ Subíndice que identifica el insumo (input)
- j_0 Subíndice que indica la unidad de decisión DMU a la que se le está calculando la eficiencia.
- h_{j_0} Eficiencia de la unidad de decisión DMU que se está calculando
- u_r Peso ponderado que tiene el producto y_r , para la DMU j_0 , que se está calculando.
- v_i Peso ponderado que tiene el insumo x_i , en la DMU j_0 , que está siendo calculada.

Las ponderaciones obtenidas (U_r y V_i), representan los valores atribuidos a cada insumo (*input*) y producto (*output*) que proporcionan el mayor índice de eficiencia posible a cada unidad de decisión DMU (*Decision Making Units*). Además, se debe cumplir con la restricción de que esta combinación de ponderaciones al aplicarlas al resto de DMU's arroje un indicador de eficiencia comprendido entre cero (0) y uno (1). Así, el objetivo es encontrar las DMU que producen los niveles más altos de *outputs* mediante el uso de los niveles más bajos de *inputs*. Para lo cual, maximiza la relación de los *outputs* ponderados y los *inputs* ponderados para cada DMU en consideración (Ray, 1991).

Desde 1978, según Soto Mejía y Arenas Valencia (2010) se han desarrollado muchos modelos multivariados diferentes. Los dos modelos básicos son el CCR (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1981) y el BCC (Banker, Charnes, & Cooper, 1984). los cuales pueden diferir en su orientación (*inputs*, *outputs* o ninguna), diversificación y rendimientos a escala (CRS - constant return to scale, NIRS- nonincreasing return to scale, NDRS- nondecreasing return to scale, y VRS - variable returns to scale), tipo de medida (radial, no radial, aditiva, multiplicativa, hiperbólica...), etc. Las ecuaciones (3), (4), (5) y (6), contenidas en lo Cuadro 1 muestran los modelos de programación lineal para el modelo CCR (retornos constantes) y BCC (retornos a escala variable), con orientación *input* y orientación *output*.

CUADRO 1 MODELOS CCR (CHARNES, COOPER Y RHODES) Y BCC (BANKER, CHARNES Y COOPER) PARA ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

Modelo CCR-I Orientado a las entradas	Modelo CCR-O Orientado a las salidas
Min_θ <p>Sujeto a:</p> $\theta x_0 - X\lambda \geq 0$ $Y\lambda \geq y_0$ $\lambda \geq 0$ $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T \quad (3)$	Máx_η <p>Sujeto a:</p> $x_0 - X_\mu \geq 0$ $\eta y_0 - Y_\mu \leq 0$ $\mu \geq 0 \quad (4)$
Modelo BCC-I Orientado a las entradas	Modelo BCC-O Orientado a las salidas
Min_θ_B <p>Sujeto a:</p> $\theta_B x_0 - X\lambda \geq 0$ $Y\lambda \geq y_0$ $e\lambda = 1$ $\lambda \geq 0$ $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T \quad (5)$	Máx_η_B <p>Sujeto a:</p> $x_0 - X\lambda \geq 0$ $\eta_B y_0 - Y\lambda \leq 0$ $e\lambda = 1$ $\lambda \geq 0 \quad (6)$

Fuente: Elaborada por los autores.

Nota: El modelo BCC-O pretende determinar cuánto podría obtenerse de productos (outputs) con el mismo nivel de insumos (inputs), si todas las DMU's fueran eficientes, una vez eliminados los efectos de escala

El modelo BCC está concebido como una medida de eficiencia con retornos variables. En este procedimiento las unidades a evaluar (DMU's) ineficientes se comparan únicamente con las unidades eficientes que operan en una escala semejante (Soto Mejía & Arenas Valencia, 2010). El modelo BCC con orientación *outputs* es el que mejor se ajusta a la evaluación de la eficiencia en universidades públicas (Ramos Ruiz et al., 2015; Visbal-Cadavid, Mendoza Mendoza, & Causado Rodríguez, 2016), ya que estas pueden tener tamaños diferentes en cuanto a número de estudiantes, profesores y/o recursos financieros asignados y no controlan sus entradas, al depender de modelos de financiación y asignación presupuestal estatal.

Así el modelo BCC-O pretende determinar cuánto podría obtenerse de productos (outputs) con el mismo nivel de insumos (inputs), si todas las DMU's fueran eficientes, una vez eliminados los efectos de escala.

4.4 Unidades de análisis o Unidades decisoras DMU's

Una DMU es la unidad objeto de medición de la eficiencia en comparación con otras de su clase o tipología. La DMU tiene el control sobre el proceso de transformación de recursos (insumos) en productos. Para su identificación, debe cumplir con una característica esencial de homogeneidad, que se contrasta cuando se verifica que todas las DMU utilizan el mismo tipo de recursos (inputs) para obtener el mismo tipo de productos (outputs), aunque en cantidades diferentes (Soto Mejía & Arenas Valencia, 2010).

Así, las universidades estatales de Colombia y España pueden ser vistas como unidades productivas que transforman recursos en productos. Cada institución – tratada como una DMU – puede tomarse como una organización multiproducto (Ray, 1991).

En este estudio, se trabaja con un total de 32 DMU's (universidades públicas colombianas), y 48 DMU's (universidades públicas españolas), pertenecientes al sistema universitario estatal (SUE) de cada país (ver Tabla 2).

TABLA 2 DMU'S. UNIVERSIDADES DEL SISTEMA UNIVERSITARIO ESTATAL COLOMBIANO Y ESPAÑOL

SUE - COLOMBIA			SUE - ESPAÑA		
No.	Nombre Universidad (DMU)	Sigla	No.	Nombre Universidad (DMU)	Sigla
1	Universidad de Antioquia	udea	1	A Coruña	UDC
2	Universidad de Caldas	unicaldas	2	Alcalá	UAH
3	Universidad de Cartagena	unicart	3	Alicante	UA
4	Universidad de Córdoba	unicord	4	Almería	UAL
5	Universidad de Cundinamarca	udecun	5	Autónoma de Barcelona	UAB
6	Universidad de la Amazonía	uniamaz	6	Autónoma de Madrid	UAM
7	Universidad de la Guajira	uniguajira	7	Barcelona	UB
8	Universidad de los Llanos	unillanos	8	Burgos	UBU
9	Universidad de Nariño	unariño	9	Cádiz	UCA
10	Universidad de Pamplona	unipamp	10	Cantabria	UNICAN
11	Universidad de Sucre	unisucra	11	Carlos III de Madrid	UC3M
12	Universidad del Atlántico	uniatlantico	12	Castilla-La Mancha	UCLM
13	Universidad del Cauca	unicauca	13	Complutense de Madrid	UCM
14	Universidad del Magdalena	unimag	14	Córdoba	UCO
15	Universidad del Pacífico	unipac	15	Extremadura	UNEX
16	Universidad del Quindío	uniquindio	16	Girona	UDG
17	Universidad del Tolima	udetol	17	Granada	UGR
18	Universidad del Valle	univalle	18	Huelva	UHU
19	Universidad Distrital - Francisco José de Caldas	udist	19	Illes Balears (Les)	UIB

Continúa

SUE - COLOMBIA			SUE - ESPAÑA		
No.	Nombre Universidad (DMU)	Sigla	No.	Nombre Universidad (DMU)	Sigla
20	Universidad Francisco de Paula Santander - Cúcuta	ufpsc	20	Jaén	UJAEN
21	Universidad Francisco de Paula Santander - Ocaña	ufpso	21	Jaume I de Castellón	UJI
22	Universidad Industrial de Santander	uis	22	La Laguna	ULL
23	Universidad Militar - Nueva Granada	militar	23	La Rioja	UNIRIOJA
24	Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD	unad	24	Las Palmas de Gran Canaria	ULPGC
25	Universidad Nacional de Colombia	unal	25	León	UNILEON
26	Universidad Pedagógica Nacional de Colombia	upnal	26	Lleida	UDL
27	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC	uptc	27	Málaga	UMA
28	Universidad Popular del Cesar	upoc	28	Miguel Hernández de Elche	UMH
29	Universidad Surcolombiana	unisur	29	Murcia	UM
30	Universidad Tecnológica de Pereira	utp	30	Nacional de Educación a Distancia	UNED
31	Universidad Tecnológica del Chocó	utch	31	Oviedo	UNIOVI
32	Universidad - Colegio Mayor de Cundinamarca	ucolm	32	Pablo de Olavide	UPO
			33	País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea	EHU
			34	Politécnica de Cartagena	UPCT
			35	Politécnica de Catalunya	UPC
			36	Politécnica de Madrid	UPM
			37	Politécnica de Valencia	UPV
			38	Pompeu Fabra	UPF
			39	Pública de Navarra	UPNA
			40	Rey Juan Carlos	URJC
			41	Rovira i Virgili	URV
			42	Salamanca	USAL
			43	Santiago de Compostela	USC
			44	Sevilla	US
			45	València (Estudi General)	UV
			46	Valladolid	UVA
			47	Vigo	UVIGO
			48	Zaragoza	UNIZAR

Fuente: Elaborada por los autores.

5. RESULTADOS

5.1 Análisis de significancia a través del ACC

En la Tabla 3 se muestran los índices de correlación canónico, y las pruebas generales de dimensionalidad multivariante, para las 5 variables independientes y 5 dependientes que se seleccionaron para el caso del SUE Colombia, así como para las 4 independientes y 3 dependientes procesadas para el SUE España.

Se observa que el índice de correlación canónico más importante en cada país es el de la función 1 (0.9078 para Colombia y 0.8779 para España). Con una relación significativa entre los dos conjuntos de variables, a un nivel del 1%, y representa la mayor correlación posible entre cualquier combinación lineal de las variables independientes (profesores, calidad profesoral, administrativos y transferencias del Estado) y cualquier combinación lineal de las variables dependientes (egresados de grado, postgrado y publicaciones).

TABLA 3 MEDIDAS DE AJUSTE GLOBAL DEL MODELO PARA EL ACC (SUE COLOMBIA – SUE ESPAÑA)

Colombia					España				
Función Canónica	Correl. Canónica	R2 canónico	Estadístico F	Prob.	Función Canónica	Correl. Canónica	R2 canónico	Estadístico F	Prob.
1	0,908	0,824	37,032	0.000*	1	0,878	0,771	55,299	0.000*
2	0,522	0,273	10,910	0	2	0,236	0,056	3,905	0,001
3	0,398	0,159	7,659	0	3	0,124	0,015	2,472	0,086
4	0,217	0,047	3,747	0,05					
5	0,038	0,001	0,425	0,515					
Constraste multivalente de significancia					Constraste multivalente de significancia				
		Estadístico F					Estadístico		
Estadístico	Valor	aprox	Probabilidad		Estadístico	Valor	F aprox	Prob.	
Lambda de Wilks	0,102	37,032	0		Lambda de Wilks	0,213	55,299	0	
Traza de Pillai	1,304	21,023	0		Traza de Pillai	0,842	30,999	0	
Traza de Hotelling	5,299	61,972	0		Traza de Hotelling	3,436	90,105	0	
Mrc de Roy	4,685	279,204	0		Mrc de Roy	3,362	267,267	0	

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2015-2016) y el Sistema de Información Universitario de España SIIU (2015-2016).

Nota: El test estadístico utilizado para evaluar la significancia de los respectivos índices de correlación es Lambda de Wilks, contrastado con la prueba F

Nótese que el mayor coeficiente de determinación (R^2 canónico) corresponde al primer par de variables canónicas U_1, V_1 (R^2 can = 0.8241 para Colombia y 0.7707 para España), valores que son altos e indican una alta significancia práctica (Badii & Castillo, 2007).

La interpretación a estos resultados es que el 82,41% de la variabilidad de U_1 (combinación lineal de las variables dependientes) está siendo explicada por V_1 (combinación lineal de las variables independientes). Este abordaje preliminar, demuestra para cada sistema universitario estatal la importancia y representatividad de las variables elegidas y la capacidad explicativa del conjunto de variables independientes con respecto al conjunto de variables dependientes.

Ambos conjuntos de variables (*inputs vs. outputs*), elegidos específicamente para cada uno de los sistemas universitarios, tienen interdependencias entre sí y un alto valor explicativo, lo que corrobora su elección como medidas *proxy* para adelantar cálculos de eficiencia con modelos DEA.

5.2 Análisis de Redundancia ACC

Cantidad de varianza compartida. En la Tabla 4 se muestran las correlaciones entre la primera variable canónica dependiente y cada una de las variables originales dependientes. Se interpretan como una carga factorial, que identifica el valor de la contribución relativa de cada ítem a su ítem canónico.

TABLA 4 CORRELACIONES LINEALES SIMPLES (CARGAS CANÓNICAS), ENTRE LAS VARIABLES DEPENDIENTES Y LA PRIMERA VARIABLE CANÓNICA (U_1)

SUE - Colombia		SUE - España	
Variable	Función Canónica 1	Variable	Función Canónica 1
GRAD_PREG	0,84	GRAD_PREG	0,738
GRAD_POST	0,712	GRAD_POST	0,833
GRUP_INV	0,79	PUB_WOS	0,977
REV_INDEX	0,637		
TOTAL_PUB_SCOPUS	0,915		

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2015-2016) y el Sistema de Información Universitario de España SIIU (2015-2016).

Nota: Para ambos países la variable con mayor contribución relativa es publicaciones Scopus (Colombia) y publicaciones WOS (España), seguida de las variables graduados, indicando las dos variables output más representativas de dos actividades universitarias (investigación y docencia).

Índices de redundancia. En la Tabla 5 la función canónica 1 para Colombia, muestra un porcentaje de 50.78%, un índice alto, que indica la proporción de explicación de las variables de entrada (independientes) en las varianzas de las variables de salida (dependientes) originales. Para España ese porcentaje asciende a 57.06%, mostrando que las variables asociadas a las universidades españolas tienen una alta proporción explicativa de la variabilidad de sus *outputs* originales (Soto Mejía et al., 2009; Badii & Castillo, 2007)

TABLA 5 ANÁLISIS DE REDUNDANCIA DE LOS VALORES TEÓRICOS DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE DE LAS FUNCIONES CANÓNICAS (SUE COLOMBIA – SUE ESPAÑA)

Colombia						España					
Varianza estandarizada variables dependientes explicada por:						Varianza estandarizada variables dependientes explicada por:					
Valor Teórico Propio (Varianza Compartida)			Valor Teórico Opuesto (Redundancia)			Valor Teórico Propio (Varianza Compartida)			Valor Teórico Opuesto (Redundancia)		
Función Canónica	%	% Acum.	R2 canónica	%	% Acum.	Función Canónica	%	% Acum.	R2 canónica	%	% Acum.
1	61,62	61,62	82,41	50,78	50,78	1	74,04	74,04	77,07	57,06	57,06
2	11,40	73,02	27,26	3,11	53,89	2	9,78	83,82	5,56	0,54	57,61
3	8,06	81,08	15,85	1,28	55,16	3	7,26	91,08	1,53	0,11	57,72
4	13,09	94,17	4,73	0,62	55,78						
5	5,83	100,00	0,14	0,01	55,79						

Colombia						España					
Varianza estandarizada variables independientes explicada por:						Varianza estandarizada variables independientes explicada por:					
Valor Teórico Propio (Varianza Compartida)			Valor Teórico Opuesto (Redundancia)			Valor Teórico Propio (Varianza Compartida)			Valor Teórico Opuesto (Redundancia)		
Función Canónica	%	% Acum.	R2 canónica	%	% Acum.	Función Canónica	%	% Acum.	R2 canónica	%	% Acum.
1	73,20	73,20	82,41	60,32	60,32	1	74,12	74,04	77,07	57,12	57,12
2	6,87	80,07	27,26	1,88	62,19	2	9,49	83,53	5,56	0,53	57,65
3	7,25	87,32	15,85	1,15	63,34	3	16,47	100,00	1,53	0,25	57,90
4	8,18	95,50	4,73	0,38	63,72						
5	3,95	99,45	0,14	0,00	63,73						

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2015-2016) y el Sistema de Información Universitario de España SIU (2015-2016).

Así, para la primera correlación canónica (función 1), las variables canónicas independientes explican el 82.41% para Colombia, y el 77.07% para España, de la varianza de las variables canónicas dependientes, mientras que las primeras variables predicen el 50.78% y el 57.06% de las varianzas en las variables dependientes originales. También se observa que, las variables canónicas dependientes predicen el 61.62% y el 74.04% de la varianza en las variables dependientes originales; y las variables canónicas independientes predicen el 73.20% y el 74.12% de la varianza en las variables independientes originales. Lo anterior muestra de manera porcentual todas las relaciones e interdependencias entre

los dos conjuntos de variables y sus respectivas combinaciones lineales, brindando confiabilidad (Azor Hernandez et al., 2018; Friedman & Sinuany-Stern, 1997; Moreno Sáez & Trillo del Pozo, 2001; Sabando Vélez & Cruz Arteaga, 2019) y alentando a los investigadores a continuar con la utilización de los conjuntos de variables propuestos, para realizar los cálculos posteriores de eficiencia con modelos DEA.

En lo que respecta a los valores teóricos independientes (cargas canónicas), como se puede observar en la Tabla 6, los tres ítems que contribuyen significativamente en las actividades de docencia e investigación de las universidades colombianas son: el número de profesores de tiempo completo (prof_tce), el espacio disponible para uso misional (m2_uso_misional) y los recursos transferidos del Estado (transfer_nacion). Dichas variables denotan una alta representatividad y significancia como *inputs*, e igualmente como variables explicativas de los *outputs* (salidas) en cada país.

Resaltar además que, las variables dependientes más significativas son: los egresados de grado (grad_preg) y el total de publicaciones scopus (total_pub_scopus) para Colombia; y los egresados de postgrado (grad_post) y el total de publicaciones (pub_wos) para España; corroborando en línea con estudios previos (Kao & Hung, 2008; Kuah & Wong, 2013; Chang et al., 2012; García-Aracil, 2013; Munoz, 2016) que son variables representativas de las actividades de docencia e investigación en las universidades.

TABLA 6 COEFICIENTES CANÓNICOS ESTANDARIZADOS, CARGAS CANÓNICAS Y CARGAS CANÓNICAS CRUZADAS PARA LA PRIMERA FUNCIÓN CANÓNICA (SUE COLOMBIA – SUE ESPAÑA)

Colombia				España			
Variables	Coef. Canón. Estandar. Función 1	Cargas Canónicas Función 1	Cargas canónicas Cruzadas Función 1	Variables	Coef. Canón. Estandar. Función 1	Cargas Canónicas Función 1	Cargas canónicas Cruzadas Función 1
Dependientes				Dependientes			
GRAD_PREG	0,391	0,840	0,763	GRAD_PREG	0,220	0,738	0,647
GRAD_POST	0,099	0,712	0,646	GRAD_POST	0,167	0,833	0,731
GRUP_INV	0,105	0,791	0,718	PUB_WOS	0,715	0,977	0,858
REV_INDEX	0,031	0,637	0,578				
TOTAL_PUB_SCOPUS	0,545	0,915	0,830				
Independientes				Independientes			
PROF_TCE	0,507	0,926	0,841	PROF_TCE	0,149	0,975	0,856
ICAL_PDI	0,269	0,758	0,688	ICAL_PDI	0,093	0,363	0,319
NUM_ADM	-0,056	0,790	0,717	NUM_ADM	0,210	0,949	0,833
M2_USO_MISIONAL	0,307	0,897	0,814	TRANSF_EST	0,629	0,990	0,869
TRANSFER_NACION	0,113	0,851	0,773				

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2015-2016) y el Sistema de Información Universitario de España SIIU (2015-2016).

5.3 Resultados para el DEA – BCCO

En concordancia con los resultados arrojados preliminarmente con el ACC, se proponen dos modelos (grupos de variables) para el cálculo de eficiencia con métodos DEA en el sector de la educación superior.

Modelo 1. Se propone realizar cálculos de eficiencia con DEA, a partir de las variables de entrada y salida representativas y/o significativas que fueron explicadas con el resultado de las cargas canónicas de la Tabla 6. El detalle descriptivo se muestra en la Tabla 7. Las inferencias realizadas se hacen para cada conjunto de universidades, Colombia y España, de manera independiente y para caracterizar sus propios componentes, variables, datos, y resultados de eficiencia, teniendo en cuenta que el objetivo no es realizar una comparación entre ellos, sino demostrar que la metodología propuesta es aplicable al sector universitario de cualquier país.

TABLA 7 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA MODELO 1. SUE COLOMBIA – SUE ESPAÑA

Colombia						
Variables Input	Media		Mín		Máx	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
PROF_TCE	591	648	59	91	2.426	2.501
M2_USO_MISIONAL	117.732	117.732	20.278	20.278	491.956	491.956
TRANSFER_NACION*	78.800	84.400	16.000	17.000	610.000	650.000
Variables Output						
GRAD_PREG	2.199	1.593	218	124	6.793	5.705
TOTAL_PUB_SCOPUS	1.115	1.445	-	-	13.704	17.419

España						
Variables Input	Media		Mín		Máx	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
PROF_TCE	1.462	1.460	329	332	4.124	4.099
TRANSF_EST**	141.000	147.417	36.100	36.000	363.000	400.000
Variables Output						
GRAD_POST	1.054	1.260	122	131	3.306	4.622
PUB_WOS	1.108	1.308	142	218	4.722	5.273

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2015-2016) y el Sistema de Información Universitario de España SIU (2015-2016).

Nota descriptiva: en Colombia se incrementó el número de profesores de tiempo completo equivalente de 2015 a 2016, mientras que la infraestructura permaneció igual y los graduados disminuyeron. Para el sistema español se denota poca variabilidad en la variable profesores, mientras que los graduados y las publicaciones aumentaron. Para ambos países las transferencias aumentaron de un período a otro: en Colombia un aumento del 2.1% y en España un incremento del 4.6%.

*Medida en millones COP.

** Medida en miles EUR.

Modelo 2. Se realiza la predicción de las variables U_1 y V_1 , que son las correspondientes a la Función Canónica 1, con un coeficiente de determinación del 82.4% para SUE Colombia y 77.07% para SUE España. Aquí se propone un proceso de transformación de las variables de entrada y de salida en variables ficticias, producto de la función canónica 1, explicada en el apartado de metodología y datos a través del ACC. La variable U_1 será denominada U_{input} , y la variable V_1 será V_{output} . El modelo que predice cada una de ellas se muestra en la Tabla 8.

A partir de los coeficientes canónicos brutos y las correlaciones canónicas, y con base en las variables más representativas (modelo 1) y variables transformadas (modelo 2), se calculan los índices de eficiencia a través de modelos DEA para facilitar el análisis.

TABLA 8 PREDICCIÓN DE VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA MODELO 2. SUE COLOMBIA – SUE ESPAÑA

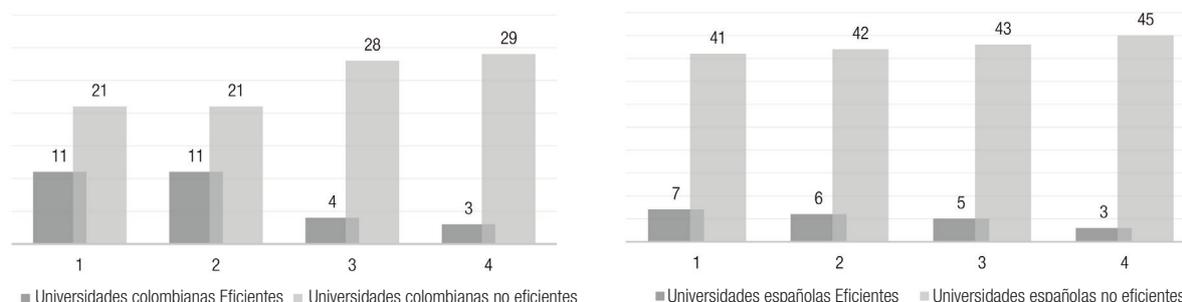
Colombia		España	
Variable Input (U_{input})	Variable Output (V_{output})	Variable Input (U_{input})	Variable Output (V_{output})
$U_{input} =$	$V_{output} =$	$U_{input} =$	$V_{output} =$
0.6941prof_tce +	0.5050grad_preg +	0.2541prof_tce +	0.2539grad_preg +
0.4802ical_pdi-	0.0435grad_post +	0.0097ical_pdi +	0.2286grad_post +
0.0735num_adm +	0.0824grup_inv +	0.3524num_adm +	0.9576pub_wos
0.3520m2_uso_misional +	0.0206rev_index +	1.06transfer_nacion	
0.1169transfer_nacion	0.2840total_pub_scopus		

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2015-2016) y el Sistema de Información Universitario de España SIU 2015-2016.

Los coeficientes indicados para cada variable, tanto del grupo de insumos (input) como de resultados (output) son obtenidos como coeficientes no rotados o canónicos brutos, para cada uno de los conjuntos de variables (dependientes e independientes), y serán las ponderaciones a priori para cada una de las entradas y salidas, dejando una única variable como insumo y una única variable como producto.

El procesamiento de datos se realiza en el software Stata y DEA-solver. Los resultados consolidados de universidades eficientes y no eficientes se muestran en la figura 1. Los índices de eficiencia desagregados para cada uno de los modelos, métodos, períodos y universidades se muestran en las Tablas 10 y 11.

FIGURA 1 CONSOLIDADO DE UNIVERSIDADES EFICIENTES E INEFICIENTES SUE COLOMBIA – SUE ESPAÑA (MODELOS 1 Y 2 CON DEA BCC-O)



Fuente: Elaborada por los autores, basada en los índices de eficiencia.

La figura 1 muestra que en Colombia en los años 2015 y 2016 un 34% de universidades son totalmente eficientes (11/32) y en España el 14.5% (7/48) y 12.5% (6/48) de sus universidades estatales, son consideradas totalmente eficientes.

En el modelo 1 se tiene un mayor número de universidades eficientes con respecto al modelo 2. Cuando se tiene un mayor número de entradas y salidas, se restringe el poder de discriminación del modelo, siendo posible que algunas variables consideradas críticas, sean ponderadas con cero para no afectar los cálculos relativos (Pedraja Chaparro, Salinas Jimenez, & Smith, 1994).

La importancia de los resultados mostrados por el modelo 2 radica en que, utilizando una sola variable de entrada y una sola variable de salida (variables transformadas), cada una de ellas agrupa los ítems con su coeficiente de ponderación, a partir de la función canónica descrita en el apartado metodológico anterior.

La eficiencia media para las universidades colombianas es 0.7107 y 0.7911 (modelo 1 BCC-O, 2015-2016), ver Tabla 15. Para las universidades españolas la eficiencia media en ese mismo modelo y periodos es 0.6537 y 0.5865.

En la Tabla 9 se listan las universidades colombianas y españolas con eficiencia relativa recurrente, siendo universidades con afectaciones a escala. Para Colombia, son la Universidad Francisco de Paula Santander- Ocaña- y la Universidad de los Llanos; esta última no se muestra como eficiente en ninguno de los estudios recientes de eficiencia en universidades públicas colombianas (García & González, 2011; Ramos Ruiz et al., 2015; Rodríguez-Varela & Gómez-Sancho, 2015; Visbal-Cadavid et al., 2016). Para España, resaltan los resultados consistentes de la Universidad de la Rioja, universidad que también se muestra eficiente en Parellada y Duch (2006), para los años 2003 y 2004.

TABLA 9 UNIVERSIDADES CON EFICIENCIA RELATIVA, AFECTADAS POR EL TAMAÑO (RETORNOS VARIABLES)

UNIVERSIDADES SUE - COLOMBIA				UNIVERSIDADES SUE - ESPAÑA			
Año 2015		Año 2016		Año 2015		Año 2016	
Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
Militar	Udetol	Upoc	Udist	UB	UAB	UB	UAL
Udecun	Uniquindío	Udecun	Unillanos	UCM	UIB	UCM	UMH
Ufpso	Ufpso	Ufpso		Unirioja	Unirioja	Unirioja	
Utch		Unillanos		UV	UPF		
Unillanos							

Fuente: Elaborada por los autores.

TABLA 10 ÍNDICES DE EFICIENCIA UNIVERSIDADES PÚBLICAS COLOMBIANAS (2015-2016)

DMU	MODELO 1				MODELO 2			
	Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BBCO		Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BBCO	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
udea	1,000	1,000	1,000	1,000	0,979	0,964	0,979	0,968
unicaldas	0,562	0,773	0,653	0,793	0,926	0,901	0,928	0,917
unicart	0,536	0,628	0,564	0,636	0,921	0,896	0,923	0,912
unicord	0,396	0,380	0,409	0,410	0,866	0,798	0,868	0,815
udecun	0,546	0,862	1,000	1,000	0,756	0,775	0,791	0,806
uniamaz	0,198	0,561	0,273	0,632	0,774	0,813	0,841	0,895
uniguajira	0,293	0,356	0,437	0,379	0,784	0,754	0,822	0,771
unillanos	0,381	0,776	1,000	1,000	0,829	0,850	0,980	1,000
unariño	0,326	0,561	0,348	0,573	0,848	0,853	0,850	0,869
unipamp	0,502	0,423	0,539	0,457	0,881	0,826	0,883	0,839
unisucre	0,305	0,774	0,679	0,952	0,760	0,838	0,881	0,961
uniatlantico	0,345	0,476	0,384	0,770	0,842	0,832	0,844	0,844
unicauca	0,386	0,439	0,400	0,458	0,880	0,871	0,881	0,884
unimag	1,000	0,710	1,000	0,710	0,968	0,876	0,979	0,895
unipac	0,125	0,157	1,000	1,000	0,631	0,585	0,933	0,909
uniquindio	0,797	0,383	0,871	0,450	0,939	0,781	1,000	0,797
udetol	1,000	0,731	1,000	0,777	0,998	0,872	1,000	0,891

Continua

DMU	MODELO 1				MODELO 2			
	Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BBCO		Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BBCO	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
univalle	0,877	0,948	0,885	0,949	0,967	0,954	0,968	0,962
udist	1,000	1,000	1,000	1,000	0,966	0,978	0,969	1,000
ufpsc	0,702	1,000	0,735	1,000	0,900	0,883	0,944	0,948
ufpso	0,552	0,765	1,000	1,000	0,618	0,612	1,000	1,000
uis	1,000	1,000	1,000	1,000	0,974	0,945	0,977	0,957
militar	0,955	0,867	1,000	0,908	0,897	0,897	0,899	0,913
unad	0,700	1,000	0,762	1,000	0,810	0,818	0,812	0,832
unal	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
upnal	0,217	0,584	0,228	0,624	0,827	0,825	0,833	0,841
uptc	0,245	0,401	0,323	0,496	0,894	0,890	0,895	0,903
upoc	0,411	0,903	0,519	1,000	0,858	0,856	0,907	0,913
unisur	0,351	0,588	0,380	0,593	0,850	0,837	0,874	0,860
utp	0,561	0,796	0,623	0,853	0,930	0,911	0,932	0,927
utch	0,542	1,000	1,000	1,000	0,848	0,838	0,955	0,942
ucolm	0,340	0,708	0,729	0,897	0,821	0,799	0,909	0,881

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Sistema Nacional de Información para la Educación Superior de Colombia SNIES (2016-2016).

TABLA 11 ÍNDICES DE EFICIENCIA UNIVERSIDADES PÚBLICAS ESPAÑOLAS (2015-2016)

DMU	MODELO 1				MODELO 2			
	Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BCCO		Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BCCO	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
EHU	0,386	0,335	0,553	0,528	0,927	0,921	0,937	0,995
UA	0,477	0,397	0,552	0,417	0,871	0,865	0,907	0,999
UAB	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	0,904	1,000	0,911
UAH	0,634	0,502	0,638	0,506	0,873	0,850	0,932	0,919
UAL	0,517	0,483	0,593	0,560	0,814	0,869	0,904	1,000
UAM	0,842	0,791	0,853	0,799	0,966	0,908	0,983	0,914
UB	0,976	0,882	1,000	1,000	1,000	0,910	1,000	0,986
UBU	0,367	0,341	0,664	0,720	0,764	0,903	0,964	0,968
UC3M	0,540	0,525	0,615	0,574	0,868	0,896	0,922	0,922

Continua

DMU	MODELO 1				MODELO 2			
	Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BCCO		Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BCCO	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
UCA	0,347	0,304	0,378	0,306	0,826	0,932	0,878	0,947
UCLM	0,382	0,329	0,392	0,334	0,867	0,894	0,898	0,917
UCM	0,593	0,542	1,000	1,000	0,950	0,917	0,977	0,930
UCO	0,551	0,420	0,595	0,426	0,878	0,919	0,937	0,930
UDC	0,460	0,369	0,490	0,384	0,852	0,861	0,910	0,934
UDG	0,579	0,561	0,811	0,751	0,874	0,860	0,992	0,978
UDL	0,510	0,463	0,782	0,704	0,834	0,921	0,996	0,927
UGR	0,568	0,445	0,852	0,733	0,941	0,961	0,953	0,979
UHU	0,385	0,363	0,476	0,450	0,790	0,959	0,901	0,980
UIB	0,670	0,600	0,883	0,786	0,880	0,783	1,000	1,000
UJAEN	0,473	0,452	0,533	0,471	0,838	0,784	0,920	0,974
UJI	0,520	0,375	0,561	0,436	0,849	0,927	0,931	0,929
ULL	0,399	0,357	0,442	0,382	0,863	0,942	0,905	0,949
ULPGC	0,297	0,247	0,308	0,250	0,813	0,922	0,864	0,925
UM	0,587	0,464	0,666	0,506	0,898	0,843	0,928	0,950
UMA	0,358	0,372	0,436	0,509	0,872	0,951	0,885	0,990
UMH	0,884	0,668	0,915	0,675	0,878	0,960	0,985	1,000
UNED	1,000	1,000	1,000	1,000	0,864	0,841	0,918	0,942
UNEX	0,454	0,396	0,463	0,409	0,849	0,855	0,902	0,973
UNICAN	0,510	0,453	0,640	0,567	0,860	0,928	0,943	0,942
UNILEON	0,426	0,371	0,546	0,488	0,830	0,931	0,933	0,931
UNIOVI	0,459	0,408	0,471	0,411	0,885	0,905	0,908	0,941
UNIRIOJA	0,348	0,349	1,000	1,000	0,759	0,917	1,000	0,918
UNIZAR	0,416	0,415	0,421	0,435	0,907	0,940	0,913	0,943
UPC	0,409	0,411	0,414	0,469	0,894	0,928	0,898	0,944
UPCT	0,296	0,288	0,583	0,505	0,755	0,924	0,948	0,991
UPF	1,000	1,000	1,000	1,000	0,917	0,925	1,000	0,931
UPM	0,332	0,333	0,351	0,395	0,884	0,922	0,886	0,936
UPNA	0,443	0,372	0,641	0,526	0,813	0,948	0,947	0,967
UPO	0,753	0,632	0,968	0,794	0,825	0,910	0,970	0,946
UPV	0,401	0,361	0,504	0,469	0,897	0,930	0,901	0,936
URJC	0,877	0,784	0,898	0,842	0,873	0,946	0,949	0,968

Continua

DMU	MODELO 1				MODELO 2			
	Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BCCO		Efficiency Score CCRO		Efficiency Score BCCO	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
URV	0,597	0,547	0,734	0,650	0,888	1,000	0,995	1,000
US	0,409	0,350	0,592	0,524	0,914	0,879	0,926	0,893
USAL	0,536	0,427	0,552	0,428	0,895	0,983	0,927	0,998
USC	0,491	0,417	0,566	0,438	0,897	0,889	0,907	0,904
UV	0,698	0,529	1,000	0,807	0,964	0,911	0,968	0,932
UVA	0,350	0,276	0,350	0,280	0,857	0,911	0,887	0,933
UVIGO	0,594	0,479	0,701	0,515	0,878	0,940	0,922	0,943

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Sistema de Información Universitario de España SIIU (2016-2016).

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como complemento al análisis de los resultados de eficiencia de las Tablas 11 y 12, se realiza una distribución por cuartiles (ver Tabla 13) para cada uno de los sistemas de educación superior analizados.

En el modelo 1, los índices de eficiencia son menores en comparación con el modelo 2, debido a la sensibilidad mostrada en el número de entradas y salidas, y a la transformación de las variables a través de la ponderación previa con el ACC.

En cuanto al sistema universitario colombiano, la Tabla 14 muestra que el 37.5% de las universidades colombianas, pasó de tener índices superiores de 0.88854 en 2015 a índices superiores de 0.9517 (modelo 1), lo que denota un mejoramiento en términos de eficiencia, analizado con las últimas 12 universidades. Mientras tanto, las universidades con índices bajos de eficiencia, ubicadas en el primer cuartil (8 instituciones) mostraron índices inferiores a 0.4093 en 2015 e inferiores a 0.5925 en 2016.

Para las universidades españolas, como se muestra en la Tabla 13, el 25% pasó de tener índices superiores de 0.852 en 2015 a índices superiores de 0.733 (modelo 1), lo que denota un empeoramiento de un período a otro para ese último cuartil de universidades. Las instituciones con índices bajos de eficiencia, correspondientes al primer 25%, mostraron índices inferiores a 0.4755 en 2015 e inferiores a 0.4275 en 2016, reafirmando la tendencia a la baja en índices de eficiencia en 2016.

TABLA 12 ANÁLISIS DE ÍNDICES DE EFICIENCIA, DISTRIBUIDOS POR CUARTILES.

SUE - COLOMBIA					SUE - ESPAÑA				
CUARTIL % ACUM DMU	ÍNDICES DE EFICIENCIA				CUARTIL % ACUM DMU	ÍNDICES DE EFICIENCIA			
	BCC-O 2015		BCC-O 2016			BCC-O 2015		BCC-O 2016	
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 1	MODELO 2		MODELO 1	MODELO 2	MODELO 1	MODELO 2
25%	0,409	0,868	0,593	0,844	25%	0,476	0,905	0,428	0,930
50%	0,729	0,909	0,853	0,903	50%	0,593	0,928	0,509	0,943
62,50%	0,885	0,944	0,952	0,925	75%	0,852	0,968	0,733	0,978

Fuente: Cálculo de los autores (Stata Software) con base en datos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2015-2016) y el Sistema de Información Universitario de España SIIU (2015-2016).

Se realiza además una categorización de los resultados de los índices de eficiencia en la Tabla 14, con el fin de clasificar cada una de las universidades públicas, tanto de Colombia como de España, en cada uno de los modelos y períodos (2015-2016), en las siguientes categorías: totalmente eficientes (índice = 1), eficiencia alta ($1 > \text{índice} > \text{media}$) y eficiencia baja o no eficientes ($\text{índice} < \text{media}$).

TABLA 13 UNIVERSIDADES CLASIFICADAS POR CATEGORÍAS DE EFICIENCIA SUE- COLOMBIA SUE- ESPAÑA

	SUE - COLOMBIA				
	BCC-0 2015		BCC-0 2016		
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 1	MODELO 2	
INDICE DE EFICIENCIA MEDIA	0,711	0,914	0,791	0,902	
TOTALMENTE EFICIENTES (EF= 1)	udetol	udetol	udea	unal	
	udecun	ufpso	udecun	unillanos	
	unal	unal	udist	udist	
	unillanos	uniquindio	ufpso		
	udist		uis		
	ufpso		unal		
	unimag		unillanos		
	udea		utch		
	uis		unad		
	utch		ufpsc		
	militar		upoc		
	EFICIENCIA ALTA (EF > MEDIA)	unipac	unillanos	unipac	ufpso
		univalle	udea	unisucre	udea
		uniquindio	unimag	univalle	univalle
unad		uis	militar	unisucre	
ufpsc		udist	ucolm	uis	
ucolm		univalle	utp	ufpsc	
		utch	unicaldas	utch	
		ufpsc		utp	
		unipac		unicaldas	
		utp		militar	
		unicaldas		upoc	
		unicart		unicart	
				unipac	
				uptc	

Continua

SUE - COLOMBIA				
	BCC-0 2015		BCC-0 2016	
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 1	MODELO 2
NO EFICIENTES (EF < MEDIA)	unisucre	ucolm	udetol	udetol
	unicaldas	upoc	uniquindio	ucolm
	utp	militar	unimag	uniquindio
	unicart	uptc	unicart	unimag
	unipamp	unipamp	uptc	unipamp
	upoc	unisucre	unipamp	unicauca
	uniguajira	unicauca	unicauca	unisur
	unicord	unisur	unisur	unicord
	unicauca	unicord	unicord	unariño
	uniatlantico	unariño	unariño	uniatlantico
	unisur	uniatlantico	uniatlantico	uniamaz
	unariño	uniamaz	uniamaz	upnal
	uptc	upnal	upnal	uniguajira
	uniamaz	uniguajira	uniguajira	unad
	upnal	unad		udecun
			udecun	

SUE - ESPAÑA				
	BCC-0 2015		BCC-0 2016	
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 1	MODELO 2
INDICE DE EFICIENCIA MEDIA	0,654	0,937	0,587	0,951
TOTALMENTE EFICIENTES (EF= 1)	UAB	UAB	UAB	UMH
	UB	UB	UB	URV
	UNED	UNIRIOJA	UNIRIOJA	UAL
	UNIRIOJA	UPF	UPF	
	UPF	UIB	UNED	
	UCM		UCM	
	UV			
EFICIENCIA ALTA (EF > MEDIA)	UPO	UDL	URJC	UIB
	UMH	URV	UV	UA
	URJC	UDG	UAM	USAL
	UIB	UMH	UPO	EHU
	UAM	UAM	UIB	UPCT
	UGR	UCM	UDG	UMA
	UDG	UPO	UGR	UB

Continua

SUE - ESPAÑA					
	BCC-O 2015		BCC-O 2016		
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 1	MODELO 2	
NO EFICIENTES (EF < MEDIA)	UDL	UV	UBU	UHU	
	URV	UBU	UDL	UGR	
	UVIGO	UGR	UMH	UDG	
	UM	URJC	URV	UJAEN	
	UBU	UPCT		UNEX	
		UPNA		URJC	
		UNICAN		UBU	
		UCO		UPNA	
		EHU			
		UPNA	UNILEON	UC3M	UM
		UNICAN	UAH	UNICAN	ULL
		UAH	UJI	UAL	UCA
		UC3M	UM	EHU	UPO
		UCO	USAL	UPNA	UPC
		UAL	US	US	UVIGO
		US	UC3M	UVIGO	UNIZAR
		UPCT	UVIGO	UMA	UNED
		USC	UJAEN	UAH	UNICAN
		UJI	UNED	UM	UNIOVI
		EHU	UNIZAR	UPCT	UPV
		UA	UDC	UNILEON	UPM
		USAL	UNIOVI	UJAEN	UDC
		UNILEON	USC	UPV	UVA
		UJAEN	UA	UPC	UV
		UPV	ULL	UHU	UNILEON
		UDC	UAL	USC	UPF
		UHU	UNEX	UJI	UCO
		UNIOVI	UHU	UNIZAR	UCM
		UNEX	UPV	USAL	UJI
		ULL	UCLM	UCO	UDL
		UMA	UPC	UA	ULPGC
		UNIZAR	UVA	UNIOVI	UC3M
		UPC	UPM	UNEX	UAH
		UCLM	UMA	UPM	UNIRIOJA

Continúa

SUE - ESPAÑA				
	BCC-O 2015		BCC-O 2016	
	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 1	MODELO 2
	UCA	UCA	UDC	UCLM
	UPM	ULPGC	ULL	UAM
	UVA		UCLM	UAB
	ULPGC		UCA	USC
			UVA	US
			ULPGC	

Fuente: Elaborada por los autores.

Nota: Para el sistema universitario colombiano se tienen 11 universidades totalmente eficientes, 6 con eficiencia alta y 15 con baja eficiencia, para ambos períodos (2015-2016), bajo el modelo 1, y con todas las variables input-output representativas. Las universidades colombianas con la más baja calificación en 2015 y 2016 son la upnal y uniguajira (0.2280 y 0.3792). En el sistema español, se destacan 3 universidades eficientes en los años 2015 y 2016, tanto en retornos constantes como variables: la UB, la UNED y la UPF. La ULPGC es la institución con la calificación más baja en ambos períodos (0.3083 y 0.2503).

Para el SUE Colombiano, Ramos Ruiz et al. (2015) calculan índices de eficiencia bajo modelos DEA BCC-O obteniendo 13 y 15 instituciones la categoría de eficientes en los períodos 2007 y 2013, con índices de eficiencia media de 0.836 y 0.827 respectivamente. Algunas de estas universidades se mantienen en esa categoría en 2015 y 2016 en el presente estudio (unal, udea, udetol, ufpsó y ufpsc).

Visbal-Cadavid et al. (2016) categorizaron un total de 20 universidades colombianas como totalmente eficientes en el año 2011, también con el modelo BCC-O, manteniéndose en esa categoría de totalmente eficiente 5 universidades (unal, udea, uis, ufpsó y udist).

García y González (2011) clasifican 17 universidades colombianas como eficientes en el período 2003-2009, con un índice promedio de 89% de eficiencia, manteniéndose en las 10 primeras 3 de las clasificadas en este trabajo como totalmente eficientes (uis, udetol y udist).

Rodríguez-Varela Y Gómez-Sancho (2015) en la aplicación de retornos variables calculan índices de eficiencia para el 2015 y determinan como totalmente eficientes sólo 3 universidades colombianas (unicord, uniatlantico y udetol), de las cuales sólo aparece udetol en la clasificación para el 2015 realizada en este estudio, mientras que las otras dos universidades se consideran con una baja eficiencia (inferior a la media).

Con relación al sistema universitario español, en la Tabla 12 se detallan los índices de eficiencia calculados para cada una de las instituciones universitarias. Para el año 2016, aplicando el método BCC-O sólo hay 3 universidades eficientes (UAL, URV y UMH), las cuales también son consideradas por Gómez-Sancho Y Mancebón-Torrubia (2012) como eficientes en su investigación; y aunque son diferentes a las que se presentan en el modelo 1, seguramente se debe a la transformación de las variables a través del ACC.

Aunque no existen muchos estudios en los últimos 5 años, a nivel de instituciones en el sistema de educación superior público español (Parellada & Duch, 2006; Vásquez Rojas, 2010; Gómez-Sancho & Mancebón-Torrubia, 2012; Martí Selva, Puertas-Medina, & Calafat-Marzal, 2014), ya que la mayoría se han realizado a nivel de departamentos al interior de las universidades, destaca el trabajo más reciente (Martí Selva et.al, 2014) en el que se encuentran 18 universidades españolas eficientes para el año 2006, dentro de las cuales permanecen en este estudio la URV y UMH en los años 2015 y 2016.

Vásquez Rojas (2010) revela índices de eficiencia promedio para las universidades españolas, muy cercanos en 2005 y 2007, a razón de 0.9608 y 0.9378 respectivamente; mientras que los resultados aquí mostrados difieren sustancialmente, obteniendo índices promedio de eficiencia en 2015 y 2016 de 0.6537 y 0.5865 respectivamente.

La Tabla 14 muestra un consolidado de los índices de eficiencia calculados, para cada uno de los sistemas universitarios estatales (España y Colombia) con el fin de evaluar las metodologías y modelos utilizados en ambos períodos (2015-2016).

Las universidades públicas colombianas tienen alta variabilidad en los resultados, al igual que altos índices promedio de eficiencia e ineficiencia, lo que indica una alta desigualdad en su sistema de educación superior pública. El índice promedio de eficiencia con el modelo 1 BCC-O asciende a 0.7107 y 0.7911 en 2015 y 2016 respectivamente. Y la eficiencia mínima está en 0.1250 y 0.1568 para los mismos años.

Las universidades estatales españolas tienen baja variabilidad en los resultados, mostrando bajos índices promedio de eficiencia e ineficiencia, lo que indica una homogeneidad en la agrupación de los datos. El índice promedio de eficiencia con el modelo 1 BCC-O asciende a 0.6537 y 0.5865 en 2015 y 2016 respectivamente. Y la eficiencia mínima está en 0.3083 y 0.2503 para los mismos años.

TABLA 14 COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE EFICIENCIA MÉTODOS CCRO-BCCO ENTRE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS DE COLOMBIA Y ESPAÑA (2015-2016)

	MÉTODO CCR-O (Charnes, Cooper and Rhodes. Retornos constantes - Orientación Output)							
	MODELO 1				MODELO 2			
	ESPAÑA		COLOMBIA		ESPAÑA		COLOMBIA	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Promedio de Eficiencia	0,544	0,483	0,567	0,705	0,873	0,909	0,867	0,848
Desviación Estándar	0,196	0,189	0,284	0,240	0,054	0,044	0,094	0,089
Mínimo	0,296	0,247	0,125	0,157	0,755	0,783	0,618	0,585
Máximo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	MÉTODO BCCO-O (Banker, Charnes and Cooper. Retornos variables - Orientación Output)							
	MODELO 1				MODELO 2			
	ESPAÑA		COLOMBIA		ESPAÑA		COLOMBIA	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Promedio de Eficiencia	0,654	0,587	0,711	0,791	0,937	0,951	0,914	0,902
Desviación Estándar	0,214	0,214	0,275	0,221	0,039	0,030	0,062	0,063
Mínimo	0,308	0,250	0,228	0,379	0,864	0,893	0,791	0,771
Máximo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaborada por los autores, con base en los resultados procesados en DEA-solver.

7. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La educación superior viene enfrentando desafíos, no sólo en términos de su contribución en la generación y transmisión de conocimiento hacia la sociedad, sino en la utilización de sus limitados recursos para cumplir con ellos. Retos para la nueva década 2020 y siguientes, como los de la internacionalización y movilidad, empoderamiento de la identidad iberoamericana y responsabilidad social universitaria, solo son posibles si se conjugan con un reforzamiento de la autonomía universitaria, la gobernanza y la financiación a través de la rendición de cuentas, la eficiencia y la eficacia en la utilización de los recursos.

Así, ser eficientes y mostrarse en términos de calidad y excelencia a los ciudadanos y a los gobiernos, constituye un reto que imprime la nueva gestión pública a las instituciones universitarias de todo orden y categoría.

Este estudio ha pretendido incursionar en el ámbito de la medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior públicas de Colombia y España, irrumpiendo en un campo de investigación con todas sus complejidades relativas a la propia naturaleza de este tipo de organizaciones, que desarrollan múltiples actividades, con múltiples recursos compartidos, para entregar múltiples resultados.

Así, la aportación relevante ha sido enfrentar los aspectos metodológicos propios de la especificación de una función de producción que pretende ser evaluada en el ámbito de la educación superior, ahondando en la tipología y cuantificación de los insumos (inputs) y productos (outputs) relevantes y en la descripción matemática de su relación.

Para ello se utilizó el análisis de correlación canónica (ACC), como metodología de análisis multivariante, poco utilizada en este ámbito, pero muy útil para dar significancia y representatividad a las variables que son tenidas en cuenta para hacer los cálculos de la eficiencia relativa con modelos DEA. Se confirma la utilidad en su abordaje metodológico en sistemas de educación superior de uno o varios países (Wolszczak-Derlacz & Parteka, 2011; Rodríguez-Varela & Gómez-Sancho, 2018; Agasisti & Wolszczak-Derlacz, 2015).

Los resultados obtenidos, permiten contrastar algunas hipótesis planteadas previamente alrededor del número de universidades eficientes con cada uno de los métodos y modelos. Con el método BCC siempre el número de DMU's eficientes superan a las obtenidas con el método CCR (Ramos Ruiz et al., 2015; Visbal-Cadavid et al., 2016).

En cuanto a los sistemas de educación superior para cada país, hay una relación estrecha con el contexto y las políticas públicas. En Colombia, destaca la desigualdad en términos de recursos vs. productos, mostrándose un mayor volumen de universidades eficientes que en España, pero una mayor distancia entre universidades eficientes e ineficientes. En España, al contrario, hay una mayor homogeneidad en los datos con índices de eficiencia más pequeños y agrupados y, una menor distancia entre universidades eficientes e ineficientes.

Otros estudios que abordan la medición de eficiencia en las instituciones de educación superior de Colombia y España difieren significativamente con los resultados obtenidos en este trabajo, debido principalmente a aspectos metodológicos y muestrales (delimitación de los *outputs* e *inputs* de la actividad universitaria, la selección de la técnica y el modelo de evaluación y, la elección de la muestra y períodos de tiempo adecuados).

Esto corrobora la dificultad comparativa (Gómez Sancho & Mancebón Torrubiá, 2012), y refuerza las grandes críticas realizadas a las clasificaciones homogeneizadoras que desde inicios de siglo imperan.

La contribución del trabajo radica en demostrar que, aun teniendo sistemas de educación superior pública en el espacio iberoamericano, independientes y no necesariamente relacionados, se puede realizar una etapa previa de análisis con el ACC que brinde representatividad a las variables de entrada y salida necesarias para los cálculos de eficiencia con modelos DEA. Además, en esta etapa preliminar, con la metodología ACC se puede realizar una transformación de variables para reducirlas y generar una ponderación a priori que mejore su capacidad de discriminación, otorgando índices más ajustados, confiables y significativos.

La conclusión más importante es que, al abordar mediciones de eficiencia en educación superior se debe ser muy riguroso en la elección de variables, metodologías, períodos de tiempo, y unidades a evaluar. Se debe ser consonante con el objetivo planteado, y permitir la comparabilidad, a efectos de gestión de recursos, planes de mejoramiento, estrategias de seguimiento. Por ello, este estudio deja planteados caminos alternativos de investigación, para la medición de la eficiencia en educación superior, como una prioridad de gestión pública.

REFERENCIAS

- Abbott, M., & Doucouliagos, C. (2003). The efficiency of Australian universities: A data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22(1), 89-97. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0272-7757\(01\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0272-7757(01)00068-1)
- Agasisti, T., & Haelermans, C. (2016). Comparing Efficiency of Public Universities among European Countries: Different Incentives Lead to Different Performances. *Higher Education Quarterly*, 70(1), 81-104.
- Agasisti, T., & Wolszczak-Derlacz, J. (2015). Exploring efficiency differentials between Italian and Polish universities, 2001-11. *Science and Public Policy*, 43(1), 128-142.
- Álvarez, A. (2001). *La Medición de la Eficiencia y la Productividad*. Madrid, ES: Editorial Pirámide.
- Andrews, R., Beynon, M. J., & McDermott, A. (2019). Configurations of New Public Management reforms and the efficiency, effectiveness and equity of public healthcare systems: a fuzzy-set Qualitative Comparative Analysis. *Public management review*, 21(8), 1236-1260.
- Athanassopoulos, A. D., & Shale, E. (1997). Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by the means of data envelopment analysis. *Education economics*, 5(2), 117-134.
- Avkiran, N. K. (2001). Investigating technical and scale efficiencies of Australian universities through data envelopment analysis. *Socio-economic planning sciences*, 35(1), 57-80.
- Azor Hernandez, J. L., Sánchez García, J. E., & DelaCerde Gastélum, J. (2018). Generalization of the canonical correlation method applied to an economy problem Generalización del método de correlaciones canónicas aplicado a un problema de economía. *Revista Internacional de Gestión Del Conocimiento y La Tecnología*, 6(1), 1-14.
- Badii, M. H., & Castillo, J. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones De Negocios*, 4(2), 405-422.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Bougnol, M. L., & Dulá, J. H. (2006). Validating DEA as a ranking tool: An application of DEA to assess performance in higher education. *Annals of Operations Research*, 145(1), 339-365.
- Broucker, B., De Wit, K., & Verhoeven, J. C. (2018). Higher education for public value: taking the debate beyond New Public Management. *Higher Education Research & Development*, 37(2), 227-240.
- Brunner, J. J., & Miranda, D. (2016). *Educación Superior en Iberoamérica* (Reporte 2016). Santiago, Chile: Cinda.
- Buitrago-Suescún, O. Y., Espitia-Cubillos, A. A., & Molano-García, L. (2017). Análisis envolvente de datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior: una revisión del estado del arte. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 147-173. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.21830/19006586.84>
- Chang, T. Y., Chung, P. H., & Hsu, S. S. (2012). Two-stage performance model for evaluating the managerial efficiency of higher education: Application by the Taiwanese tourism and leisure department. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 11(2), 168-177.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management science*, 27(6), 668-697.
- Cloete, N., & Moja, T. (2005). Transformation tensions in higher education: Equity, efficiency, and development. *Social Research*, 72(3), 693-722.
- Debnath, R. M., & Shankar, R. (2014). Does good governance enhance happiness: a cross nation study. *Social indicators research*, 116(1), 235-253.
- De-Juanas Oliva, Á., & Beltrán Llera, J. A. (2013). Valoraciones de los estudiantes de ciencias de la educación sobre la calidad de la docencia universitaria. *Educación XXI*, 17(1), 59-82.
- Fandel, G. (2007). On the performance of universities in North Rhine-Westphalia, Germany: Government's redistribution of funds judged using DEA efficiency

- measures. *European Journal of Operational Research*, 176(1), 521-533.
- Farrel, M. J. (1957). The measurement of Productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Frey, B. S., & Jegen, R. (2001). Motivation crowding theory. *Journal of economic surveys*, 15(5), 589-611.
- Friedman, L., & Sinuany-Stern, Z. (1997). Scaling units via the canonical correlation analysis in the DEA context. *European Journal of Operational Research*, 100(3), 629-637.
- García Sánchez, I. M. (2007). La nueva gestión pública: Evolución y tendencias. *Presupuesto Y Gasto Público*, 47, 37-64.
- García, A., González, M., (2011). *La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas de Colombia utilizando el Análisis Envolvente De Datos (AED)*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- García-Aracil, A. (2013). Understanding productivity changes in public universities: Evidence from Spain. *Research evaluation*, 22(5), 351-368.
- Giménez-Toledo, E., & Tejada-Artigas, C. M. (2015). Proceso de publicación, calidad y prestigio de las editoriales científicas en educación. *Educación XX1*, 18(1), 17-44.
- Gómez-Sancho, J. M., & Mancebón-Torrubia, M. J. (2005). Algunas reflexiones metodológicas sobre la evaluación de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior. *Ekonomiaz: Revista Vasca De Economía*, 60(1), 140-167.
- Gómez-Sancho, J. M., & Mancebón-Torrubia, M. J. (2012). La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas españolas: En busca de una evaluación neutral entre áreas de conocimiento. *Presupuesto y gasto público*, 67(2), 43-70.
- González, A., Ramoni, J., & Orlandoni, G. (2017). Evaluación de la eficiencia de las Universidades Estatales Colombianas. *Comunicaciones en Estadística*, 10(1), 83-100.
- Hauner, D., & Kyobe, A. (2010). Determinants of government efficiency. *World Development*, 38(11), 1527-1542.
- Hotelling, H. (1935). Demand functions with limited budgets. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 3(1), 66-78.
- Johnes, J. (2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of education review*, 25(3), 273-288.
- Johnes, J., & Li, Y. U. (2008). Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis. *China economic review*, 19(4), 679-696.
- Kao, C., & Hung, H. T. (2008). Efficiency analysis of university departments: An empirical study. *Omega*, 36(4), 653-664.
- Kuah, C. T., & Wong, K. Y. (2013). Data Envelopment Analysis modeling for measuring knowledge management performance in Malaysian higher educational institutions. *Information Development*, 29(3), 200-216.
- Lane, J. E. (2002). *New public management: an introduction*. London, UK: Routledge.
- Laureti, T., Secondi, L., & Biggeri, L. (2014). Measuring the efficiency of teaching activities in Italian universities: An information theoretic approach. *Economics of Education Review*, 42, 147-164.
- Martí-Selva, M. L., Puertas-Medina, R., & Calafat-Marzal, C. (2014). Calidad y eficiencia de las Universidades Públicas Españolas. *Revista de Estudios Regionales*, 99, 135.
- Mateos-González, J. L., & Boliver, V. (2019). Performance-based university funding and the drive towards 'institutional meritocracy' in Italy. *British Journal of Sociology of Education*, 40(2), 145-158.
- Maza-Ávila, F. J., Quesada-Ibargüen, V. M., & Vergara-Schmalbach, J. C. (2013). Efficiency and productivity of the quality of education in municipalities in the State of Bolivar, Colombia. *Entramado*, 9(2), 28-39.
- Maza Ávila, F. J., Vergara Schmalbach, J. C., & Román Romero, R. (2017). Eficiencia y productividad en la cobertura de las Universidades públicas colombianas. Efficiency and productivity in access to Colombian public universities. *Investigación y Desarrollo*, 25(2), 6-33.
- Melo-Becerra, L. A., Ramos-Forero, J. E., & Hernández-Santamarí, P. O. (2017). La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia. *Revista Desarrollo y Sociedad*, 78, 59-111.

- Moncayo-Martínez, L. A., Ramírez-Nafarrate, A., & Hernández-Balderrama, M. G. (2020). Evaluation of public HEI on teaching, research, and knowledge dissemination by Data Envelopment Analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 69(100718), 1-15.
- Moreno-Enguix, M. D. R., Lorente-Bayona, L. V., & Gras-Gil, E. (2019). Social and Political Factors Affect the Index of Public Management Efficiency: A Cross-Country Panel Data Study. *Social Indicators Research: An International and Interdisciplinary Journal for Quality-of-Life Measurement*, 144(1), 299-313.
- Mukokoma, M. M. N., & van Dijk, M. P. (2013). New public management reforms and efficiency in urban water service delivery in developing countries: blessing or fad? *Public Works Management & Policy*, 18(1), 23-40.
- Munoz, D. A. (2016), «Assessing the research efficiency of higher education institutions in Chile: A data envelopment analysis approach». *International Journal of Educational Management*, 30(6), 809-825.
- Parellada, M., & Duch, N. (2006). Descentralización autonómica y sistema universitario. *Mediterráneo Económico: Un balance del estado de las Autonomías*, 10, 405-426.
- Pedraja Chaparro, F., Salinas Jimenez, J., & Smith, P. (1994). La restricción de las ponderaciones en el análisis envolvente de datos: Una fórmula para mejorar la evaluación de la eficiencia. *Investigaciones Económicas*, 18(2), 365-380.
- Peña, C. R. (2008). Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). *Revista de Administração Contemporânea*, 12(1), 83-106.
- Pérez-Esparrels, C., & Gómez-Sancho, J. M. (2011). Los rankings internacionales de las instituciones de educación superior y las clasificaciones universitarias en España: visión panorámica y prospectiva de futuro. In *Anales do 18º Encontro de Economia Pública*, Málaga, España.
- Ramírez-Gutiérrez, Z., Barrachina-Palanca, M., & Ripoll-Feliu, V. (2019). University Rankings disclosure and efficiency in higher education: A bibliometric analysis and systematic review. *Revista de educación*, 384, 247-286.
- Ramos Ruiz, J. L., Moreno Cuello, J., Almanza Ramírez, C., Picón Viana, C. J., & Rodríguez Albor, G. (2015). *Universidades públicas en Colombia: Una perspectiva de la eficiencia productiva y la capacidad científica y tecnológica*. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte.
- Ray, S. C. (1991). Resource-use efficiency in public schools: A study of Connecticut data. *Management science*, 37(12), 1620-1628.
- Rhodes, E. L. y Southwick, L. (1993). "Variations in public and private university efficiency". *Public Policy Applications of Management Science*, 7, 145-170.
- Rodríguez-Varela, D., & Gómez-Sancho, J. M. (2018). La evaluación de la eficiencia en universidades públicas de Colombia y Chile. In *Anales do 28º Jornadas de la asociación de economía de la educación*, Barcelona, España.
- Sabando Vélez, Yonaida Ismenia, & Cruz Arteaga, Kerly Cecilia (2019). La Metodología no Paramétrica Data Envelopment Analysis en la medición de la eficiencia de los programas de vinculación universitaria. *Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad*, 4(2), 15-23.
- Salinas-Jiménez, J., & Smith, P. (1996). Data envelopment analysis applied to quality in primary health care. *Annals of Operations Research*, 67(1), 141-161.
- Sarafoglou, N., & Haynes, K. E. (1996). University productivity in Sweden: a demonstration and explanatory analysis for economics and business programs. *The Annals of Regional Science*, 30(3), 285-304.
- Sav, G. T. (2012). Productivity, efficiency, and managerial performance regress and gains in United States universities: a Data Envelopment Analysis. *Advances in Management and Applied Economics*, 2(3), 13.
- Shi, Q., & Wang, D. (2004). A new perspective for solving the contradiction between equity and efficiency in higher education. *Chinese Education & Society*, 37(1), 72-88.
- Silva, A. F., Neto, Silva, J. D. G., & Silva, M. C. (2017). Análise da eficiência da gestão pública das capitais brasileiras. *Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade*, 7(2), 85-100.
- Silva, C. R. M., & Crisóstomo, V. L. (2019). Gestão fiscal, eficiência da gestão pública e desenvolvimento socioeconômico dos municípios cearenses. *Revista de Administração Pública*, 53(4), 791-801.

Soto Mejía, J. A., & Arenas Valencia, W. (2010). *Análisis envolvente de datos de la teoría a la práctica: Fundamentos teóricos y prácticos*. Pereira, Risaralda: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial.

Soto Mejía, J. A., Vásquez Artunduaga, S., & Villegas Flórez, J. A. (2009). Medición de la eficiencia en las instituciones educativas oficiales del municipio de dosquebradas (risaralda) 2007. *Scientia Et Technica*, 3(43), 95-99.

Tiana Ferrer, A. (2018). Treinta años de evaluación de centros educativos en España. *Educación XXI*, 21(2), 17-36.

Vásquez Rojas, A. M. (2010). Estudio sobre la eficiencia técnica de las universidades públicas

presenciales españolas. In M. J. Mancebón-Torrubia, D. P. Ximénez-de-Embún, J. M. Gómez-Sancho, & G. Gim (Eds.), *Investigaciones de Economía de la Educación 5*, (1 ed., vol. 5, cap. 35, pp. 689-702). Zaragoza, España: Asociación de Economía de la Educación.

Visbal-Cadavid, D., Mendoza Mendoza, A., & Causado Rodríguez, E. (2016). Eficiencia en las instituciones de educación superior públicas colombianas: Una aplicación del análisis envolvente de datos. *Civilizar.Ciencias Sociales Y Humanas*, 16(30), 105-118.

Wolszczak-Derlacz, J., & Parteka, A. (2011). Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach. *Scientometrics*, 89(3), 887.

Zoraida Ramírez-Gutiérrez



<https://orcid.org/0000-0001-7772-7302>

Magister en Administración Económica y Financiera; Docente Titular en Departamento de Ciencias contables, Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, Universidad del Cauca.
E-mail: zramirez@unicauca.edu.co

Mercedes Barrachina-Palanca



<https://orcid.org/0000-0001-6270-0553>

PhD en Ciencias Económicas y Empresariales; Profesora Titular de Universidad en Departamento de Contabilidad, Facultad de Economía, Universidad de Valencia. E-mail: mercedes.barrachina@uv.es

Vicente Ripoll-Feliu



<https://orcid.org/0000-0003-2436-1559>

PhD en Ciencias Económicas y Empresariales; Profesor Titular de Universidad en Departamento de Contabilidad, Facultad de Economía, Universidad de Valencia. E-mail: vicente.ripoll@uv.es