



Civilizar. Ciencias Sociales y Humanas
ISSN: 1657-8953
yadira.caballero@usa.edu.co
Universidad Sergio Arboleda
Colombia

Cervera Muñoz, Arcadio; Oviedo García, Wilson; Pineda Acero, Julia Andrea
Revisión bibliográfica de la aplicación de la metodología DEA en el ámbito educativo colombiano
Civilizar. Ciencias Sociales y Humanas, vol. 13, núm. 25, julio-diciembre, 2013, pp. 133-156
Universidad Sergio Arboleda
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=100230029008>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

Revisión bibliográfica de la aplicación de la metodología DEA en el ámbito educativo colombiano*

Literature Review of the Application of DEA Methodology in the Colombian Educational Field

Recibido: 14 de mayo de 2013 - Revisado: 26 de julio de 2013 - Aceptado: 05 de octubre de 2013

Arcadio Cervera Muñoz**
Wilson Oviedo García***
Julia Andrea Pineda Acero****

Resumen

Este artículo presenta los resultados de una revisión bibliográfica a la producción intelectual nacional, relacionada con la aplicación de la metodología de Análisis Envolvente de Datos (DEA, por su sigla en inglés) en el ámbito educativo colombiano. En específico, y a partir de dicha revisión, se establecen las características de los objetos de estudio de las investigaciones y se presenta el cómo se usa la metodología. Al concluir, se tiene que aunque se ha incrementado el manejo de DEA, aún es incipiente y por ende, existen varias oportunidades de investigación que incluyen diferentes tipos de unidades de decisión (DMU), tipos de instituciones, niveles educativos, coberturas y objetivos de estudio.

Palabras clave

Análisis Envolvente de Datos, DEA, educación, eficiencia relativa.

Abstract

This article presents the results of a literature review in the national intellectual production, related to the application of the methodology of Data Envelopment Analysis (DEA, for its acronym in English) in the Colombian education. Specifically, and as of this review, the article establishes the characteristics of the objects of study of the researches and presents how the methodology is used. In conclusion, although DEA management has been increased, it is still in its infancy and therefore, there are several research opportunities that include different types of decision units (DMU), types of institutions, educational levels, coverage and study objectives.

Keywords

Data Envelopment Analysis, DEA, education, relative efficiency.

* Este artículo es resultado de la investigación titulada: "Aplicación de la metodología DEA para la medición de eficiencias técnicas relativas en sistemas organizacionales", financiada por la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

** Magíster en Ingeniería industrial Universidad de los Andes. Ingeniero industrial Universidad de América. Profesor Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Correo electrónico:
arcervera@unisalle.edu.co

*** Magíster en Administración Universidad Nacional de Colombia. Administrador de empresas Universidad del Tolima. Profesor Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Correo electrónico:
woviedo@unisalle.edu.co

**** Magíster en Administración Universidad de los Andes. Magíster en Ingeniería de sistemas y computación Universidad de los Andes. Ingeniera de diseño y automatización electrónica Universidad de La Salle. Profesora Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Correo electrónico:
japineda@unisalle.edu.co

Para citar este artículo use: Cervera, A., Oviedo, W., & Pineda, J. (2013). Revisión bibliográfica de la aplicación de la metodología DEA en el ámbito educativo colombiano. *Revista Civilizar Ciencias Sociales y Humanas*, 13(25), 133-156.

Introducción

El mejoramiento de los procesos y el uso racional de los recursos es hoy en día un tema álgido en las organizaciones. Por tanto, la productividad es una variable que refleja qué tan eficientemente una economía utiliza sus recursos para producir bienes y servicios (Iregui, Melo, & Ramírez, 2006). Por esta razón, las organizaciones son conscientes de que la productividad es una variable clave, entre otras, que se enfoca al alcance diario de la competitividad (Echeverri, 2007).

En Colombia, una adecuada gestión de las instituciones educativas busca mejorar permanentemente la aplicación y seguimiento de los recursos humanos, físicos y financieros para garantizar la prestación del servicio educativo en condiciones de calidad, oportunidad y eficiencia (Gómez, & Mancebón, 2005; Ministerio de Educación Nacional de Colombia, - MiEducación, 2013a).

Por ello, uno de los campos con mayor interés en medir esa eficiencia son las instituciones educativas, donde cada día aumenta la importancia de contar con métodos que permitan conocer el comportamiento y establecer el desempeño y la productividad de las mismas (Rodríguez, 2011). Asimismo, la medición de las eficiencias técnicas relativas de estas instituciones, en la actualidad es muy valiosa, si se quiere hacer un manejo racional y óptimo de sus recursos (Oviedo, Pineda, Cervera, & Gutiérrez, 2013). En este momento, las condiciones económicas han encaminado a las administraciones educativas a tener muy presente la evaluación y el control de la financiación de las instituciones públicas, y en particular, de las universidades (Vázquez, 2010).

En consecuencia, Data Envelopment Analysis (DEA) es una metodología que utiliza las técnicas de programación lineal con el objeto de medir la eficiencia técnica relativa de organizaciones, identificando las entidades eficientes, las cuales en conjunto forman lo que se conoce como frontera eficiente. Las entidades ineficientes se comparan con puntos ubicados en la frontera eficiente para encontrar una medida de eficiencia de estas (Fiallos, 2003).

Contextualizando, y dando respuesta a este interés, el artículo hace la presentación y el análisis de los resultados que se obtuvieron de la revisión de 23 investigaciones publicadas, para medir las eficiencias técnicas relativas en instituciones educativas mediante la metodología DEA.

Como resultado significativo de la investigación se obtuvo que en Colombia, en la última década, se ha incrementado el uso de DEA para medir eficiencias técnicas relativas en las instituciones educativas. No obstante, se visualizan más oportunidades de investigación, incluyendo diferentes tipos de instituciones, niveles educativos y coberturas.

La estructura de este artículo se compone de cuatro secciones. La sección actual, corresponde a la introducción, objetivo y alcance del estudio; la segunda sección, presenta la metodología. Posteriormente, se muestran los resultados de la revisión; y por último, se exponen las conclusiones e implicaciones.

Objetivo y alcance del estudio

Este artículo tiene como objetivo hacer una revisión bibliográfica de la producción intelectual nacional relacionada con la aplicación de la metodología de Análisis Envoltorio de Datos (DEA) en el ámbito educativo, con el fin de aprender de la experiencia de otros investigadores e identificar oportunidades para emprender nuevos estudios.

En concreto, se busca conocer los objetos de estudio que se asocian a dicha producción intelectual, así como la forma en la que se ha empleado la metodología para realizar evaluaciones relativas de eficiencia que tiendan a hacer usos más racionales de los recursos. El

alcance de la investigación corresponde a las instituciones educativas colombianas, públicas y privadas, de cualquier nivel educativo.

Metodología

La finalidad de las revisiones bibliográficas ha sido abordada por diferentes autores, sin embargo, se presentan afirmaciones similares: tener conocimiento de lo que se publica para no repetir el trabajo ya realizado por otros investigadores y tener un marco de referencia; dar cuenta de las contribuciones, los avances y las tendencias de desarrollo sobre un campo en ciencia o tecnología; conocer métodos de trabajo empleados en casos similares; y extraer pruebas y conclusiones que contribuyan a las investigaciones en curso (Cegarra, 2004; Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias, 2010; Parra & Toro, 2006). La revisión partió de la definición de los criterios para la inclusión de investigaciones, continuó con la ubicación de las fuentes de datos y la selección de documentos, y finalizó con la sistematización, análisis e integración de resultados.

Criterios para la inclusión de investigaciones

Las condiciones para incorporar los estudios en la revisión fueron tres:

1. Investigación donde se aplique Análisis Envolvente de Datos.
2. Estudio realizado al sector educativo colombiano.
3. Documento publicado por una institución de educación nacional (incluye libro, trabajo de grado, artículo y otros, excluye documentos parciales y resúmenes).

Fuentes de datos y selección de documentos

Para identificar las posibles investigaciones a trabajar en la revisión, se utilizó una búsqueda computarizada con combinación de

dos grupos de palabras clave (a través del conectador lógico “y”). El primero, relacionado con DEA (“Análisis Envolvente de Datos”, “DEA” y “eficiencia relativa”) y el segundo, con educación en Colombia (“educación”, “colegio”, “universidad” y “educativo”).

Se consultaron en el mes de febrero del 2013, tres de las bases de datos que ofrece la Universidad de La Salle a su comunidad académica (Ebsco, ProQuest y ScienceDirect) y otros recursos electrónicos como Redalyc y bibliotecas virtuales de algunas universidades nacionales que evidenciaban estudios sobre DEA. Por último, se procedió a utilizar los motores de búsqueda Google y Yahoo.

Cada uno de los documentos identificados se revisó, y aquellos que cumplieron los criterios en mención, se incluyeron en un repositorio en Google Drive para trabajarlos de manera colaborativa. Como resultado, se seleccionaron 23 investigaciones.

Revisión de las investigaciones

La exploración de las investigaciones se realizó a través de una matriz en Microsoft Excel, por una parte, se contemplaron elementos relevantes frente al documento (título, tipo de documento, palabras clave, año y lugar de publicación, autores e institución educativa asociada) y por otra, la información vinculada con la aplicación de la metodología DEA (objetivo, objeto de estudio, nivel educativo, tipo de institución, cobertura, año de estudio, unidades de decisión [DMU, por su sigla en inglés], modelo, variables de entrada y de salida, y herramienta de análisis). Se realizaron los cálculos estadísticos, se generaron las gráficas correspondientes y se analizaron los resultados.

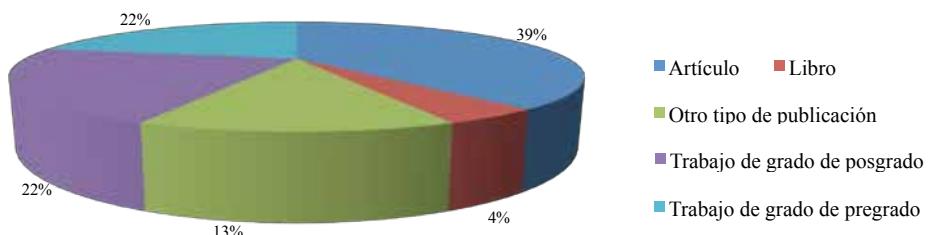
Características generales de los documentos

El tipo de documento más representativo en los estudios revisados corresponde a

artículo, con un 39%, seguido de trabajos de grado para pregrado y posgrado, cada uno con un 22% (gráfica 1). Lo anterior, lleva a concluir que un alto porcentaje de aplicaciones

de DEA en las instituciones educativas corresponde a investigaciones desarrolladas en las universidades, y que la metodología es de interés para los estudiantes.

Gráfica 1
Distribución por tipo de documento revisado

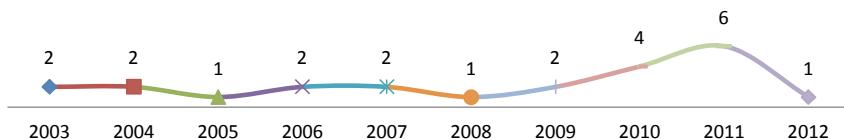


Fuente: Autores.

En cuanto al uso de análisis envolvente de datos, se encontraron publicaciones desde el año 2003, con un incremento significativo en el 2011 (gráfica 2). Esto demuestra la importan-

cia que tiene en la última década, su aplicación para resolver problemas y proponer optimizaciones en los centros educativos.

Gráfica 2
Tendencia de publicaciones

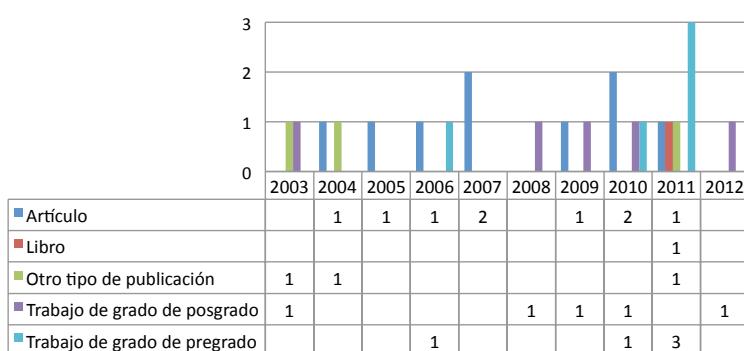


Fuente: Autores.

Al relacionar el año de publicación con el tipo de documento, se infiere que en los últimos años (2008-2012) se ha mantenido el uso de artículos para plasmar el conocimiento sobre

DEA y han surgido nuevas formas, tales como libros; asimismo, se tiene que la metodología pasó de aplicarse a nivel de posgrado para ser también utilizada en pregrado (gráfica 3).

Gráfica 3
Frecuencia de publicaciones por tipo de documento

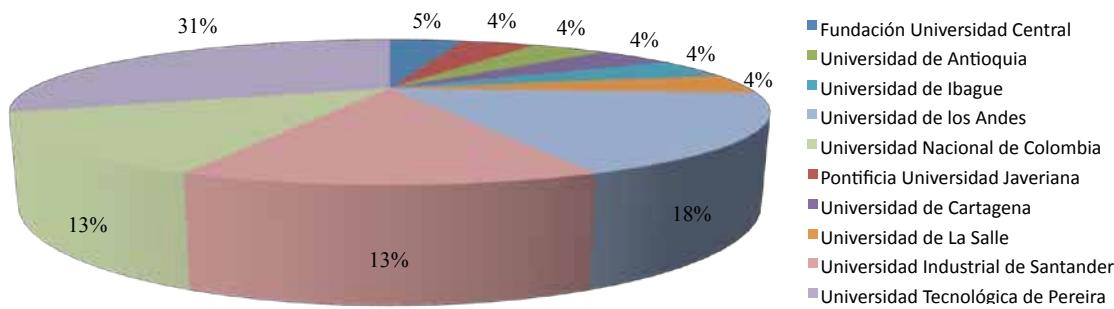


Fuente: Autores.

Por otra parte, se encuentra que las universidades que más investigan sobre instituciones educativas en Colombia empleando DEA son: Universidad Tecnológica de Pereira (31%),

Universidad de los Andes (18%), Universidad Nacional de Colombia (13%) y Universidad Industrial de Santander (13%) (gráfica 4).

Gráfica 4
Distribución de documentos por universidad

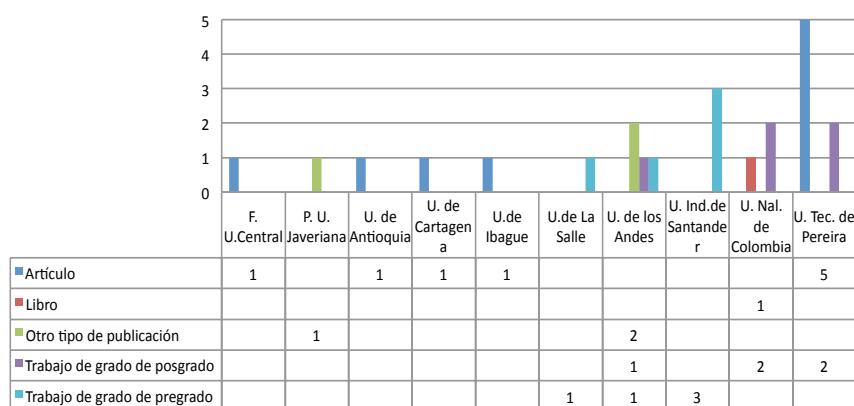


Fuente: Autores.

También se observa una preferencia por los artículos en la Universidad Tecnológica de Pereira, la consecución de un libro en la Uni-

versidad Nacional de Colombia, y el trabajo con estudiantes de pregrado en la Universidad Industrial de Santander (gráfica 5).

Gráfica 5
Frecuencia de publicaciones por tipo de documento y teniendo en cuenta la universidad



Fuente: Autores.

Por último, y frente a las palabras clave que consignaron los autores de los documentos, las más comunes son “Análisis Envolvente de Datos”, “DEA”, “eficiencia”, “productividad” y “DMU”; aunque también sobresalen “supereficie”, “indicadores”, “eficiencia relativa”, “Data Envelopment Analysis” y “cobertura educativa”.

Hallazgos en la aplicación de la metodología DEA

En esta sección se presenta una caracterización de las instituciones educativas objeto de la metodología análisis envolvente de datos, los fines de la aplicación de la metodología y los hallazgos frente a su ejecución.

Caracterización de las DMU analizadas

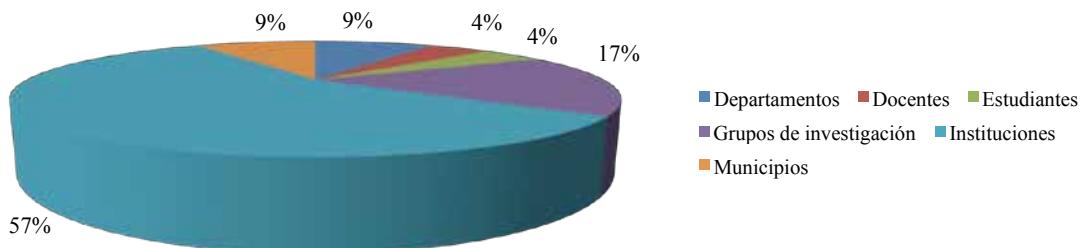
Cada organización en DEA se conoce como DMU (Decisión Making Units), la cual emplea unos recursos o entradas para obtener unas salidas o resultados (Ray, 1991). Las entradas y salidas se relacionan mediante una razón entre una o varias salidas y una o varias entradas, teniendo en cuenta para ello que cada entrada y salida se multiplica por un peso predeterminado a través de un problema de programación lineal, que da como resultado que se pueda maximizar las salidas o minimizar las entradas (Restrepo, & Villegas, 2007). En los

23 estudios revisados, se identificaron 28 modelos DEA, con un valor mínimo de 12 y un máximo de 928 DMU, lo que equivale a un promedio de 125 DMU por investigación.

Tipos de DMU analizadas

Las principales DMU analizadas fueron: instituciones educativas (57%), grupos de investigación (17%), municipios (9%) y departamentos (9%) (gráfica 6), lo cual quiere decir que sobre estas es que se busca tomar algún tipo de decisión para hallar la forma eficiente de utilizarlas (Herrera, & Francke, 2009).

Gráfica 6
Distribución del tipo de DMU



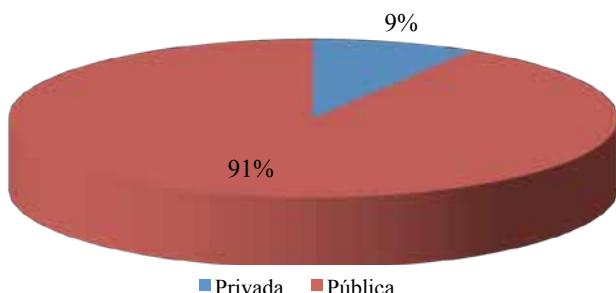
Fuente: Autores.

Tipos de institución educativa de los objetos de estudio

Se observa que el 91% de las instituciones educativas objeto de análisis envolvente de datos fueron de carácter público, lo cual es coherente si se valoran planteamientos como los de Martín (2005), que indican que se requiere hacer gestión pública que se ocupe de

la “utilización de los medios adecuados” y establecer “mecanismos de decisión para la asignación y distribución de los recursos públicos y de la coordinación y estímulo de los agentes públicos para lograr objetivos colectivos” (p. 86). En cuanto a las privadas, únicamente se identificaron dos de 23 estudios, que corresponden al 9% de las investigaciones (gráfica 7).

Gráfica 7
Distribución del tipo de institución



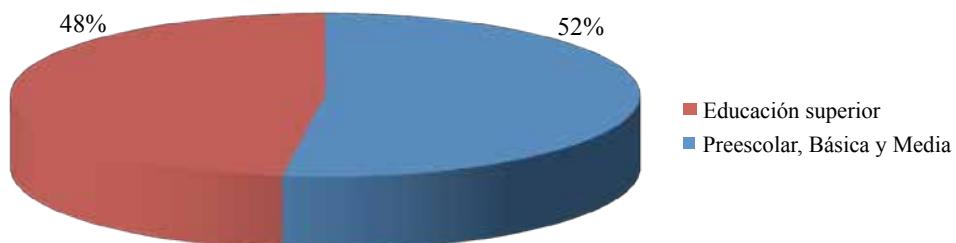
Fuente: Autores.

Nivel educativo contemplado en las investigaciones

Para clasificar y analizar el nivel educativo de los objetos de estudio (gráfica 8), se tomó como referencia los que define el gobierno de

Colombia, que son: “preescolar, básica y media” y “educación superior” (MinEducación, 2013b). En la revisión, se halló que se han hecho más aplicaciones de DEA en la educación preescolar, básica y media (52%) que en la educación superior (48%).

Gráfica 8
Distribución del nivel de estudio contemplado

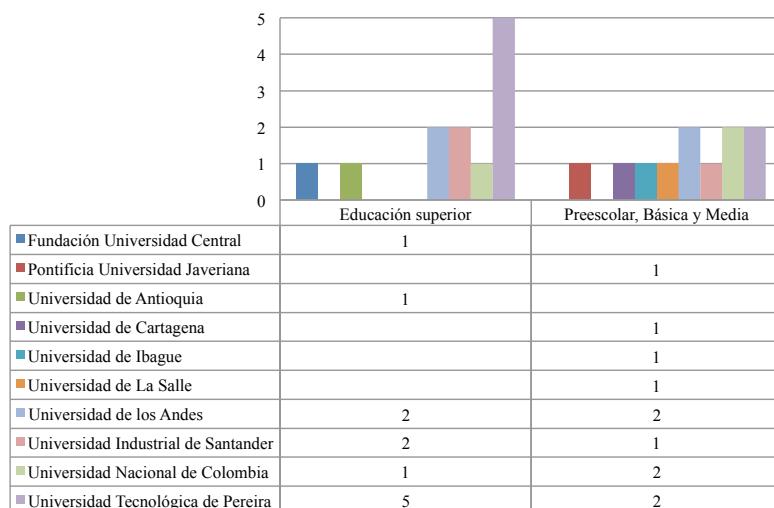


Fuente: Autores.

Frente a la preferencia de las universidades (gráfica 9), se evidencia que la Universidad Tecnológica de Pereira se enfoca más en insti-

tuciones de educación superior (42%) y que la Universidad de los Andes ha trabajado de modo equitativo los dos niveles.

Gráfica 9
Frecuencia del nivel educativo trabajado y teniendo en cuenta la universidad



Fuente: Autores.

Se obtuvo que la Universidad Central y la Universidad de Antioquia han aplicado DEA únicamente en instituciones de educación superior; mientras que la Pontificia Universidad Javeriana, la Universidad de Cartagena, la Universidad de Ibagué y la Universidad de La Salle, han trabajado exclusivamente con enti-

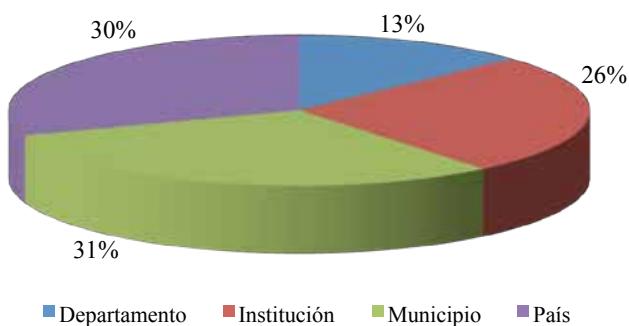
dades de educación preescolar, básica y media. Asimismo, las instituciones de educación superior que han estudiado los dos niveles de educación son Universidad de los Andes, Universidad Industrial de Santander, Universidad Nacional de Colombia y Universidad Tecnológica de Pereira.

Cobertura del estudio

La cobertura del estudio corresponde al alcance de las DMU, es decir, si la comparación de eficiencia se hizo dentro de unidades de una institución o a nivel de localidad, municipio, departamento, país u otro (gráfica 10). En

la revisión realizada, el nivel municipio fue el de mayor empleo (31%), seguido del nivel país (30%). Los municipios con mayor análisis fueron Bogotá D. C., Dosquebradas (Risaralda) y Bucaramanga (Santander). Cabe resaltar que la comparación de institución (26%) se enfocó en gran parte en la educación superior.

Gráfica 10
Distribución de la cobertura del estudio



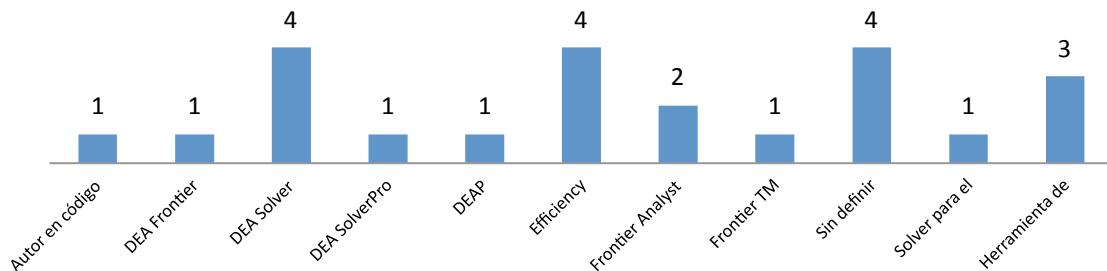
Fuente: Autores.

Software

Para identificar las DMU eficientes e inefficientes en DEA es necesario ingresar las variables de entrada y salida en un *software* de programación lineal (Zhu, 2013).

En la revisión se identificó la referencia a diez *software* utilizados para DEA, siendo los más usados DEA Solver, Efficiency Measurement System (EMS) y una herramienta desarrollada por Restrepo y Villegas (2007) (gráfica 11).

Gráfica 11
Frecuencia de uso de *software* para DEA



Fuente: Autores.

Al relacionar las universidades con el *software*, se tiene que no se puede establecer una herramienta preferida (gráfica 12).

Gráfica 12
Frecuencia de uso de software para DEA y teniendo en cuenta la universidad

	Cod. mosel en Xpress-MP	DEA Frontier	DEA Solver	DEA SolverPro	DEAP	EMS	Frontier Analyst	Frontier TM	Hta de Restrepo y Villegas	Sin definir	Solver para DEA
F. U. Central						1					
P. U. Javeriana						1					
U. de Antioquia									1		
U. de Cartagena							1				
U. de Ibagué			1								
U. de La Salle							1				
U. de los Andes	1		1			1				1	
U. Ind. de Santander				1		1				1	
U. Nal. de Colombia		1			1						1
U. Tec. de Pereira			1	1					1	3	1

Fuente: Autores.

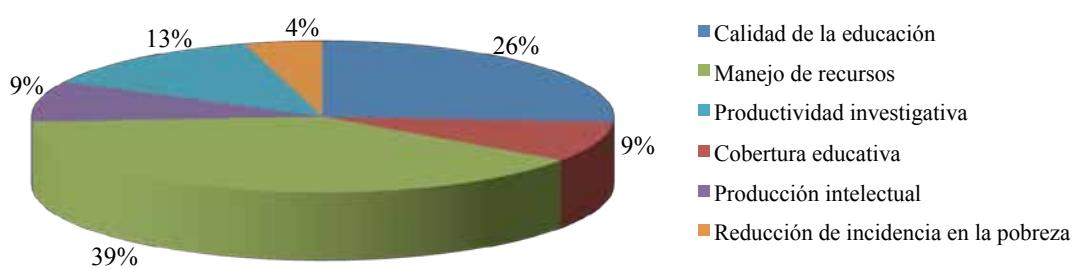
Análisis envolvente de datos en las instituciones educativas colombianas

En este apartado se presenta el objetivo de la aplicación de la metodología DEA en las instituciones educativas, junto con los modelos y las variables que se emplearon.

Eficiencia evaluada

Se identificaron seis objetivos de medición de eficiencia en los documentos analizados y fueron: calidad de la educación, manejo de recursos, productividad investigativa, cobertura educativa, producción intelectual y reducción de incidencia en la pobreza (gráfica 13). El objetivo más relevante fue el de manejo de recursos (39%), seguido por calidad en la educación (26%).

Gráfica 13
Distribución de los objetivos de medición de eficiencia

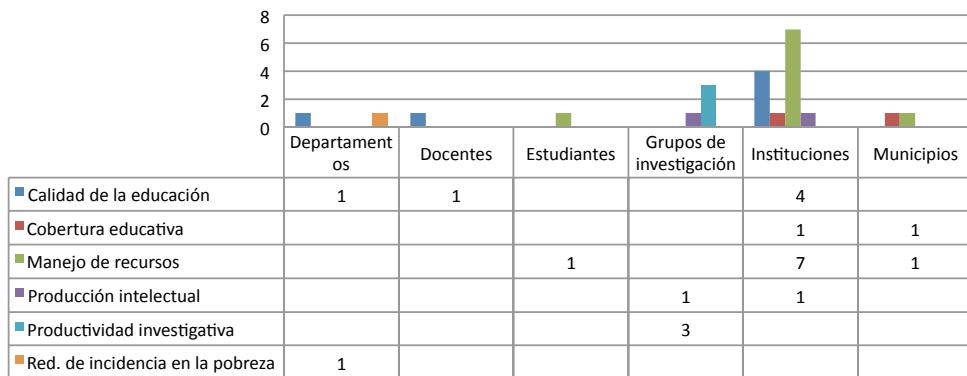


Fuente: Autores.

Se evidencia que DEA se aplicó principalmente a instituciones para optimizar y dar un manejo adecuado a los diferentes recursos con los que cuentan (docentes, estudiantes, salones de clase, entre otros), y en los grupos de investi-

gación para incrementar su productividad (gráfica 14). En cuanto a los docentes y estudiantes, que fueron los tipos de DMU menos analizadas, estos tenían por objetivo la calidad de la educación y el manejo de recursos respectivamente.

Gráfica 14
Frecuencia de los objetivos de medición de eficiencia y teniendo en cuenta el tipo de DMU

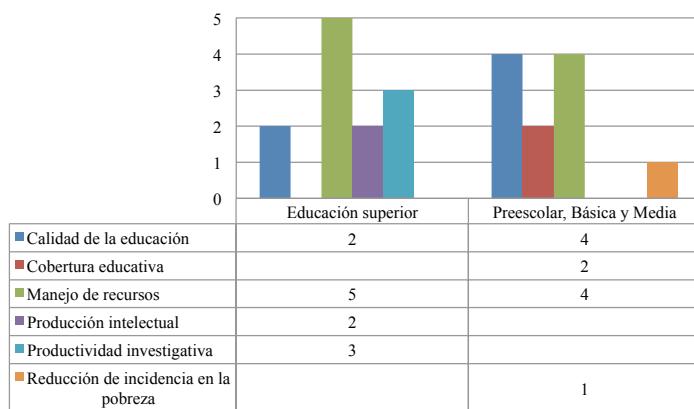


Fuente: Autores.

Al relacionar los objetivos del estudio con el nivel educativo, los de educación superior (gráfica 15), se enfocaron al manejo de recursos y la productividad investigativa (66% en

conjunto), y los de preescolar, básica y media al manejo de recursos y la calidad en la educación (72% en conjunto).

Gráfica 15
Frecuencia de los objetivos de medición de eficiencia y teniendo en cuenta el nivel educativo



Fuente: Elaboración propia.

Frente a los objetivos contemplados por las universidades (gráfica 16), estos son diversos; sin embargo, se pueden abstraer hechos como que todos los estudios de la Universi-

dad Industrial de Santander se enfocaron en el manejo de recursos, y que la Universidad Tecnológica de Pereira es la que mayor variedad de objetivos ha abordado.

Gráfica 16
Frecuencia de los objetivos de medición de eficiencia y teniendo en cuenta la universidad

	Calidad de la educación	Cobertura educativa	Manejo de recursos	Producción intelectual	Productividad investigativa	Reducción de incidencia en la pobreza
F. U. Central	1					
P. U. Javeriana			1			
U. de Antioquia					1	
U. de Cartagena		1				
U. de Ibagué		1				
U. de La Salle	1					
U. de los Andes	1		2	1		
U. Ind. de Santander			3			
U. Nal. de Colombia	1		1			1
U. Tec. de Pereira	2		2	1	2	

Fuente: Autores.

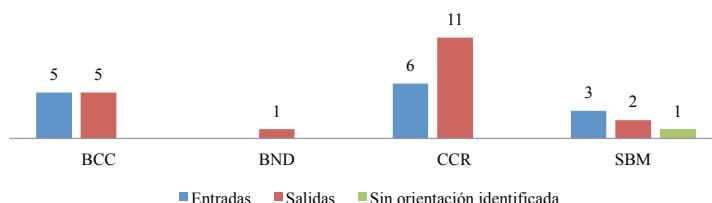
Modelos DEA

Entre los modelos usados en DEA, se tiene el CCR (Charnes, Cooper & Rhodes) y el BCC (Banker, Charnes & Cooper) –entre otros– se construyen por proyección radial, el primero con rendimientos constantes a escala (CRS, por su sigla en inglés) y el segundo con rendimientos variables a escala (VRS, por su sigla en inglés). Ambos pueden orientarse a las entradas o a las salidas. Cuando se dirigen a las entradas, los insumos son proporcionalmente disminuidos, mientras que los resultados o sa-

lidas permanecen fijos. Ahora, cuando los modelos se guían hacia las salidas, los resultados son proporcionalmente aumentados, mientras que los insumos o entradas se mantienen constantes (González, & Verdugo, 2010; Oviedo, & Rodríguez, 2011).

Se identificaron cuatro modelos, encaminados tanto en las entradas como en las salidas (gráfica 17). El modelo que más se empleó fue el CCR con 17 aplicaciones, seguido del BCC con diez. Cabe anotar que en algunos estudios se ejecutaron varios modelos para el análisis de las DMU.

Gráfica 17
Frecuencia de uso de modelos DEA



Fuente: Autores.

De esta manera, se establece que la orientación de los estudios se encauza más hacia las entradas (20 aplicaciones) que hacia las salidas (14 aplicaciones). En una sola aplicación no se pudo definir la orientación del modelo.

Variables contempladas en los modelos

Todo estudio realizado con la metodología DEA, dado que es un método de estimación para construir la frontera de eficiencia, requiere

relacionar las entradas con las salidas a través de los modelos (Coll, & Blasco, 2006). Como ya se mencionó, en la revisión se identificaron seis objetivos (calidad de la educación, manejo de recursos, productividad investigativa, cobertura educativa, producción intelectual y reducción de incidencia en la pobreza), motivo por el cual se contempló el análisis de variables para establecer nexos o discrepancias. Asimismo, se definieron niveles de agrupación de estas variables, dependiendo de su similitud.

Calidad de la educación

Frente al primer objetivo de investigación, denominado calidad de la educación, se observa que el 26% de los estudios en análisis se dirige hacia su cumplimiento, y aplica DEA para buscar las buenas prácticas y replicarlas en las instituciones educativas con ineficiencias a escala (Rodríguez, 2011). Lo anterior, también muestra que los centros educativos:

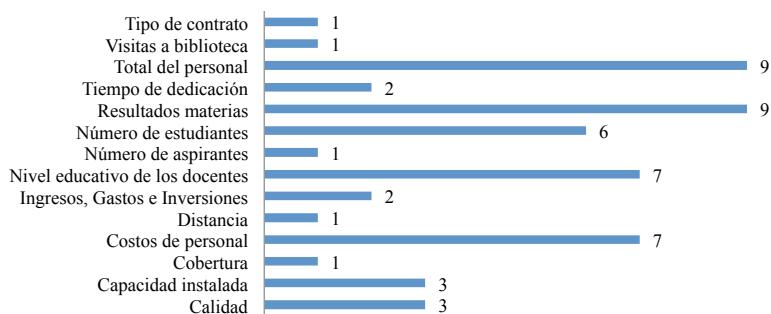
Han centrado su atención principalmente en aspectos de calidad, dejando de lado que el proceso educativo es asimilable a una empresa la cual puede ser evaluada bajo la óptica de qué tan eficiente ha sido en la elaboración de sus productos finales (Torres. & Reinosa, 2011, p. 5).

Se analizaron seis estudios, de los cuales solo uno propende por mejorar la calidad de la educación en el sector privado. En este, el objetivo incluye calidad del diseño del curso, calidad del profesor, calidad en el desempeño del alumno, y calidad para el aprendizaje y el crecimiento del estudiante (Mejía, Sánchez, & Visbal, 2006).

Los otros cinco estudios se llevaron a cabo en colegios distritales, lo cual refleja que en Colombia se busca el mejoramiento de la calidad de la educación pública y una mayor pertinencia (Díaz, 2003), y ha tomado mayor auge con la política de “Revolución Educativa” que el gobierno del expresidente Álvaro Uribe Vélez, a través de la Ley 115/1994, empezó a implementar, enfocándose en: cobertura, calidad, pertinencia y eficiencia (Soto, Vásquez, & Villegas, 2009).

En cuanto a las variables de entrada (gráfica 18), los estudios manifiestan cómo los resultados académicos en las materias, el nivel educativo del docente, la relación alumnos por docente y la nómina del colegio, son partícipes del desempeño del estudiante y a su vez de la eficiencia de la institución (Torres, & Reinosa, 2011).

Gráfica 18
Variables de entrada para calidad de la educación



Fuente: Autores.

Asimismo, las seis investigaciones utilizan nueve veces la variable Total del Personal, guardando una relación mayor a uno frente al número de investigaciones, debido a que una investiga-

ción puede utilizar mas de un modelo DEA; en concreto, las variables docentes y estudiantes son claves para elevar los niveles de eficiencia en las instituciones educativas (Piñeros, 2010).

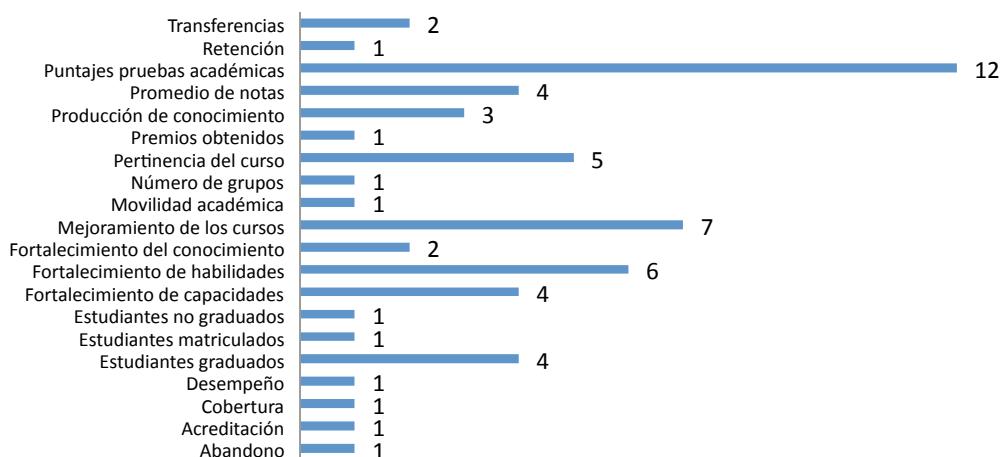
Respecto a las salidas (gráfica 19), el grupo de variables de puntaje de pruebas académicas, es el de mayor grado de relación con la calidad de la educación. Por ejemplo, desde la perspectiva de Bernal (2009) y dado que entre las pruebas académicas se contemplan las pruebas de Estado, se tiene que estas sirven como un filtro en la educación superior, al permitir el ingreso de los estudiantes más sobresalientes a las universidades públicas.

Por su parte, variables como mejoramiento de los cursos, fortalecimiento de habilidades

y pertinencia, también son significativas, puesto que se consideran vitales para optimizar el proceso de producción del servicio,

[...] relacionado con la gestión [...] para lograr que los egresados salgan en el tiempo establecido, con los conocimientos, habilidades y destrezas esperados, de acuerdo con los contenidos y las metodologías definidas por la propuesta pedagógica, con los docentes y alumnos elegidos (Sarmiento, Alonso, Duncan, & Garzón, 2005, p. 18).

Gráfica 19
Variables de salida para calidad de la educación



Fuente: Autores.

Cobertura educativa

El siguiente objetivo de investigación en el cual se enfocan dos estudios, es el de cobertura educativa. Este hace referencia al derecho fundamental que tienen todos los colombianos a tener acceso al sistema educativo, y a la capacidad de respuesta del gobierno nacional para garantizar todos los cupos escolares que demanda la comunidad para que no haya ningún individuo excluido (Quesada, Blanco, & Maza, 2010).

Dentro de las políticas del gobierno nacional, dicha cobertura es un tema relevante para alcanzar mejores condiciones de desarrollo

social y económico (Rodríguez, 2012). En este sentido, las leyes 60/1993 y 715/2001 ordenan con respecto a la distribución de recursos para educación, basándose en criterios financieros, asegurar el costo de la nómina dada la restricción presupuestal, y calcular de esta manera la transferencia por alumno. Lo anterior es diferente a considerar que el Estado está definiendo cuál es el costo per cápita en que incurría al suministrar un servicio bajo determinadas condiciones de calidad y eficiencia (Iregui, Melo & Ramos, 2006a). Puntualmente, se dice que “para la producción de la cobertura educativa se debe estimar la eficiencia municipal de manera agregada (zonas urbanas y rurales), aunque las condiciones para la prestación del servicio

pueden diferir por la dispersión poblacional" (Chediak, & Rodríguez, 2011, p. 44).

Al evaluar los resultados del sistema educativo público colombiano durante los últimos años, se observan incrementos importantes en los niveles de cobertura en primaria y secundaria, pero no se registran mayores avances en la calidad de los planteles oficiales (Iregui, Melo, & Ramos, 2006b).

Ya frente a la revisión realizada, se tiene que el 9% de las investigaciones trabajaron como objetivo la cobertura educativa, y las variables de entrada (gráfica 20) se asocian al total del personal, la capacidad instalada, y los ingresos, gastos e inversiones; y autores como Quesada et al. (2010) afirman que el desempeño no se compadece con los recursos aplicados a la gestión en la cobertura de instituciones educativas.

Gráfica 20
Variables de entrada para cobertura educativa



Fuente: Autores.

Ahora bien, en lo referente a las salidas (gráfica 21), se tiene que las dos investigaciones en análisis coinciden en una sola variable que corresponde a los estudiantes matriculados en educación preescolar, básica y media en institu-

ciones oficiales. Esta coincidencia se debe a que la manera de medir la eficiencia en cobertura es considerando los estudiantes vinculados al sistema educativo (Chediak, & Rodríguez, 2011; Quesada et al., 2010).

Gráfica 21
Variables de salida para cobertura educativa



Fuente: Autores.

Manejo de recursos

El objetivo ligado con el manejo de los recursos representa el 39% de las investigaciones en estudio, lo que indica que es uno de los aspectos más importantes para mejorar la eficiencia de las instituciones educativas. En general, se puede afirmar que la preocupación por la eficiente asignación y el uso de los bienes en muchos países, ha desencadenado una serie de estudios donde se evalúa la utilización de los recursos destinados a la educación (en especial la

superior) y Colombia no es ajena a esto (Seijas, 2004; Visbal, 2005); sin embargo:

Tanto el Ministerio de Educación como las secretarías departamentales han sido débiles [...]. A pesar de los esfuerzos [...] el ámbito nacional no cuenta aún con los instrumentos básicos para la información, la evaluación de gestión y para pedir y dar cuentas a la sociedad en los escenarios locales, regionales y nacional. Las reformas en los mecanismos de financiación apenas están iniciando la exigencia de responsabilidades individuales en el manejo de

los recursos humanos y financieros. Este es un reto que exige una política de Estado (Sarmiento, Tovar, & Alam, 2001, p. 20).

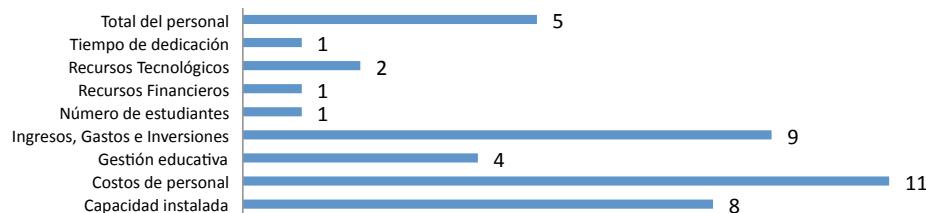
Mediante la aplicación de DEA se pretende establecer el cómo se pueden transformar los recursos en resultados de aprendizaje (Moriones, 2006), y se concluye que el empleo de una mayor cantidad de recursos puestos a disposición de una institución educativa conllevará a mejores resultados (Pérez, Araque, & Lancheros, 2003). De la misma manera, se tiene que el manejo de recursos en las instituciones educativas implica trabajar con calidad, al lograr un gasto mínimo

de esfuerzo humano, de recursos naturales y físicos (maquinaria, herramientas, edificios, etc.) (Barahona, 2011; Rodríguez, 2011).

Otro aspecto establecido, es que las instituciones educativas que tienden a invertir recursos en materiales asociados al proceso educativo, también lo hacen en materiales que se asocian indirectamente a dicho proceso (Díaz, 2003).

En específico, las variables de entrada asociadas a costos de personal e ingresos, gastos e inversiones son las más representativas en el objetivo de manejo de recursos (gráfica 22).

Gráfica 22
Variables de entrada para manejo de recursos

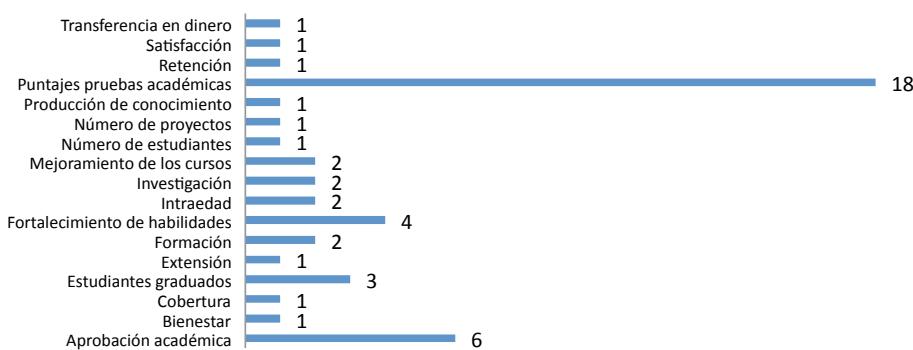


Fuente: Autores.

Frente a las salidas (gráfica 23), y en lo que respecta a instituciones educativas oficiales de educación básica y media, cuatro estudios propendan por ser más eficientes en los puntajes de pruebas académicas (pruebas de Estado Saber 11° y pruebas de competencias

básicas Saber) (López, & Rivera, 2008; López, & Suárez, 2011; Moriones, 2006; Pérez *et al.*, 2003). En cuanto a educación superior, las dos investigaciones se enfocan en la obtención de buenos resultados en las Pruebas Ecaes (Barbosa, 2010; García, & González, 2011).

Gráfica 23
Variables de salida para manejo de recursos



Fuente: Autores.

Por último, también se tiene que las instituciones de educación superior hacen uso de sus recursos para fortalecer en sus estudiantes habilidades de liderazgo, con egresados que tengan impacto laboral en cargos directivos de empresas regionales, nacionales y multinacionales (Zuluaga, Soto, & Estrada, 2010).

Producción intelectual

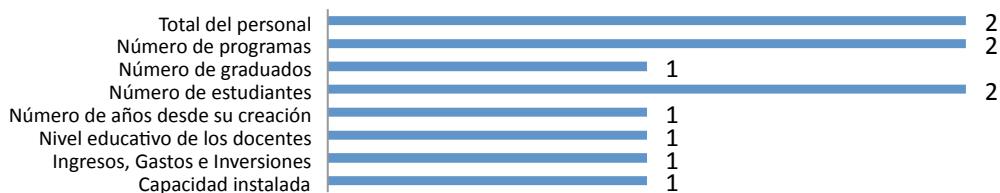
La producción intelectual se consideró como objetivo en el 13% de los estudios y se presentó principalmente en las universidades. La razón de esto, es que la aplicación de un modelo DEA para medir la producción investigativa es un asunto con serias implicaciones económicas para las universidades evaluadas, si se tiene en cuenta que el desembolso de los recursos está sujeto a los desempeños y al cumplimiento de un plan de mejoramiento (Soto, Arenas, & Trejos, 2005). La producción académica es una de las misiones básicas de investigadores universitarios, y de los auxiliares como semilleros de investigación; donde se adquieren compromisos de educación pos-

grada de maestría y doctorado (Munévar, & Villaseñor, 2008).

Cabe resaltar que la metodología DEA, en comparación con una herramienta para medir eficiencia basada en la técnica multivariada “Análisis de componentes principales” y combinada con regresión lineal, se considera más idónea para valorar las eficiencias de las universidades con respecto al factor de producción académica (Soto *et al.*, 2005). A partir de esta metodología, las eficiencias relativas corresponden a la comparación de los valores de productividad (enlace entre recursos y producción académica) de un conjunto de grupos de investigación con características similares en cuanto a sus disciplinas (Ruiz, Chavarro, Orozco, & Villaveces, 2008).

Con respecto a las variables de entrada (gráfica 24), estas incluyen el número de programas, número de estudiantes y total de personal, lo que permite concluir que las instituciones educativas se clasifican en razón de su índice de eficiencia tanto en investigación como en formación (García, & González, 2011).

Gráfica 24
Variables de entrada para producción intelectual



Fuente: Autores.

En cuanto a las de salida (gráfica 25), y siendo la de mayor uso, se tiene la producción de conocimiento (artículos de investigación, libros, capítulos de libro, producción artística, producción patentada o registrada y producción

técnica no patentable) (Ruiz *et al.*, 2008; Soto *et al.*, 2005). Otras como número de proyectos, número de grupos, formación y divulgación también son tenidas en cuenta.

Gráfica 25
Variables de salida para producción intelectual



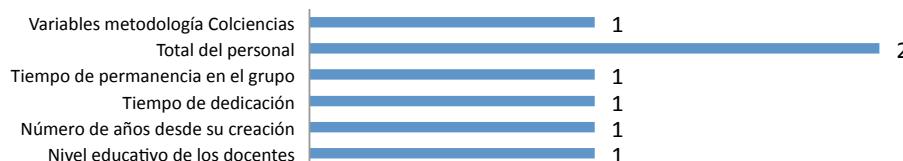
Fuente: Autores.

Productividad investigativa

La productividad investigativa se reconoce como todas las áreas sistemáticas que están íntimamente ligadas con la producción, difusión y aplicación innovadora o de rutina de conocimientos científicos o tecnológicos, generándose resultados tangibles (Perozo, Arteaga, & Fuenmayor, 2008).

En cuanto a este objetivo de investigación, el 13% de los estudios se enfocaron en él. Así, la variable de entrada del total del personal es la de mayor empleo para valorar las eficiencias de las universidades con respecto al factor de producción (Soto *et al.*, 2005). Pero también se manejan otras como el nivel educativo de los docentes, los años de creación del grupo de investigación y el tiempo de dedicación (gráfica 26).

Gráfica 26
Variables de entrada para productividad investigativa



Fuente: Autores.

Con respecto a las variables de salida (gráfica 27), las tres investigaciones coincidieron en hacer mejoramiento de la eficiencia incrementando el porcentaje de producción aca-

démica, manteniendo constantes los recursos en un modelo DEA que se dirige a las entradas (Arenas, Soto, & Marino, 2004; Restrepo, & Villegas, 2007; Soto, Giraldo, & Arenas, 2007).

Gráfica 27
Variables de salida para productividad investigativa



Fuente: Autores.

Reducción de incidencia en la pobreza

El gobierno colombiano ha desarrollado acciones desde la perspectiva educativa para favorecer a las comunidades de bajos recursos, ampliando su cobertura e implementando políticas de calidad. La pretensión es disminuir la inequidad e incidir favorablemente en la reducción de la pobreza (López, 2005). En ese orden de ideas, la metodología DEA contempla como insumo la educación, la cual dota

de capacidades y habilidades a los estudiantes para que puedan ejercer su profesión con mejores oportunidades de crecimiento personal que incidirán directamente en su nivel de vida (Rodríguez, 2012).

Frente a los estudios analizados, la reducción de incidencia en la pobreza representa el 9%, siendo la cobertura la variable de entrada utilizada (gráfica 28) y la pobreza la de salida (gráfica 29).

Gráfica 28
Variables de entrada para reducción de incidencia en la pobreza



Fuente: Autores.

La cobertura incide de forma significativa en el desarrollo de capacidades y habilidades necesarias en la población a la hora de escapar o no incurrir en situación de pobreza (Rodríguez,

2012); y la pobreza en sí, se enfrenta aumentando el nivel de cobertura (la meta fijada por el Departamento Nacional de Planeación es el 100% en la tasa de escolaridad) (Rodríguez, 2012).

Gráfica 29
Variables de salida para reducción de incidencia en la pobreza



Fuente: Autores.

Combinación de variables en los modelos

Al analizar cuáles variables de entrada y de salida se seleccionaron en la aplicación de la metodología DEA y el porqué, se logró identi-

ficar que cuatro estudios (17%) tomaron como referente investigaciones previas, los otros 19 (83%) fijaron sus variables a partir de la experiencia de sus investigadores (tabla 1).

Tabla 1
Combinación de variables en los modelos

Nombre documento	Grupos de variables y justificación de la combinación de variables
Análisis económico de la eficiencia de los servicios de educación secundaria en Bogotá para los años 2005, 2006 y 2007	Entradas: resultados materias; número de estudiantes; distancia; nivel educativo de los docentes; tipo de contrato; total del personal; costos de personal. Salidas: desempeño; estudiantes graduados. Referente: (Velez, Schieffelin, & Valenzuela, 1994): la tasa alumno por docente y la distancia del docente a la institución guarda una relación inversamente proporcional con el desempeño del estudiante; contrario a la planta de docentes y nivel educativo de los profesores donde su vínculo es directo.

Nombre documento	Grupos de variables y justificación de la combinación de variables
Análisis envolvente de datos aplicado a la cobertura educativa en el departamento de Bolívar-Colombia (2007-2008)	<p>Entradas: total del personal; ingresos, gastos e inversiones; capacidad instalada. Salidas: estudiantes matriculados. Experticia: entre más alta sea la inversión y mejor la utilización óptima de estos recursos, mayor es la cobertura desde preescolar hasta educación media.</p>
Aplicación de análisis envolvente de datos a los centros de educación del distrito (CED's)	<p>Entradas: costos de personal; ingresos, gastos e inversiones. Salidas: puntajes pruebas académicas; aprobación académica; Puntajes pruebas académicas Experticia: entre más altos sean los costos asociados de infraestructura, nómina y servicios en general, hay mayor garantía para que los estudiantes logren un aprendizaje efectivo y tengan un mejor desempeño en las Pruebas Saber.</p>
Clasificación de grupos de investigación colombianos aplicando análisis envolvente de datos	<p>Entradas: total del personal; número de años desde su creación. Salidas: producción de conocimiento; formación de nuevos investigadores. Experticia: la producción intelectual es directamente proporcional al número de investigadores y los años de existencia del grupo de investigación.</p>
Construcción de índices asociados a técnicas multivariadas y al análisis envolvente de datos para los centros educativos distritales	<p>Entradas: costos de personal; ingresos, gastos e inversiones. Salidas: puntajes pruebas académicas. Experticia: los costos por alumno con respecto al personal de la institución, tienen nexo directo con los resultados de las pruebas de competencias, porque esto incide de manera positiva en la motivación de los estudiantes que hace más efectivo el proceso enseñanza-aprendizaje.</p>
Descentralización, gasto público y sistema educativo oficial colombiano: un análisis de eficiencia y calidad	<p>Entradas: nivel educativo de los docentes; número de estudiantes; capacidad instalada; cobertura. Salidas: puntajes pruebas académicas; cobertura. Experticia: la inversión apropiada del gobierno en las instituciones educativas incide favorablemente en la cobertura educativa y en los resultados sobresalientes en las Pruebas Saber.</p>
Determinación índice de eficiencia en educación pública, municipios del departamento de Risaralda, año 2005	<p>Entradas: total del personal; capacidad instalada; ingresos, gastos e inversiones; recursos tecnológicos. Salidas: aprobación académica; retención; cobertura; puntajes pruebas académicas. Experticia: el bienestar del estudiante guarda relación directa con la disposición de recursos, generando bajas tasas de deserción y por ende, altas tasas de estudiantes graduados.</p>
Educación y pobreza, un análisis de eficiencia relativa departamental	<p>Entradas: cobertura. Salidas: pobreza. Experticia: entre más amplia sea la cobertura educativa en un departamento, más probabilidad existe de que las personas puedan lograr salir de la pobreza extrema.</p>
La eficiencia relativa en cobertura educativa de los municipios del Tolima, aplicando el análisis envolvente de datos –DEA– año 2009	<p>Entradas: total del personal; ingresos, gastos e inversiones; capacidad instalada. Salidas: estudiantes matriculados; intraedad; puntajes pruebas académicas. Experticia: si se tiene una capacidad instalada adecuada (área disponible en los establecimientos) y una vinculación total de docentes, se garantiza una incorporación de población al sistema educativo (alumnos matriculados en preescolar, básica y media).</p>
La eficiencia relativa en los colegios distritales de Bogotá, una aplicación de análisis envolvente de datos	<p>Entradas: capacidad instalada; ingresos, gastos e inversiones; costos de personal. Salidas: puntajes pruebas académicas. Experticia: la planta física idónea para la labor docente tiene conexión directa con el rendimiento académico del estudiante y con los resultados en las pruebas de competencias básicas.</p>
La evaluación de los grupos de investigación según los indicadores de eficiencia de Colciencias versus su evaluación según el análisis envolvente de datos (DEA)	<p>Entradas: total del personal; nivel educativo de los docentes; tiempo de dedicación; tiempo de permanencia en el grupo. Salidas: producción de conocimiento. Experticia: se espera que a medida que se le da más tiempo al investigador (tiempo de dedicación) y haya más investigadores en un grupo, la eficiencia en investigación (producción de conocimiento) mejore y con ella se optimice la productividad investigativa del grupo.</p>
Medición de la eficiencia en las instituciones educativas oficiales del municipio de Dosquebradas (Risaralda) 2007	<p>Entradas: capacidad instalada; total del personal; costos de personal. Salidas: estudiantes graduados; puntajes pruebas académicas; estudiantes matriculados. Experticia: si las instituciones educativas oficiales hacen uso correcto de sus recursos, entre estos, la capacidad instalada, se podrían obtener unos resultados acordes con la institución e incrementar los productos educativos (número de graduados) y ser más eficientes.</p>
Evaluación docente mediante BSC y DEA	<p>Entradas: calidad. Salidas: pertinencia del curso; fortalecimiento de capacidades; mejoramiento de los cursos; fortalecimiento de habilidades; fortalecimiento del conocimiento. Experticia: de la calidad en el diseño de un curso depende que este sea pertinente o no y se logren los resultados que espera el docente con los estudiantes en su proceso docente.</p>

Nombre documento	Grupos de variables y justificación de la combinación de variables
Diseño y cálculo de índices para comparar el comportamiento del escalafón de los grupos de investigación de seis universidades colombianas	Entradas: total del personal; número de años desde su creación. Salidas: producción de conocimiento; divulgación; formación. Experticia: cuando hay más investigadores en un grupo, se espera de una manera directa que la cantidad de publicaciones y la producción de conocimiento sean acordes con el tamaño del grupo.
Medición de la eficiencia en términos de liderazgo para estudiantes de maestría y dirigentes organizacionales	Entradas: Gestión gestión educativa. Salidas: fortalecimiento de habilidades; satisfacción; mejoramiento de los cursos. Experticia: en la medida en que las personas fortalecen sus habilidades de liderazgo, la interacción con el entorno mejora, asimismo su gestión dentro de la organización.
Productividad de los grupos de investigación, enfoque de Colciencias versus el Análisis Envolvente de Datos	Entradas: variables metodología Colciencias. Salidas: producción de conocimiento. Experticia: las horas de dedicación en investigación como el nivel de liderazgo de los investigadores, incide positivamente en la producción intelectual y en la calidad de esta producción para ser publicada en revistas con altos niveles de indexación.
Evaluación de la eficiencia de las escuelas de la Universidad Industrial de Santander aplicando DEA	Entradas: total del personal; recursos financieros; capacidad instalada; recursos tecnológicos. Salidas: formación; investigación; extensión; bienestar. Referente (SUE): los procesos de cada escuela inciden directamente en la gestión de investigación, docencia y extensión para medir su eficiencia.
Enfoque metodológico para medir la calidad de los programas académicos de la UTP aplicando el Análisis Envolvente de Datos y Análisis Factorial	Entradas: número de estudiantes; número de aspirantes; visitas a biblioteca; nivel educativo de los docentes; total del personal; tiempo de dedicación. Salidas: promedio de notas; retención; transferencias; abandono; estudiantes no graduados; estudiantes graduados; movilidad académica; acreditación; premios obtenidos; producción de conocimiento; número de grupos. Referente (UTP): el talento humano docente es un factor fundamental para la calidad de los procesos académicos y de los procesos de investigación y extensión, en tanto que haya un buen nivel de los profesores, la calidad de los programas mejorará y los promedios de notas también.
Evaluación de la eficiencia de las instituciones educativas oficiales de Bucaramanga mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA)	Entradas: total del personal; número de estudiantes; capacidad instalada; ingresos, gastos e inversiones; costos de personal. Salidas: estudiantes graduados; número de estudiantes; intraedad; puntajes pruebas académicas. Experticia: el proceso de asignación de los recursos para el sector educativo, gira en torno a la cantidad de estudiantes que se tiene por institución educativa. De esta manera, de acuerdo con la cantidad de estudiantes matriculados por institución es asignado el número de docentes, personal administrativo y el presupuesto de ingresos de las instituciones, dependiendo de las tipologías que establecidas por el Ministerio de Educación Nacional.
Evaluación de la eficiencia relativa en el uso de los recursos de las universidades públicas colombianas mediante la metodología Data Envelopment Analysis DEA	Entradas: costos de personal; ingresos, gastos e inversiones. Salidas: estudiantes graduados; investigación. Experticia: la utilización correcta de los recursos que hagan las universidades estatales en inversión y en salarios de los docentes, redundará en los temas de investigación, por el nivel de motivación de los investigadores.
La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas de Colombia utilizando análisis envolvente de datos	Entradas: capacidad instalada. Salidas: producción de conocimiento; formación. Referente (SUE): del manejo apropiado que hagan las universidades estatales de los recursos que les son asignados, depende o se espera que se haga una buena gestión y por consiguiente, se espera que se genere mejoramiento y excelencia de la actividad institucional.
La producción académica como uno de los indicadores del desempeño de las universidades públicas colombianas desde la perspectiva del análisis envolvente de datos	Entradas: nivel educativo de los docentes; número de estudiantes; número de programas; número de graduados; capacidad instalada; total del personal; ingresos, gastos e inversiones. Salidas: producción de conocimiento; número de proyectos; número de grupos. Experticia: la eficiencia se determina por entre la capacidad de las universidades (recursos que tiene a su disposición) y los resultados logrados con estos recursos. Cuando los recursos se manejan adecuadamente se espera que el desempeño en producción académica sea óptimo.
Indicadores DEA de eficiencia y productividad para las actividades de extensión universitaria. APLICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Entradas: tiempo de dedicación; ingresos, gastos e inversiones. Salidas: número de proyectos; transferencia en dinero; fortalecimiento de habilidades. Experticia: tanto las entradas como las salidas se han contemplado de esta manera, puesto que el número de proyectos de extensión universitaria tiene relación directa con el tiempo de dedicación de los docentes y los aportes hechos por las facultades; así, entre más docentes de tiempo completo y disponibilidad de recursos haya, se generarán más proyectos y, por ende, más transferencias y mayor posicionamiento de la institución universitaria a nivel local, regional e internacional.

Fuente: Autores con base en los artículos.

Conclusiones e implicaciones

Teniendo en cuenta la revisión realizada al sector educativo y frente al uso de la metodología DEA, se puede concluir que existe un incremento en su utilización; sin embargo, se considera aún incipiente y con mucho potencial.

Las universidades que más emplean DEA son la Tecnológica de Pereira, los Andes, la Nacional de Colombia y la Industrial de Santander. Además, a las instituciones a las que más se les aplica DEA son las públicas, por lo que sería interesante explorar también las privadas. En cuanto a los objetivos de la aplicación de DEA en el ámbito educativo, se establece que el que más se estudia es el de manejo de recursos. Asimismo, se evidencia que el gobierno nacional debería incrementar el uso de la metodología para lograr sus metas de calidad y cobertura. Ahora bien, los estudios principalmente se enfocan a nivel municipios y país, lo que indica que aún hay diferentes coberturas geográficas por investigar.

Por otra parte, se concluye que una de las dificultades de la aplicación de DEA es la recopilación de información y el manejo de ella para analizar las DMU. Al contrario, para el análisis de las DMU existe una gran variedad de herramientas, dentro de las que se destacan DEA Solver y EMS, aunque sería interesante construir una herramienta propia.

Por último, y para tener en cuenta en las diferentes revisiones asociadas a investigaciones en DEA, se evidenció que los resultados principalmente se plasman en artículos y trabajos grado.

Referencias

- Arenas, W., Soto, J., & Marino, O. (2004). La evaluación de los grupos de investigación según los indicadores de eficiencia de Colciencias versus su evaluación según el análisis envolvente de datos- DEA. *Revista Scientia et Technica*, 10(24), 189-194.
- Barahona, P. (2011). Análisis de eficiencia hospitalaria en Chile. *Anales de la facultad de Medicina*, 72(1), 33-38.
- Barbosa, S. (2010). *Evaluación de la eficiencia de las escuelas de la Universidad Industrial de Santander aplicando análisis envolvente de datos (DEA)* (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga). Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5291/2/136433.pdf>
- Bernal, M. (2009). *Enfoque metodológico para medir la calidad de los programas académicos de la UTP aplicando el análisis envolvente de datos y análisis factorial* (Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica de Pereira). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/1059/1459/1/378186132B517.pdf>
- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Chediak, F., & Rodríguez, Y. (2011). La eficiencia relativa en cobertura educativa de los municipios del Tolima, aplicando el Análisis Envolvente de Datos – DEA - año 2009. *Revista Scientia et Technica*, 17(47), 44-48.
- Coll V, & Blasco O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Introducción a los Modelos Básicos*. Madrid: Universidad de Valencia.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación [Colciencias]. (2010). *Documento guía: Servicio permanente de Indexación de Revistas de ciencia, tecnología e innovación Colombianas*. Recuperado de <http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/informacionCompleta.pdf>

- Díaz, G. (2003). *Construcción de índices asociados a técnicas multivariadas y al análisis envolvente de datos para los centros educativos distritales* (Documento de investigación). Recuperado del sitio de Internet de la Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial: http://dspace.uniandes.edu.co/xmlui/bitstream/handle/1992/388/mi_1167.pdf?sequence=1
- Echeverri, D. (2007). La competitividad en el desarrollo empresarial. *Revista virtual facultad de ciencias empresariales Mercatura*, 8. Recuperado de <http://web.usbmed.edu.co/usbmed/mercatura/nro8/competitividad.htm>
- Fiallos, J. (2003). *Metodología de evaluación de eficiencia relativa para cooperativas de aporte y crédito*. (Documento de investigación). Recuperado del sitio de Internet de la Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial: http://dspace.uniandes.edu.co/xmlui/bitstream/handle/1992/243/mi_1065.pdf?sequence=1
- García, A., & González, M. (2011). *La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas de Colombia utilizando el análisis envolvente de datos (AED)* (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga). Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7194/2/137956.pdf>
- Gómez, J., & Mancebón, M. (2005). Algunas reflexiones metodológicas sobre la evaluación de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior. *Revista Ekonomiaz*, 60(1), 140-168.
- González, A., & Verdugo, G. (2010). Análisis de eficiencia y productividad de las Universidades Chilenas mediante análisis y encapsulamiento de datos. *Revista aporte santiaguino*, 3(2), 245-256.
- Herrera, P., & Francke, P. (2009). Análisis de la eficiencia del gasto municipal y de sus determinantes. *Revista Economía*, 32(63), 113-178.
- Iregui, A., Melo, L., & Ramírez, M. (2006). Productividad Regional y Sectorial en Colombia: Análisis utilizando datos de panel. *Revista ensayos sobre política económica*, 25(53), 18-65.
- Iregui, A., Melo, L., & Ramos, J. (2006a). *Evaluación y análisis de eficiencia de la educación en Colombia* (Informe de investigación). Banco de la República.
- Iregui, A., Melo, L., & Ramos, J. (2006b). La educación en Colombia: análisis del marco normativo y los indicadores sectoriales. *Revista de Economía del Rosario*. 9(2), 175-238.
- López, M. (2005). La educación y su incidencia sobre la pobreza en Colombia. *Diálogo político*. 22(4), 85-108.
- López, S., & Rivera, F. (2008). *Determinación índice de eficiencia en educación pública, municipios del departamento de Risaralda, año 2005* (Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira). Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2100/3/352375L864.pdf>
- López, O., & Suárez, E. (2011). *Evaluación de la eficiencia de las instituciones educativas oficiales de Bucaramanga mediante el análisis envolvente de datos DEA* (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga). Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5447/2/142359.pdf>
- Martín, R. (2005). *La eficiencia en la asignación de recursos destinados a la educación superior: el caso de la Universidad de La Laguna* (Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, España).

- Mejía, J., Sánchez, P., & Visbal, D. (2006). Evaluación docente mediante BSC y DEA. *Revista Educación en Ingeniería*, 1(2), 70-86.
- Ministerio de Educación Nacional [MinEducación]. (2013a). *Modelo de Gestión Educativa*. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-278738.html>
- Ministerio de Educación Nacional [MinEducación]. (2013b). *Sistema educativo colombiano*. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-233839.html>
- Moriones, N. (2006). *Aplicación de análisis envolvente de datos a los centros de educación del distrito (CED's)* (Documento de Investigación). Recuperado del sitio de Internet de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes.
- Munévar, D., & Villaseñor, M. (2008). Producción de conocimientos y productividad académica. *Revista de Educación y Desarrollo*, 8, 61-68.
- Oviedo, W., Pineda, J., Cervera, A., & Gutiérrez, H. (2013). *Medición de la eficiencia técnica relativa de la producción intelectual de los grupos de investigación de la Universidad de la Salle categorizados en C por Colciencias*. Facultad de Ciencias Administrativas y Contables. Grupo Sigma Empresarial. Bogotá D. C.: Universidad de la Salle.
- Oviedo, W., & Rodríguez, L. (2011). Medición de la eficiencia técnica relativa de las fincas asociadas a Coounión en Guasca Cundinamarca. *Revista MVZ Córdoba*, 16 (2), 2616-2627.
- Parra, D., & Toro, I. (2006). *Método y conocimiento: metodología de la investigación: Investigación cualitativa/investigación cuantitativa*. Medellín: Universidad Eafit.
- Pérez, Y., Araque, D., & Lancheros, J. (2003). La eficiencia relativa en los colegios distritales de Bogotá: Una aplicación del análisis envolvente de datos. *Revista Cuadernos de Administración*, 16(26), 35-60.
- Perozo, S., Arteaga, F., & Fuenmayor, B. (2008). La productividad investigativa de los docentes del Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas. *Revista NEGOTIUM*, 3(9), 72-87.
- Piñeros, J. (2010). *Descentralización, gasto público y sistema educativo oficial colombiano: un análisis de eficiencia y calidad* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de: http://www.bdigital.unal.edu.co/3576/1/JosePineiros_407622_TG_MCE_FCE_UNAL.pdf
- Quesada, V., Blanco, I., & Maza, F. (2010). Análisis envolvente de datos aplicado a la cobertura educativa en el departamento de Bolívar – Colombia (2007 – 2008). *Omnia*, 16(3), 77-100.
- Ray, S. (1991). Resource-Use Efficiency in Public Schools: A Study of Connecticut Data. *Journal Management Science*, 37(12), 1620-1628.
- Restrepo, M., & Villegas, J. (2007). Clasificación de grupos de investigación colombianos aplicando análisis envolvente de datos. *Revista Facultad Ingeniería Universidad de Antioquia*, 42, 105-119.
- Rodríguez, G. (2011). *Indicadores de eficiencia y productividad DEA*. Bogotá D. C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, M. (2012). *Educación y Pobreza, Un Análisis de Eficiencias Relativa*

- Departamental* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/6810/1/407563.2012.pdf>
- Ruiz, C., Chavarro, D., Orozco, L., & Villaveces, J. (2008). *Diseño y cálculo de índices para comparar el comportamiento del escalafón de los grupos de investigación de 6 universidades colombianas*. Recuperado del sitio de internet de la Facultad de Administración, Universidad de los Andes.
- Sarmiento, A., Alonso, C., Duncan, G., & Garzón, C. (2005). *Evaluación de la gestión de los colegios en concesión en Bogotá 2000-2003*. Bogotá D. C.: Departamento Nacional de Planeación.
- Sarmiento, A., Tovar, L., & Alam, C. (2001). *Situación de la educación básica, media y superior en Colombia. Educación, compromiso de todos*. Bogotá: Casa Editorial El Tiempo; Fundación Corona; Fundación Antonio Restrepo Barco.
- Seijas, A. (2004). *Evaluación de la eficiencia en la educación secundaria*. Madrid: Editorial Gesbilo.
- Soto, J., Arenas, W., & Trejos, A. (2005). La producción académica como uno de los indicadores del desempeño de las universidades públicas colombianas desde la perspectiva del análisis envolvente de datos. *Revista Scientia et Technica*, 11(28), 109-114.
- Soto, J., Giraldo, N., & Arenas, W. (2007). Productividad de los grupos de investigación enfoque de Colciencias versus el análisis envolvente de datos. *Revista Scientia et Technica*, 13(35), 275-280.
- Soto, J., Vásquez, S., & Villegas, J. (2009). Medición de la eficiencia en las instituciones educativas oficiales del municipio de Dosquebradas (Risaralda) 2007. *Revista Scientia et Technica*, 15(43), 95-99.
- Torres, J., & Reinosa, A. (2011). *Análisis económico de la eficiencia de los servicios de educación secundaria en Bogotá para los años 2005, 2006 y 2007* (Trabajo de grado, Universidad de la Salle).
- Vázquez, A. (2010). *Estudio sobre la eficiencia técnica de las Universidades Públicas presenciales españolas*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Vélez, E., Schiefelbein, E. y Valenzuela, J. (1994). Factores que afectan el rendimiento académico en la educación primaria: Revisión de la literatura de América Latina y el Caribe. *Revista Latinoamericana de Innovaciones Educativas*, 17(6), 29-57. Recuperado de: <http://www.oei.es/calidad2/Velezd.PDF>
- Visbal, D. (2005). *Evaluación de la eficiencia relativa en el uso de recursos de las universidades públicas colombianas mediante la metodología data envelopment analysis*. (Memorias de investigación). Recuperado del sitio de Internet de la Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial: http://dspace.uniandes.edu.co/xmlui/bitstream/handle/1992/449/mi_1269.pdf?sequence=1
- Zhu, Joe. (2013). *Welcome to Joe Zhu's Home-page* [Sitio Web] <http://www.deafrontier.net/joezhu/index.html>
- Zuluaga, C., Soto, J., & Estrada, S. (2010). Medición de la eficiencia en términos de liderazgo para estudiantes de maestría y dirigentes organizacionales. *Revista Enramado*, 6(2), 36-54.