

Rosa María
Armenta Vergara*

Carlos Alberto
Barreto Nieto**

William Orlando
Prieto Bustos***

Universidad
Católica de Colombia

Medición de la eficiencia en el uso de las regalías petroleras: una aplicación del análisis envolvente de datos¹

Recibido: 8 de febrero de 2012

Concepto de evaluación: 9 de abril de 2012

Aprobado: 2 de mayo de 2012

RESUMEN

En este documento se evalúa y analiza, mediante la metodología del análisis envolvente de datos, la relación entre las regalías directas y las coberturas mínimas alcanzadas por los municipios productores de petróleo para el periodo 2007-2008. Dicha metodología ha sido implementada en diferentes estudios que evalúan la eficiencia en la administración gubernamental; sin embargo, en Colombia no existe evidencia de su utilización en la gestión de las transferencias por explotación de petróleo. En los cuatro modelos analizados los resultados obtenidos evidencian una eficiencia técnica pura promedio del 24% para el 2007 y del 19,6% para el 2008. De lo anterior se concluye que son pocos los municipios que presentan un desempeño eficiente en cuanto a la gestión de regalías.

Palabras clave: análisis envolvente de datos, coberturas mínimas, eficiencia, regalías.

Clasificación JEL: C14, H77, Q38, R58

Measuring the efficiency in the use oil royalties: an application of data envelopment analysis

ABSTRACT

This paper evaluates and analyzes the relationship between royalty direct and the minimum coverage hit by oil-producing municipalities for the period 2007-2008, using the methodology of data envelopment analysis. This methodology has been implemented in different studies that evaluate the efficiency in government, but in Colombia there is no evidence of its use in managing the transfers of exploitation oil. The results show an average pure technical efficiency of 24% for 2007 and 19,6% in 2008, in the four models analyzed, of which it is concluded that few municipalities with an efficient performance in terms of management of the royalties.

Keywords: Data Envelopment Analysis, minimum coverage, efficiency, royalties.

JEL Classification: C14, H77, Q38, R58

*Economista. Universidad
Católica de Colombia.
Correo electrónico:
rmarmenta22@ucatolica.edu.co

**Magíster en Ciencias Económicas
Universidad Nacional de Colombia.
Director de investigación del
proyecto Índice de Gestión
al Ejecutivo de la Facultad de
Economía, de la Universidad
Católica Colombia.
Correo electrónico: cabarreto@
ucatolica.edu.co

***Magíster en Ciencias Económicas
Universidad Nacional de Colombia.
Docente investigador del proyecto
Índice de Gestión al Ejecutivo de
la Facultad de Economía, de la
Universidad Católica Colombia.
Correo electrónico:
woprieto@ucatolica.edu.co.

¹ Este artículo es resultado del proyecto de investigación: *Índice de Gestión al Ejecutivo de la Facultad de Economía, de la Universidad Católica Colombia, II semestre de 2011.*

INTRODUCCIÓN

La explotación y el uso de recursos naturales no renovables han tenido gran importancia dentro del desarrollo de la economía mundial en las últimas décadas. La creciente demanda de productos energéticos como el petróleo y el carbón ha inducido a la escasez de los mismos en función de su disponibilidad, este hecho ha generado un incremento considerable en los precios de este tipo de recursos. Por otra parte, los efectos del aumento de la producción nacional de crudo han generado un incremento de las transferencias a la nación, lo que se refleja también en el aumento de las regalías con destino a los municipios productores, Esta situación debería propiciar mejores condiciones socioeconómicas para la población receptora en la medida en que las administraciones municipales y departamentales obtienen ingresos adicionales que permiten realizar una mayor inversión en sectores prioritarios.

Uno de los aspectos más controvertidos sobre las regalías es el relacionado con la eficiencia en el uso de estos recursos. Con el objeto de identificar si han existido avances significativos en cuanto a las coberturas mínimas², i.e. educación, salud, acueducto y alcantarillado, se realiza una evaluación de la eficiencia relativa de los municipios receptores de regalías directas. Este análisis por concepto de producción de petróleo se realiza, a través de la metodología del análisis envolvente de datos (conocido como DEA por sus siglas en inglés, Data Envelopment Analysis).

Este trabajo pretende generar nueva evidencia sobre la gestión de las regalías con respecto a las coberturas mínimas y su impacto socioeconómico en los municipios productores de petróleo, desarrollando cuatro modelos de optimización a partir del análisis envolvente de datos. En este punto, el input corresponde a las regalías per cápita y el output corresponde a las coberturas mínimas alcanzadas por los municipios. Para el caso de las coberturas en acueducto y alcantarillado, se construyó un

2 El término coberturas mínimas hace referencia al nivel mínimo de servicios que la población beneficiaria de regalías debe recibir.

índice de infraestructura como promedio simple de la cobertura mínima en acueducto y la cobertura mínima en alcantarillado.

Este documento se divide en cuatro partes: la primera corresponde a un análisis introductorio del uso de las regalías petroleras. En una segunda parte, se hace una revisión de la literatura y antecedentes del uso de regalías, el marco legal que regula este sistema en Colombia, además, de la evidencia internacional sobre la implementación de la metodología DEA en la medición de la eficiencia en la prestación de servicios públicos. En la tercera parte, se realiza un análisis detallado de la metodología utilizada, se plantean los problemas de optimización a resolver para cada uno de los municipios estudiados, y, finalmente, en la cuarta parte, se presentan los resultados obtenidos y se realizan las respectivas recomendaciones.

REVISIÓN DE LA LITERATURA Y ANTECEDENTES

Marco legal

Las regalías³ se establecieron como un mecanismo de descentralización fiscal en el marco de la Constitución Política de 1991, donde se establece que el Estado es propietario del suelo, subsuelo y de los recursos no renovables. Además, en este documento se reconoce que los departamentos y municipios en donde se adelanten explotaciones de recursos naturales no renovables, así como los puertos marítimos y fluviales por donde se transporten dichos recursos o productos derivados de los mismos, tendrán derecho a participar en las regalías⁴. En la actualidad, las regalías representan

3 Se conoce como regalía la contraprestación económica causada a favor del Estado por la explotación de un recurso natural no renovable, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte. Artículo 360. Constitución Política de Colombia. 1991.

4 Este principio se establece en la Constitución Política de Colombia. 1991. Título XII del Régimen Económico y la Hacienda Pública. Capítulo 4. De la Distribución de Recursos y de las Competencias, en los artículos 332 y 360.

una contribución importante dentro de las finanzas públicas de las entidades territoriales⁵; sin embargo, la reglamentación sobre la destinación de las regalías procede de la Ley 141 de 1994 en donde se establecieron las normas de distribución y el uso de los recursos, especialmente orientados hacia sectores considerados como prioritarios.

En cuanto a los municipios productores se estableció que la utilización de los recursos de regalías y compensaciones monetarias tendría una destinación del noventa por ciento (90%) a inversión en proyectos de desarrollo municipal, contenidos en el Plan de Desarrollo, con prioridad para aquellos dirigidos al saneamiento ambiental y a la construcción y ampliación de la estructura de servicios de salud, educación, agua potable, alcantarillado y demás servicios públicos básicos esenciales. Asimismo, se destinó un cinco por ciento (5%) a la interventoría técnica de los proyectos que se ejecuten con estos recursos y el otro cinco por ciento (5%) a gastos de funcionamiento u operación. Adicionalmente, se determinó que en

las entidades municipales que no alcanzaran las coberturas mínimas en los servicios señalados se debería asignar, por lo menos, el setenta y cinco por ciento (75%) del total de sus participaciones para estos propósitos.

Posteriormente, con el objetivo de aclarar los vacíos presentados en la Ley 141 de 1994, se decretó La ley 756 de 2002, que señala nuevos criterios de distribución y liquidación de las regalías por explotación de recursos naturales no renovables, de acuerdo con los niveles de producción. En el caso de los hidrocarburos se definieron porcentajes variables para el pago de las regalías, a su vez, se estableció una variación de la distribución de las regalías para los primeros 50.000 barriles, que corresponden al promedio diario de hidrocarburos.

En la actualidad, las metas de las coberturas mínimas que los municipios receptores deben alcanzar, en determinados sectores, están reglamentadas por el Decreto 1447 de 2010.

Tabla 1.

<i>Coberturas mínimas y entidades certificadoras</i>			
Sector	Meta	Entidad responsable de su certificación	Objetivo
Educación	100%	Ministerio de Educación Nacional	Acceso al sistema educativo de los niños en edad escolar
Salud	100%	Ministerio de Protección Social	Afiliación del 100% de la población pobre al sistema de salud
Mortalidad infantil	1,6%	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	Reducir su tasa de mortalidad por debajo de la meta de 16 niños por cada mil nacidos vivos
Agua potable	91,5%	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Proporcionar el acceso a la población urbana y rural al servicio de agua potable
Alcantarillado	85,8%	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios	Garantizar el acceso a la población urbana y rural a disposición de aguas residuales

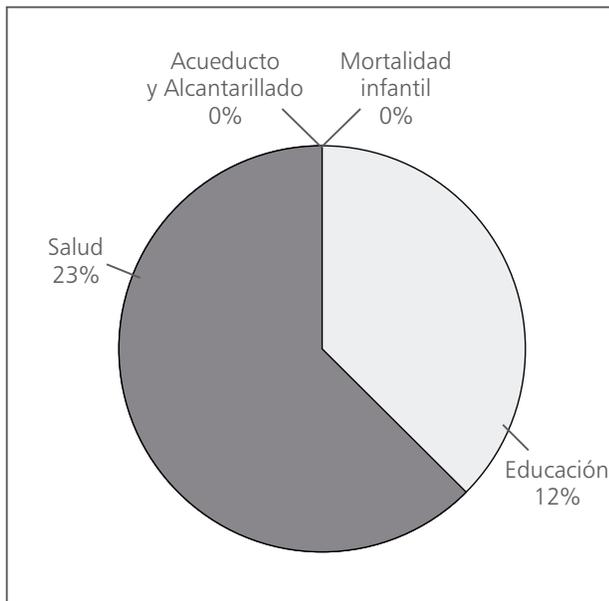
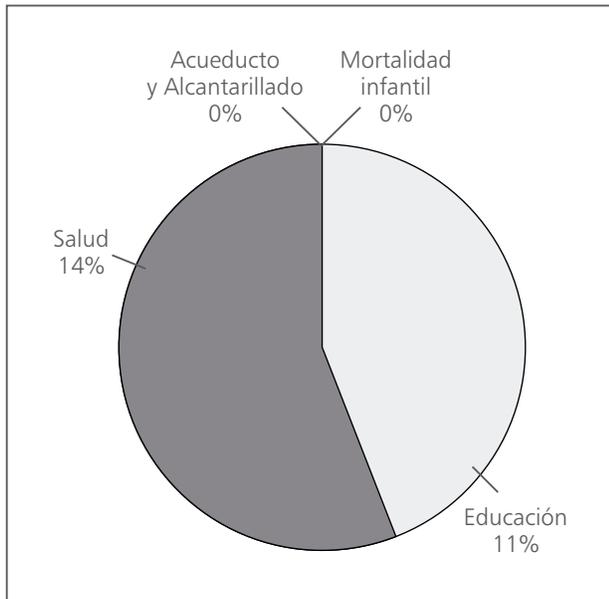
Fuente: Decreto 1447 del 28 de abril de 2010.

5 De acuerdo con el Artículo 286 de la Constitución Política de Colombia, 1991; son entidades territoriales los departamentos, los distritos, los municipios y los territorios indígenas.

A continuación se presentan la cantidad de municipios de la muestra, certificados en las diferentes coberturas.

Gráfica 1.

Municipios certificados 2007- 2008



Fuente: Cálculos de los autores a partir de datos del Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Protección Social, el DANE y la Superintendencia de Servicios Públicos.

MARCO CONCEPTUAL

- **Eficiencia técnica:** hace referencia a la habilidad de una unidad de toma de decisiones por sus siglas en inglés Decision Unit Making (DMU), para obtener el máximo nivel de producción, según los niveles dados en el uso de los factores. Puede ser descompuesta en eficiencia relativa y eficiencia absoluta.
- **Eficiencia relativa:** es la obtenida a partir de la comparación de unidades de producción homogéneas. Esta determina el nivel de eficiencia de una DMU, en referencia a las DMU que presentan un mejor desempeño (DMU que obtienen puntaje de eficiencia igual a 1).
- **Eficiencia absoluta:** para el presente estudio se define como la relación entre el nivel de coberturas alcanzados por los municipios y el monto de regalías utilizadas.
- **Eficiencia de Escala:** establece la naturaleza de los rendimientos en que opera una DMU.
- **Tasa de cobertura de la educación básica:** se establece dividiendo el total de estudiantes matriculados en transición, primaria y secundaria, con edades entre 5 y 16 años, en establecimientos oficiales y privados de la entidad territorial correspondiente. Lo anterior, de acuerdo con el reporte que, al 31 de diciembre del año inmediatamente anterior, se haya efectuado en el Ministerio de Educación Nacional, según la certificación expedida por el DANE a la misma fecha (Colombia. Ministerio de Educación Nacional. Resolución n.º 2022 de 2010 del 24 de marzo de 2010).
- **Tasa de cobertura de afiliación en salud al régimen subsidiado:** calcula la proporción de afiliación de la población perteneciente a estratos 1 y 2 del Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios (Sisben) al régimen subsidiado de salud.
- **Tasa de mortalidad infantil:** expresa la relación entre las muertes en la población menor de un año y los nacimientos ocurridos en el mismo período. Se alcanza la cobertura mínima si la tasa de

mortalidad es de 16 muertes por cada 1.000 niños nacidos vivos⁶ (ver tabla 1).

- Tasa de cobertura de acueducto: calcula el porcentaje de viviendas con conexión a acueducto. Se alcanza la meta de cobertura si el 91,5% (ver tabla 1) de las viviendas de la entidad territorial cuenta con agua apta para el consumo humano las 24 horas del día, los 7 días de la semana.
- Tasa de cobertura de alcantarillado: determina el porcentaje de viviendas con conexión al sistema de alcantarillado, que permite el transporte de las aguas residuales a un sistema de tratamiento. Se alcanza la certificación de la cobertura, si el 85,8% (ver tabla 1) de las viviendas de la entidad territorial cuentan con servicio de alcantarillado.
- Variables de holgura: señalan los posibles incrementos o reducciones en *inputs* o en *outputs*, respectivamente, para obtener un nivel determinado de producto.

MARCO TEÓRICO

La literatura sobre la inversión de las regalías, en sectores determinados como prioritarios, sugiere que desde su reglamentación en 1994 no se han presentado avances significativos en materia de provisión de servicios en las poblaciones beneficiarias.

Según Benavides *et al.* (2000), la inversión de las regalías no ha presentado avances en las entidades receptoras debido a que las prioridades del gasto de inversión no mantienen un patrón definido. Además, sugieren que los sectores de mayor rentabilidad social, como la salud y la educación, pierden importancia a favor de gastos como el mantenimiento de vías, los pagos del servicio de deuda y otros sectores no prioritarios. Asimismo, destacan que es posible lograr coberturas marginales de la población objetivo (no cubierta) del 75%

al 100% en el sector de acueducto y alcantarillado; aproximadamente del 50% en el caso de la energía; hasta el 25% en educación, y en los mejores casos hasta el 50% en salud.

Candelo *et al.* (2010) señalan que existe un grupo pequeño de entidades territoriales donde las regalías tienen cierto impacto, lo que genera una inquietud con respecto al mandato constitucional que establece que “el Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables”, con lo cual el impacto debería abarcar buena parte del territorio nacional. Asimismo, destacan que los entes territoriales productores y portuarios tienen derecho a participar de los ingresos por concepto de regalías, lo que se ha interpretado por parte de las leyes como una participación prioritaria, lo cual inicia una serie de inequidades y problemáticas entre las regiones. Finalmente, concluyen que la distribución de estos ingresos no tiene una relación de causalidad con las reglas para la ejecución de los mismos. La distribución toma en cuenta únicamente el volumen producido, mientras que la ejecución se rige de acuerdo a la necesidad de dichos recursos para llevar a cabo proyectos que le permitan al ente territorial tener un nivel mínimo de mortalidad infantil y alcanzar coberturas mínimas en educación, salud, agua potable y saneamiento básico.

Por su parte, Hernández (2004) establece que los alcances del sector minero, en cuanto al crecimiento económico regional, no han reportado mayores avances en aspectos como la modernización y la diversificación de la economía, y, menos aún, en lo que corresponde al bienestar de su población. Para el autor el crecimiento inducido por el petróleo solo es exitoso si diversifica la economía. De otro lado, señala que las regalías tienden a desaparecer en la misma forma en que disminuye la riqueza petrolera, y las necesidades básicas de la población no se han satisfecho. Por tanto, las regalías deben generar efectos positivos en materia de una mayor propensión de los Gobiernos centrales de la región a invertir en proyectos socialmente rentables.

De acuerdo con el estudio sobre el impacto del petróleo y la minería en el desarrollo regional y local en Colombia realizado por Perry y Olivera (2010),

6 Las coberturas municipales y departamentales en los sectores prioritarios. Nota educativa n.º 6. CSIR-Comités de Seguimiento a la Inversión de Regalías. Disponible en: www.csircolombia.org/apc-aa-files/.../NOTA_6_1.pdf

los departamentos y municipios productores de hidrocarburos presentan un nivel mayor de cobertura en el sector salud, en comparación con otras regiones con el mismo nivel de ingreso per cápita; sin embargo, los resultados en el sector educación revelan que la cobertura en los municipios petroleros se encuentra, en general, por debajo de municipios con el mismo nivel de ingreso. Adicionalmente, los autores indican que los departamentos y municipios petroleros y carboníferos presentan una mejor infraestructura vial en comparación a los no petroleros. Finalmente, señalan que en el caso de los municipios tanto, la producción de hidrocarburos y carbón, como, las regalías totales percibidas, parecen haber contribuido en general a un mayor desarrollo.

Aplicación del modelo DEA en el suministro de servicios públicos a nivel internacional

El análisis envolvente de datos ha sido utilizado en los últimos años, en diferentes estudios a nivel internacional, con el fin de evaluar la capacidad que tiene una entidad gubernamental para maximizar el nivel de producto con los insumos disponibles o, en su defecto, para minimizar los insumos usados para obtener un nivel de producto determinado en los sectores básicos de la gestión municipal como educación, salud, agua potable, entre otros.

Bosch *et al.* (2010) evaluaron la eficiencia en la provisión de servicios públicos, de una muestra de 102 municipios de Cataluña (España) utilizando la técnica del DEA a partir de dos *input*, constituidos por el gasto corriente operativo y el gasto de capital y un indicador global de *output* municipal.

Por otra parte, Alfonso y Fernández (2005) desarrollaron la técnica DEA para 278 municipios de Portugal, con el fin de evaluar la eficiencia del gasto municipal (*input*) con relación al índice de eficiencia global (*output*), construido a partir de los rendimientos globales municipales derivados de la prestación de servicios básicos como educación, energía, transporte, comunicaciones, entre otros.

Por su parte, Boetti *et al.* (2009) analizaron la eficiencia del gasto para los municipios italianos y los efectos de la descentralización fiscal. Lo anterior, a partir del gasto corriente (*input*) y cuatro indicadores de producción municipal directamente relacionados con el gasto público (*output*). El análisis se basó en una muestra de 262 municipios italianos y utilizó la técnica DEA para estudiar las actuaciones de eficiencia y sus principales determinantes. Del mismo modo, Moore *et al.* (2003) utilizaron la metodología DEA para evaluar la eficiencia relativa de 11 servicios públicos municipales en 46 de las ciudades más grandes de Estados Unidos.

METODOLOGÍA

Fundamentos teóricos de la metodología DEA

La técnica DEA consiste en un modelo de optimización no paramétrico que permite evaluar el desempeño, en términos de eficiencia, de cada unidad de toma de decisiones (DMU), a través de la comparación de unidades de decisión que presenten técnicas de producción similares. Basado en los insumos utilizados y en el producto obtenido en el proceso productivo, el DEA proporciona un ordenamiento de las unidades de decisión otorgándoles un puntaje de eficiencia relativa. De modo que, las DMU que obtengan el mayor nivel de producto con la menor cantidad de insumos serán los más eficientes de la muestra, por lo que obtendrán puntajes de eficiencia iguales a 1.

La medición de la eficiencia tiene sus orígenes en el trabajo de Farrel (1957) y fue extendida posteriormente con el trabajo realizado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) conocido como el modelo CCR. En este, los autores proponían un modelo con rendimientos constantes a escala, lo cual implicaría para el presente estudio que los municipios de la muestra operan a una escala óptima, es decir, en ausencia de las imperfecciones del mercado; sin embargo, dado que en escenarios reales existen fallas de mercado, esto supondría que los municipios

pueden no operar a una escala óptima, por lo que la estimación de la eficiencia municipal brindará medidas de eficiencia que pueden ser inexactas, bajo rendimientos constantes a escala cuando estos en realidad no operan a una escala óptima.

Una de las principales ventajas de la utilización de la metodología DEA consiste en que no es necesario conocer previamente la relación funcional explícita entre las variables (*inputs* y *outputs*) y, por tanto, no es necesario establecer criterios a priori sobre la estructura de la función de producción. Mediante esta metodología es posible establecer una frontera de producción eficiente a partir de las DMU que presenten mejores prácticas, en cuanto a la provisión de servicios públicos. Es decir, aquellos municipios que obtienen el mayor nivel de *outputs*, pueden utilizar los *inputs* como unidades de referencia y, a su vez, la ineficiencia puede ser calculada como la desviación de las DMU restantes con respecto a las DMU ubicadas en la frontera.

El criterio de eficiencia evalúa la relación entre los insumos utilizados y los productos obtenidos en un proceso de producción. Dicha evaluación también se da en un proceso de optimización, en el cual se busca alcanzar la máxima cantidad de productos a partir de una cantidad de insumos determinada, o aprovechar al máximo los recursos o insumos disponibles. Por esta razón, el cálculo de la eficiencia parte esencialmente del cociente entre los productos obtenidos y los insumos utilizados de cada unidad de decisión:

$$Eficiencia = \frac{output}{input} \quad [1]$$

Partiendo de la existencia de j DMU, donde cada una tiene x *inputs* y y *outputs* el resultado de eficiencia de una DMU₀ se resuelve a partir del siguiente modelo fraccionario⁷:

$$\max_{u,v} h_0 = \frac{\sum_{r=1}^S u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad [2]$$

$$sujeto \ a: \frac{\sum_{r=1}^S u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n \quad [3]$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m \quad [4]$$

Donde:

h_0 : Es la función objetivo, es decir, la medida de la eficiencia.

y_{rj} : *Output* r-ésimo de la DMU j-ésima.

x_{ij} : *Input* i-ésimo de la DMU j-ésima.

u_r, v_i : Son las ponderaciones de *inputs* y *outputs* respectivamente, es decir, las soluciones del problema.

La metodología DEA permite el cálculo de medidas de eficiencia, que puede ser orientada a los insumos u orientada al producto. El propósito de un estudio orientado a los insumos es evaluar en qué medida se puede reducir la cantidad de insumos utilizados, sin cambiar las cantidades de producto. Por otra parte, el cálculo orientado al producto evalúa hasta qué punto las cantidades de producción pueden ser incrementadas, sin cambiar las cantidades de insumos utilizadas. Las dos medidas proporcionan los mismos resultados con rendimientos constantes a escala; sin embargo, presentan valores diferentes bajo rendimientos variables.

En este estudio se utiliza el modelo BCC,⁸ *output* –orientado (BCC–Oo)–, en donde las DMU ineficientes se comparan únicamente con las DMU eficientes que presentan características similares, en cuanto a su tamaño y la escala en la que operan. Por esta razón, también aparecerán más DMU en la frontera de producción eficiente al emplear el modelo BCC. En consecuencia, a partir de este modelo se construye una frontera más ajustada a las distintas escalas de producción de cada DMU.

7 El modelo fraccionario está representado por el cociente entre productos (*output*) obtenidos e insumos (*input*) utilizados.

8 Modelo planteado por Banker, Charnes y Cooper, 1984.

El planteamiento del modelo BCC *output*-orientado es expresado así:

$$\text{Max} Z_k \quad [5]$$

$$\text{sujeto a: } -\sum_{j=1}^n y_j \lambda_j + (y_k Z_k^* + S^{*+}) Z_k \leq 0 \quad [6]$$

$$\sum_{j=1}^n x_i \lambda_j \leq x_k - S^* \quad [7]$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad j=1, \dots, n \quad [8]$$

En donde Z_k (que representa la función objetivo) señala la medida de eficiencia global para la DMU k -ésima. λ_j determina la intensidad del uso de los insumos. Además, Z_k^* representa el índice de eficiencia óptimo (que es igual a 1) y S^{*+} , S^{*-} representan las variables de holgura asociadas al *input* y al *output*, respectivamente (estas son iguales a cero en el nivel óptimo de eficiencia).

En la resolución del problema de programación lineal, el objetivo es obtener un coeficiente de eficiencia (θ) calculado como la distancia entre un municipio y la frontera de posibilidades de producción eficiente, definida como la combinación lineal de las mejores observaciones dentro de una muestra determinada de municipios. El coeficiente de eficiencia θ , puede tomar valores menores o iguales a uno. Por lo tanto, se pueden presentar los siguientes casos:

- I. $\theta = 1$: indica que el municipio evaluado presenta un desempeño eficiente dado que está ubicado sobre la frontera de posibilidades de producción.
- II. $\theta < 1$: indica que el municipio evaluado presenta un desempeño ineficiente, con relación a las DMU ubicadas en la frontera de posibilidades de producción. Es decir, que el municipio analizado se encuentra ubicado en el interior de la frontera de producción. En este caso, la lectura del puntaje de eficiencia para un municipio indica el porcentaje de lo que gastan los más eficientes respecto a lo que gasta un determinado municipio, es decir, ofrece

información sobre el gasto o el despilfarro de los recursos. Dentro del modelo están representados por la variables de holguras (S^{*+} , S^{*-}).

Adicionalmente, esta metodología presenta los resultados del vector λ que calcula las cantidades de *inputs* y *outputs* que se deben disminuir e incrementar, respectivamente, para que una unidad de decisión ineficiente pueda convertirse en eficiente, es decir, ubicarse en la frontera de posibilidades de producción.

Datos y desarrollo del modelo

El modelo DEA se fundamenta, básicamente, en problemas de programación lineal, a partir de los cuales se plantea la función objetivo. Esta se encuentra sujeta a unas restricciones que permiten evaluar la eficiencia con la que un municipio proporciona un nivel determinado de servicios a su población, por cada unidad de insumos (por cada peso de regalías) utilizada, en comparación con el resto de municipios incluidos en la muestra.

El propósito de la utilización de la herramienta DEA, en este estudio, consiste en evaluar la eficiencia técnica de cada DMU, correspondiente a los municipios productores de petróleo en Colombia. Lo anterior, a través de la construcción de una frontera de producción en donde se utilicen los modelos de programación lineal. Para realizar el análisis se requiere plantear tantas funciones de optimización como cantidad de municipios productores de petróleo, los cuales se incluyen en la muestra.

Los datos del *input* corresponden a las regalías per cápita transferidas a 46 municipios seleccionados, a partir de la información disponible en la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Para el *output* se utilizaron los datos correspondientes a las coberturas mínimas en educación, salud, acueducto y alcantarillado. Respecto a estos dos últimos, se construyó un índice de infraestructura como promedio simple de los mismos con la información proporcionada por el Ministerio de Educación, el Ministerio de Protección Social y la Superintendencia de Servicios Públicos, respectivamente. La tabla 2 muestra la estadística

Tabla 2.

Estadística descriptiva de los indicadores del input y los outputs (pesos)

2007					
Variable	Obs.	Media	Desv. std.	Min.	Max.
Input (pesos)					
Regalías Per Cápita	46	647745,7	824641,80	4788	4460440
Output (%)					
Educación	46	85,08	15,10	44,79	100
Salud	46	90,49	11,02	56,07	100
Acueducto y Alcantarillado	46	60,24	24,33	4,390	95,17

Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos del Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Protección Social, el DANE y la Superintendencia de Servicios Públicos.

2008					
Variable	Obs.	Media	Desv. std.	Min.	Max.
input (pesos)					
Regalías Per Cápita	46	416350,6	477403,8	3104	2497949
Output (%)					
Educación	46	85,95	14,23	41,82	100
Salud	46	94,02	10,16	58,56	100
Acueducto y Alcantarillado	46	58,39	26,46	3,930	95,17

Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos del Ministerio de Educación Nacional, el Ministerio de Protección Social, el DANE y la Superintendencia de Servicios Públicos.

descriptiva correspondiente a los datos del *input* y los *outputs* utilizados en los modelos.

Como puede observarse, el valor de las regalías per cápita varía entre valores de \$4.788 y \$4.460.440 en 2007 y entre \$3.104 y \$2.497.949 en 2008. Adicionalmente, el sector de acueducto y alcantarillado es el que presenta la mayor dispersión en los datos dado que los niveles de cobertura varían entre 4,39 y 95,17 en 2007 y 3,93 y 95,17 en 2008, por lo que se ubica como el sector con el menor nivel de coberturas, mientras que el sector salud es el que presenta en promedio el mayor nivel de cobertura y la menor dispersión en los datos.

Por otra parte, dado que la inversión de los recursos de las regalías está previamente establecido por ley y es dirigido hacia sectores específicos, es necesario evaluar la eficiencia en el uso de las regalías orientando el modelo hacia la maximización de las salidas (*output*), es decir, a obtener el máximo producto posible a partir de una cantidad de insumos determinados.

Con el objeto de determinar la eficiencia con la que se desempeñan los municipios petroleros, se presentan cuatro diferentes modelos DEA *output* –orientados, utilizando diferentes combinaciones de *outputs* y el mismo *input* (regalías per cápita)–. Como herramienta informática para realizar los análisis de eficiencia de este estudio se utiliza el paquete estadístico Stata 11. A continuación, se especifican los modelos estimados para el periodo 2007-2008:

- Modelo n.º 1: relaciona la variable *input* (regalías per cápita) y la variable *output* correspondiente a la cobertura mínima en educación alcanzada por los distintos municipios.
- Modelo n.º 2: corresponde a la combinación de variable *input* regalías per cápita con respecto a la cobertura mínima en salud alcanzada por los municipios.
- Modelo n.º 3: relaciona el *input* regalías per cápita y el *output* cobertura mínima en acueducto y alcantarillado.

- Modelo n.º 4: relaciona el *input* regalías per cápita y dos variables *output*: cobertura mínima en educación y la cobertura mínima en salud.

Los resultados obtenidos a partir del DEA presentan los niveles de eficiencia técnicas y eficiencia de escala, considerando el nivel de regalías (*inputs*) utilizados y el nivel de coberturas alcanzado por los distintos municipios. Para los años 2007-2008 solo el 2,17% de los municipios operaron con rendimientos constantes a escala en los tres sectores evaluados.

A partir de los resultados obtenidos, se construyen las respectivas fronteras de posibilidades de producción de cada modelo.

De acuerdo con la gráfica 2, los municipios que presentaron una mejor práctica en educación para el 2007 son Cúcuta y Villavicencio con un score de eficiencia igual a 1, debido a que alcanzaron altos niveles de cobertura utilizando la menor cantidad de regalías. Por otra parte, dentro de los municipios más ineficientes en términos relativos se destacan Uribía y Puerto Gaitán con score de eficiencia de 0,44 y 0,57, respectivamente. En el caso de municipios como

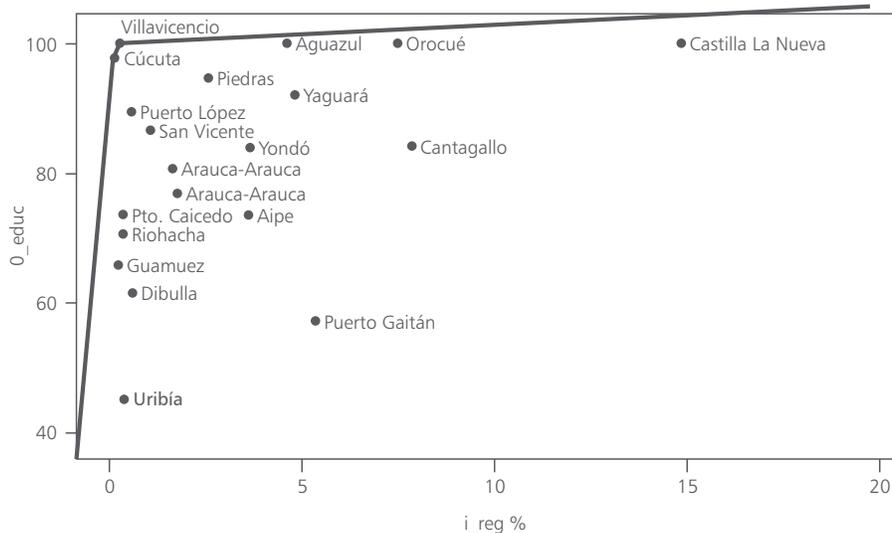
Aguazul, Orocué y Castilla la Nueva se presenta un desempeño ineficiente en la medida en que exhiben un uso excesivo de recursos para alcanzar la meta de cobertura mínima en educación. Adicionalmente, el 71,73% de los municipios opera con rendimientos crecientes, el 26% con rendimientos decrecientes y el 2,17% con rendimientos constantes a escala.

La gestión municipal de las regalías en el sector salud muestra un mayor número de municipios eficientes, dentro de estos se destaca el desempeño de Cúcuta, Puerto Asís y Riohacha con puntajes de eficiencia iguales a 1.

Dentro de los municipios más ineficientes en este sector es importante destacar el caso de Castilla la Nueva que recibe el mayor monto de regalías per cápita y, sin embargo, obtuvo uno de los puntajes de eficiencia más bajos (0,67), debido a que presenta un bajo nivel de cobertura en la afiliación de la población al régimen de salud. Es decir, utiliza una mayor cantidad de recursos y, en comparación con los otros municipios, no alcanza la cobertura mínima exigida. No obstante, Uribía se sitúa como el municipio más ineficiente, con un puntaje de eficiencia de 0,56.

Gráfica 2.

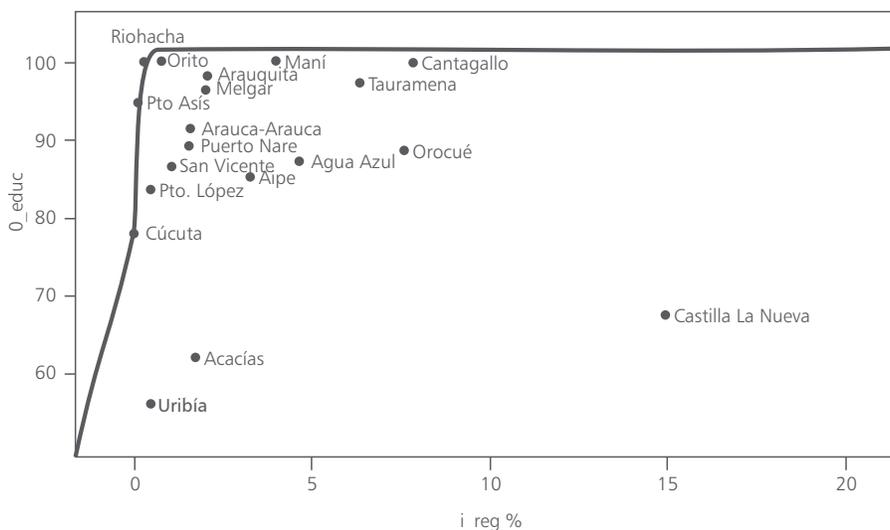
Frontera de mejores prácticas. Modelo 1. 2007



Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos del Ministerio de Educación Nacional y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Gráfica 3.

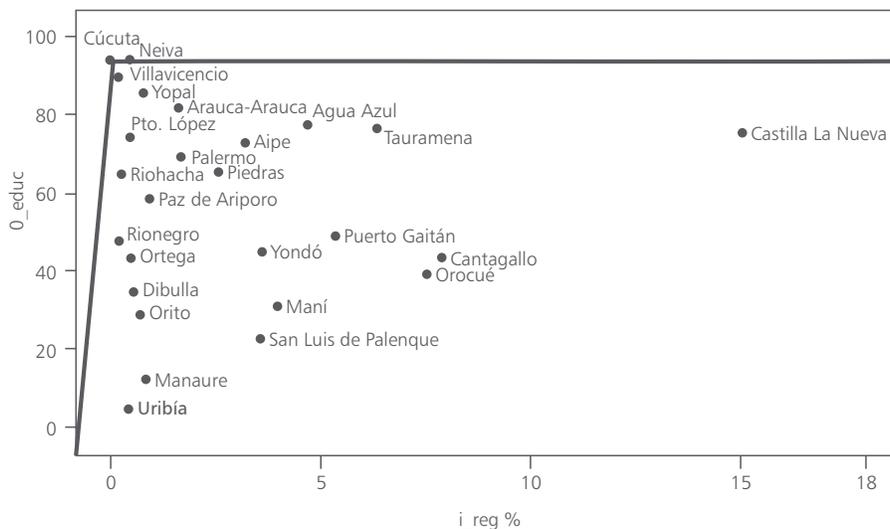
Frontera de mejores prácticas. Modelo 2. 2007



Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos del Ministerio de Protección Social y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Gráfica 4.

Frontera de mejores prácticas. Modelo 3. 2007



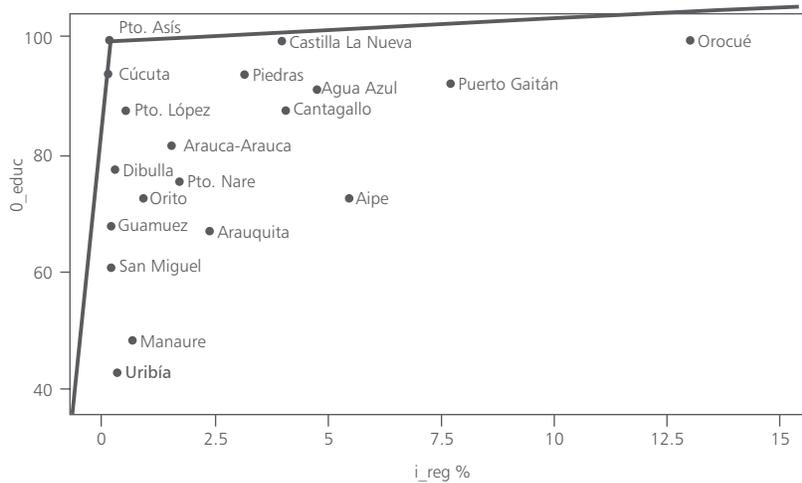
Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos de la Superintendencia de Servicios Públicos y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

El modelo tres, compuesto por las regalías per cápita y un índice simple de las coberturas mínimas en acueducto y alcantarillado, presenta el desempeño menos dinámico de los tres sectores evaluados, exhibiendo los niveles más bajos de cobertura (4,39%). Adicionalmente, ningún municipio alcanza la cobertura mínima exigida.

No obstante, los municipios que presentan un desempeño relativamente eficiente son Cúcuta y Neiva con puntajes de eficiencia de 1, debido a que reciben menor cantidad de regalías per cápita y presentan altos niveles de cobertura en comparación con los otros municipios de la muestra. Asimismo, los municipios más ineficientes son Uribía y Manaure con puntajes de eficiencia de 0,04 y 0,12.

Gráfica 5.

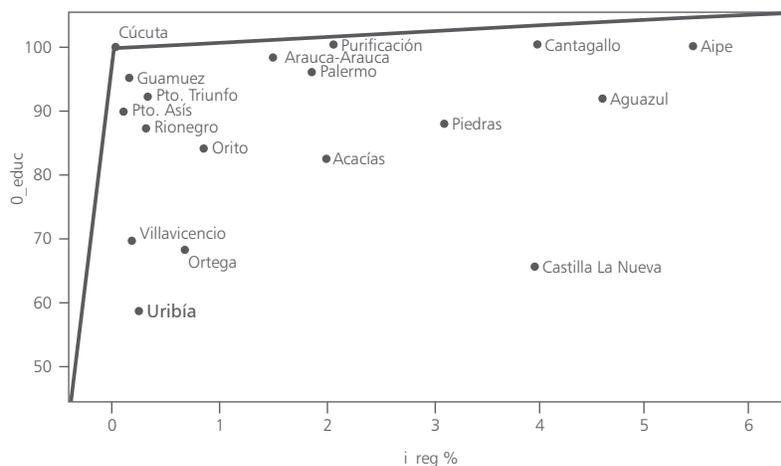
Frontera de mejores prácticas. Modelo 1. 2008



Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos del Ministerio De Educación Nacional y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Gráfica 6.

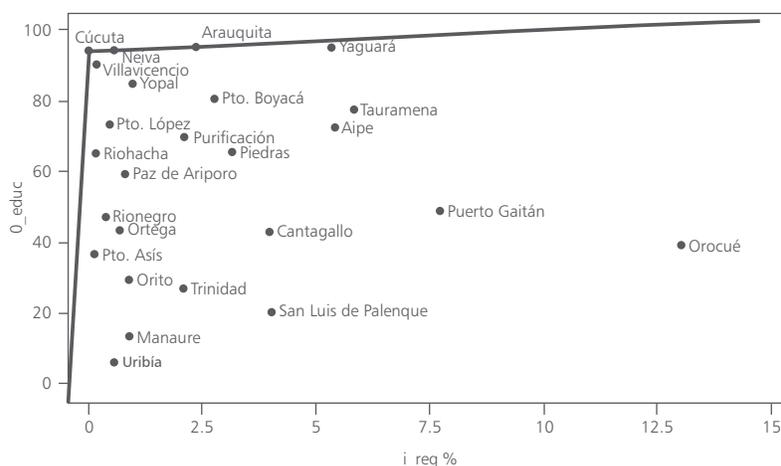
Frontera de mejores prácticas. Modelo 2. 2008



Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos del Ministerio de Protección Social, y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Gráfica 7.

Frontera de mejores prácticas. Modelo 3. 2008



Fuente: Elaboración de los autores a partir de datos de la Superintendencia de Servicios Públicos y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

Para el año 2008, el sector educación presenta un comportamiento similar al año 2007, en cuanto al número de municipios eficientes (Cúcuta y Puerto Asís). Los municipios más ineficientes en este periodo son Uribía y Manaure con puntajes de eficiencia de 0,41 y 0,47, respectivamente.

Por otra parte, el sector salud presenta solo un municipio eficiente (Cúcuta) para el año 2008. A su vez, Uribía (score 0,58) se mantiene como el municipio menos eficiente.

En la gráfica 7 se observa que los municipios que presentan eficiencia técnica pura son Cúcuta, Neiva y Arauquita.

En términos generales, 4,35% de los municipios son eficientes en el sector educación. En cuanto al sector salud, se presentó un descenso considerable en el porcentaje de municipios con desempeño eficiente en los dos periodos evaluados, pasando de 6,5% en 2007 a 2,17% en 2008. Por otra parte, en acueducto y alcantarillado el porcen-

Tabla 3.

Resultados Modelo DEA

Modelo DEA	Año	Min	Máx	% DMU's eficientes	% DMU's ineficientes
Modelo 1	2007	0,4479	1	4,35	95,65
Modelo 2		0,5607	1	6,5	93,5
Modelo 3		0,0466	1	4,35	95,65
Modelo 4		0,4479	1	8,70	91,30
Modelo 1	2008	0,4182	1	4,35	95,65
Modelo 2		0,5856	1	2,17	97,83
Modelo 3		0,0415	1	6,5	93,5
Modelo 4		0,5856	1	6,5	93,5

Fuente: Elaboración de los autores.

taje de municipios eficientes paso de 4,35% en 2007 a 6,5% en 2008. Adicionalmente, el modelo que combina cobertura mínima en educación y salud, presenta un mayor porcentaje de unidades eficientes, 8,70% y 6,5%, respectivamente.

Una característica interesante de los resultados obtenidos es que cuatro de los seis municipios que resultaron eficientes, en algunos de los tres sectores analizados, son ciudades capitales. Dicho de otra forma, los municipios que no son ciudades presentan desempeños más ineficientes con respecto a la gestión de la regalías. No obstante, esto puede ser atribuido a características de tipo administrativo, financiero, geográfico, entre otras.

CONCLUSIONES

En los últimos años, la metodología DEA ha logrado gran aceptación dentro de la literatura académica y, a su vez, en la aplicación para la medición de la eficiencia del desempeño de las entidades territoriales en la prestación de servicios públicos. Para el caso colombiano se han realizado múltiples estudios que relacionan el gasto público con los rendimientos obtenidos en la prestación de servicios públicos; sin embargo, hasta el momento no se ha utilizado para evaluar la eficiencia de las transferencias por regalías realizadas a las entidades territoriales, con respecto a niveles mínimos de servicios que se deben proveer con estos recursos.

Por otra parte, los municipios que reciben mayor cantidad de regalías presentan un gasto excesivo de recursos para alcanzar los niveles de cobertura exigidos, asimismo ningún municipio ha sido certificado con las cuatro coberturas mínimas. Los niveles más bajos de coberturas se presentan en el sector de infraestructura (acueducto y alcantarillado).

Adicionalmente, para los cuatro modelos realizados encontramos eficiencia técnica pura promedio del 24% para el 2007 y del 19,6% para el 2008. Asimismo, el municipio más eficiente en términos de coberturas mínimas con recursos provenientes de regalías es Cúcuta, debido a que recibe menor cantidad de regalías y presenta altos

niveles de coberturas; sin embargo, no alcanza el cien por ciento de coberturas en los cuatro sectores (educación, salud, mortalidad infantil y acueducto y alcantarillado). Por otra parte, el municipio que presenta el peor desempeño en la gestión de las regalías es Uribía (Guajira) que presenta los niveles más bajos de coberturas mínimas.

Los municipios ubicados en departamentos de tradición petrolera como Meta, Casanare, Arauca y Putumayo, que reciben mayor cantidad de regalías per cápita, presentan un gasto excesivo de recursos para alcanzar las metas de cobertura, además ninguno de sus municipios ha alcanzado las cuatro coberturas exigidas por la ley de regalías. Por otra parte, los municipios del departamento de la Guajira presentan el desempeño más ineficiente en la gestión de la regalías. Los resultados obtenidos suministran información que sirve como referente para los distintos niveles de productividad derivados de la inversión de los recursos provenientes de las regalías.

Estos resultados no se alejan de los presentados en algunos estudios anteriores, como el realizado por Perry y Olivera (2010), en cuanto a los niveles de cobertura de los municipios productores de hidrocarburos; sin embargo, para el periodo analizado en este estudio, el sector salud presenta mayor variabilidad en los niveles de eficiencia. Asimismo, el sector educación muestra niveles de eficiencia constantes para los dos periodos. No obstante, estos son muy bajos para el monto de recursos invertidos.

El sector educación presenta niveles de eficiencia constantes, es decir, presenta el mismo número de municipios eficientes en los periodos analizados. En cuanto al sector salud, este presenta gran variabilidad respecto al número de municipios eficientes, debido a que en 2007 se presentaron 3 municipios eficientes (Riohacha, Cúcuta y Puerto Asís); sin embargo, para 2008 el número de municipios eficientes se redujo a uno (Cúcuta). En cuanto al sector acueducto y alcantarillado, se presentó un incremento en número de municipios con desempeño eficientes, pasando de 2 (Neiva y Cúcuta) en 2007 a 3 (Araucita, Neiva y Cúcuta) en 2008.

Finalmente, es necesario destacar que la mayoría de los municipios podrían alcanzar, en promedio, el mismo nivel de producción de los municipios de referencia utilizando menos recursos, es decir, que es posible mejorar el nivel de coberturas

mínimas sin necesidad de aumentar la cantidad de regalías invertidas. Por consiguiente, se recomienda establecer estrategias y planes de acción dirigidos a mejorar la gestión de las regalías que perciben los municipios con bajos niveles de eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfonso, A. & Fernández, S. (2005). *Assessing and explaining the relative efficiency of local government: evidence for portuguese municipalities*. Lisbon: ISEG Economics Working Paper, n.º 19, noviembre 2005. Recuperado de http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=849247.
2. Banker, R. D., Charnes, A. Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
3. Benavides, J., Carrasquilla, A., Zapata, J., et al. (2000). *Impacto de las regalías en la inversión de las entidades territoriales*. Bogotá: Fedesarrollo.
4. Boetti, L., Piacenza, M. & Turati, G. (2009). *Fiscal decentralization and spending efficiency of local governments. An empirical investigation on a sample of italian municipalities*. Higher Education and Research on Mobility Regulation and the Economics of Local Services. (Hermes). Working Paper n.º 2.
5. Bosch, N., Espasa, M. & Mora, T. (2010). *Estimación y explicación de la eficiencia en la provisión de servicios públicos municipales*. Congreso de la Asociación Española de Ciencia Regional XXXV Reunión de estudios regionales, noviembre de 2009, Valencia. Recuperado de <http://www.reunionesdeestudiosregionales.org/valencia2009/htdocs/pdf/p57.pdf>.
6. Candelo, R., Durán Bobadilla, Y., Espitia Zamora, J., Garcés Cano, J., & Restrepo, J. (2010). Las regalías en Colombia y su impacto en el ámbito subnacional. *Desafíos*, 22(1), 143-203.
7. Charnes A., Cooper, W. & Rhodes, E. (1978). Measurement the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
8. Congreso de la República de Colombia. Ley 141 de 1994. *Ley de regalías*.
9. Congreso de la República de Colombia. Ley 756 de 2002.
10. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Resolución n.º 2022 de 24 de marzo de 2010.
11. Presidencia de la República de Colombia. Decreto 1447. Abril 28 de 2010.
12. Constitución Política de Colombia de 1991. Título XII Del Régimen Económico y la Hacienda Pública. Capítulo 4 De la Distribución de Recursos y de las Competencias, artículos 332 y 360.
13. Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis* (segunda edición). Nueva York: Springer Science, Business Media, LLC.
14. Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society (Series A)*, 120(III), 253-290.
15. Hernández, L. H. (2004). *Impacto de las regalías petroleras en el departamento del Meta*. Villavicencio: Centro Regional de Estudios Económicos.
16. Moore, A., Nolan, J. & Segal, G. (2003). *Putting out the trash: Measuring municipal service efficiency in U.S. cities* (September 2003). Recuperado de SSRN: <http://ssrn.com/abstract=448860> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.448860>.
17. Perry, G. & Olivera, M. (2010). *El impacto del petróleo y la minería en el desarrollo regional y local en Colombia* (working paper n.º 51). Fedesarrollo.

Anexo 1. Resultados. DEA modelo n.º 1

DMU	2007				2008			
	Rank	θ	i_slack	o_slack	Rank	θ	i_slack	o_slack
Puerto Nare	34	0.76	303558	-	36	0.7516	219977	-
Puerto Triunfo	30	0.8172	42278.7	-	27	0.8584	35948.9	-
Yondo	28	0.8366	862073	-	31	0.8384	689793	-
Arauca-Arauca	32	0.8084	334965	-	32	0.8174	216013	-
Araucuita	35	0.7589	427815	-	43	0.6649	288602	-
Cantagallo	27	0.8434	1930224	-	22	0.8807	657891	-
Puerto Boyacá	22	0.901	500190	-	28	0.8537	431300	-
Trinidad	29	0.8289	527502	-	26	0.8677	321760	-
Paz de Ariporo	4	1	223542	-	5	1	129948	-
Maní	8	1	1144394	-	11	1	765756	-
Tauramena	10	1	1829501	-	12	1	1089197	-
Aguazul	9	1	1338471	-	20	0.9171	793482	-
San Luis de Palenque	31	0.8147	827499	-	30	0.8409	626349	-
Yopal	13	0.9979	187445	-	6	1	161495	-
Orocué	11	1	2191482	-	13	1	2474034	-
Piamonte	17	0.9532	283853	-	17	0.9551	218142	-
Guaduas	37	0.7367	2245.9	-	39	0.7234	19874.7	-
Riohacha	39	0.7073	2358.9	-	41	0.7159	5886.85	-
Dibulla	42	0.6146	7639.6	-	35	0.7683	35875.8	-
Manaure	45	0.4569	91106.8	-	45	0.4746	45314.8	-
Uribía	46	0.4479	30880	-	46	0.4182	10330	-
Yaguará	20	0.9211	1264901	-	21	0.908	908501	-
Aipe	36	0.7392	665687	-	40	0.7233	740423	-
Neiva	14	0.9797	93012.8	-	16	0.958	74096.5	-
Palermo	33	0.7669	347858	-	34	0.7816	263974	-
Castilla La Nueva	12	1	4408951	-	10	1	737971	-
Acacias	6	1	468205	-	8	1	362825	-
Villavicencio	1	1	0	-	3	1	12217	-
Puerto López	24	0.8934	77780.2	-	23	0.8803	59562	-
Puerto Gaitán	44	0.5725	885235	-	19	0.9239	1336373	-
Cúcuta	1	1	0	-	1	1	0	-
Sabana de Tibú	23	0.9003	67786.2	-	25	0.8731	9257.46	-
Puerto Asís	19	0.92381	0.0279712	-	1	1	0	-
Guamuez	41	0.663288	0.0589786	-	42	0.6752	5548.12	-
Puerto Caicedo	38	0.7365	51796.6	-	37	0.7493	60266.2	-
Orito	40	0.6919	107487	-	38	0.7326	105918	-
San Miguel	43	0.5985	57214.8	-	44	0.6024	3477.05	-
Puerto Wilches	5	1	299904	-	7	1	209590	-
Barrancabermeja	3	1	79724	-	4	1	83285	-
San Vicente	25	0.8671	209633	-	33	0.8083	194336	-
Sabana de Torres	7	1	792798	-	9	1	565636	-
Rionegro	26	0.855	14073.4	-	29	0.8412	32472.8	-
Purificación	21	0.9109	360439	-	24	0.8757	328606	-
Ortega	15	0.9623	78892.2	-	14	0.9861	104694	-
Piedras	18	0.9482	674461	-	18	0.9371	540258	-
Melgar	16	0.9597	532208	-	15	0.9849	414822	-

Rank: Ranking

i_slack: Holgura del *input* θ : Score de eficienciao_slack: Holgura del *output*

Anexo 2. Resultados. DEA modelo n.º 2

DMU	2007				2008			
	Rank	θ	i_slack	o_slack	Rank	θ	i_slack	o_slack
Puerto Nare	29	0.8924	330754	-	11	1	313489	-
Puerto Triunfo	31	0.8888	20399.7	-	35	0.917	57486.7	-
Yondó	12	1	1001664	-	20	1	843560	-
Arauca-Arauca	25	0.9142	352490	-	26	0.981	279662	-
Araucuita	18	0.9852	527029	-	14	1	454865	-
Cantagallo	16	1	2259838	-	18	1	767820	-
Puerto Boyacá	9	1	526366	-	15	1	526024	-
Trinidad	23	0.9581	582145	-	28	0.971	380274	-
Paz de Ariporo	8	1	194758	-	24	0.996	150201	-
Maní	13	1	1115610	-	19	1	786567	-
Tauramena	19	0.9727	1751557	-	25	0.994	1104125	-
Aguazul	34	0.8736	1144143	-	34	0.9183	813631	-
San Luis de Palenque	11	1	986926	-	17	1	765666	-
Yopal	26	0.9119	145042	-	31	0.9551	174120	-
Orocué	32	0.8869	1918097	-	38	0.8984	2241369	-
Piamonte	42	0.7735	208076	-	33	0.928	231265	-
Guaduas	35	0.871372	0.450467	-	3	1	48285	-
Riohacha	1	1	0	-	2	1	29034	-
Dibulla	5	1	86152	-	4	1	67506	-
Manaure	7	1	170618	-	8	1	116291	-
Uribí	46	0.5607	22517.7	-	46	0.5856	26651.8	-
Yaguara	14	1	1344466	-	21	1	1021363	-
Aipe	39	0.8532	743792	-	22	1	1044484	-
Neiva	38	0.8654	57251.4	-	36	0.9042	88752.7	-
Palermo	22	0.9619	408621	-	29	0.9624	345065	-
Castilla La Nueva	43	0.6731	2948290	-	45	0.6578	499127	-
Acacias	45	0.6187	271870	-	42	0.8219	315310	-
Villavicencio	44	0.649339	0	-	43	0.6927	22878.5	-
Puerto López	40	0.8381	48841.9	-	5	1	88472	-
Puerto Gaitán	15	1	1517477	-	23	1	1467259	-
Cúcuta	1	1	0	-	1	1	0	-
Sabana de Tibú	24	0.936	43532.4	-	27	0.9784	30735.5	-
Puerto Asís	1	1	0	-	37	0.9029	18790.3	-
Guamuez	36	0.871016	0.0365315	-	32	0.9498	27570.8	-
Puerto Caicedo	4	1	41544	-	6	1	101241	-
Orito	6	1	126567	-	41	0.841	139092	-
San Miguel	28	0.8948	59784.3	-	30	0.9569	25437.3	-
Puerto Wilches	21	0.9661	261929	-	9	1	230401	-
Barrancabermeja	30	0.8889	45280.6	-	7	1	104096	-
San Vicente	37	0.8671	184674	-	10	1	261237	-
Sabana de Torres	10	1	764014	-	16	1	586447	-
Rionegro	27	0.908719	0	-	40	0.8715	51779.3	-
Purificación	17	0.9881	362546	-	12	1	396061	-
Ortega	33	0.8842	47038.6	-	44	0.6827	86689.9	-
Piedras	41	0.838	571954	-	39	0.8804	525891	-
Melgar	20	0.9698	509895	-	13	1	441993	-

Rank: Ranking
i_slack: Holgura del *input*

θ : Score de eficiencia
o_slack: Holgura del *output*

Anexo 3. Resultados. DEA modelo n.º 3

DMU	2007				2008			
	Rank	θ	i_slack	o_slack	Rank	θ	i_slack	o_slack
Puerto Nare	12	0.846145	0	-	12	0.846437	0	-
Puerto Triunfo	9	0.878796	0.470354	-	9	0.879051	0.300779	-
Yondó	32	0.470947	219800	-	31	0.470947	183055	-
Arauca-Arauca	10	0.87254	0	-	10	0.873947	0	-
Arauquita	3	1	2.33E-10	-	1	1	0	-
Cantagallo	34	0.456341	787139	-	33	0.456341	142814	-
Puerto Boyacá	11	0.848009	0.859954	-	11	0.847746	60326.1	-
Trinidad	25	0.668698	48586.2	-	41	0.284322	0	-
Paz de Ariporo	28	0.623292	0.498237	-	27	0.623999	0.634972	-
Maní	40	0.324577	188470	-	38	0.324577	107663	-
Tauramena	15	0.81076	1026238	-	15	0.810655	531094	-
Aguazul	14	0.810865	628212	-	14	0.810865	349609	-
San Luis de Palenque	44	0.218136	98592.8	-	42	0.218136	67796.7	-
Yopal	8	0.908761	1.60157	-	8	0.908303	0.317052	-
Orocúe	35	0.413261	672685	-	34	0.413261	843043	-
Piamonte	37	0.37117	0.213904	-	46	0.0415386	0.0286925	-
Guaduas	24	0.684043	0.280973	-	24	0.684071	0.313944	-
Riohacha	23	0.689866	0.360382	-	22	0.690542	0.49137	-
Dibulla	38	0.367249	0	-	36	0.367934	0	-
Manaure	45	0.127521	0	-	43	0.127746	0.0748161	-
Uribía	46	0.0466411	0	-	45	0.0466109	0	-
Yaguará	4	0.997688	807646	-	4	0.997583	565128	-
Aipe	18	0.768099	258712	-	18	0.767994	452823	-
Neiva	2	1	0	-	1	1	0	-
Palermo	20	0.726759	0	-	20	0.726914	0.352807	-
Castilla La Nueva	16	0.792792	3048460	-	16	0.792687	240910	-
Acacías	7	0.929112	0	-	7	0.928969	120.137	-
Villavicencio	5	0.958491	0.284766	-	5	0.958423	0.933579	-
Puerto López	17	0.783846	0.174238	-	17	0.784005	0.188431	-
Puerto Gaitán	30	0.51035	501434	-	29	0.510245	516569	-
Cúcuta	1	1	0	-	1	1	0	-
Sabana de Tibú	29	0.610037	0	-	28	0.611452	0.418218	-
Puerto Asís	36	0.387573	0.0784898	-	35	0.387487	0.165574	-
Guamuez	43	0.289712	0	-	40	0.289572	0.0940792	-
Puerto Caicedo	39	0.329767	0	-	37	0.329376	0.174447	-
Orito	41	0.30925	0	-	39	0.30906	0.38823	-
San Miguel	42	0.291079	0.138707	-	44	0.112689	0.0034131	-
Puerto Wilches	26	0.659346	0	-	25	0.65969	0	-
Barrancabermeja	6	0.93293	0.568825	-	6	0.932324	0	-
San Vicente	21	0.703252	0	-	21	0.702214	0.785855	-
Sabana de Torres	27	0.638016	146150	-	26	0.638016	83952.1	-
Rionegro	31	0.505602	0	-	30	0.505263	0	-
Purificación	19	0.736114	1.11297	-	19	0.734554	0	-
Ortega	33	0.464733	0.796058	-	32	0.464051	0.118244	-
Piedras	22	0.690133	0.796058	-	23	0.690133	98320.9	-
Melgar	13	0.82616	1.17073	-	13	0.826299	0	-

Rank: Ranking

I_slack: Holgura del *input* θ : Score de eficienciao_slack: Holgura del *output*

Anexo 4. Resultados. DEA modelo n.º 4

DMU	2007					2008				
	Rank	θ	i_slack	o_slack (edut)	o_slack (salud)	Rank	θ	i_slack	o_slack (edut)	o_slack (salud)
Puerto Nare	34	0.76	245049	-	-	15	1	313489	19.7	-
Puerto Triunfo	30	0.8172	0.0404614	-	-	43	0.917	7486.7	1.14662	-
Yondó	28	0.8366	915630	-	-	26	1	843560	11.02	-
Arauca-Arauca	32	0.8084	244840	-	-	33	0.981	279662	11.3177	-
Araucuita	35	0.7589	485730	-	-	19	1	454865	28.37	-
Cantagallo	27	0.8434	2169279	-	-	25	1	767820	6.79	-
Puerto Boyacá	22	0.901	397481	-	-	21	1	526024	9.49	-
Trinidad	29	0.8289	481515	-	-	35	0.971	380274	5.33906	-
Paz de Ariporo	4	1	0	-	-	7	1	9836.6	-	-
Maní	8	1	920852	-	-	22	1	682471	-	-
Tauramena	10	1	1641299	-	-	27	1	10458	-	-
Aguazul	9	1	1263491	-	-	42	0.9183	720470	-	-
San Luis de Palenque	31	0.8147	915464	-	-	24	1	765666	10.77	-
Yopal	13	0.9979	75698.2	-	-	12	1	116722	-	-
Orocúe	11	1	2112378	-	-	31	1	474034	-	0.450005
Piamonte	17	0.9532	230745	-	-	39	0.9551	161841	-	-
Guaduas	37	0.7367	0.0025865	-	-	6	1	48285	22.52	-
Riohacha	39	0.7073	0	-	-	5	1	29034	23.27	-
Dibulla	42	0.6146	0	-	-	8	1	67506	18.03	-
Manaure	45	0.4569	84466	-	15.77	11	1	116291	47.4	-
Uribí	46	0.4479	0.076344	-	-	46	0.5856	6651.8	13.73	-
Yaguará	20	0.9211	1202207	-	-	28	1	21363	4.06	-
Aipe	36	0.7392	653478	-	-	29	1	44484	22.53	-
Neiva	14	0.9797	16598.8	-	-	37	0.958	454.9	-	-
Palermo	33	0.7669	351033	-	-	36	0.9624	345065	13.1333	-
Castilla La Nueva	12	1	4396145	-	-	23	1	737971	-	24.51
Acacías	6	1	468205	1.31	-	16	1	362825	-	8.1
Villavicencio	1	1	0	-	-	4	1	12217	-	21.02
Puerto López	24	0.8934	0	-	-	9	1	88472	6.83	-
Puerto Gaitán	44	0.5725	1517477	-	13.48	30	1	467259	2.47	-
Cúcuta	1	1	0	-	-	1	1	0	-	0
Sabana de Tibú	23	0.9003	0	-	-	34	0.9784	735.5	5.50102	-
Puerto Asís	19	0.92381	0	-	-	1	1	0	-	0
Guamuez	41	0.663288	0.0365315	-	8.50753	40	0.9498	7570.8	22.578	-
Puerto Caicedo	38	0.7365	9449.61	-	-	10	1	101241	19.93	-
Orito	40	0.6919	18631.8	-	-	45	0.841	139092	6.51726	-
San Miguel	43	0.5985	0	-	-	38	0.9569	5437.3	30.5315	-
Puerto Wilches	5	1	120245	-	-	13	1	126305	-	-
Barrancabermeja	3	1	0	-	-	1	1	0	-	-
San Vicente	25	0.8671	15799.4	-	-	14	1	261237	14.03	-
Sabana de Torres	7	1	569256	-	-	20	1	482351	-	-
Rionegro	26	0.855	0.162891	-	-	44	0.8715	2423.7	-	-
Purificación	21	0.9109	221473	-	-	18	1	396061	7.29	-
Ortega	15	0.9623	0	-	-	32	0.9861	104694	-	20.765
Piedras	18	0.9482	600373	-	-	41	0.9371	510844	-	-
Melgar	16	0.9597	327.739	-	-	17	1	368478	-	-

Rank: Ranking

i_slack: Holgura del *input*

θ : Score de eficiencia

o_slack: Holgura del *output*

Anexo 5. Evidencia internacional del uso de la metodología DEA en la medición de eficiencia de la provisión de servicios públicos

Autor	País	N	Periodo	Metodología	input	output
Alfonso y Fernández (2008)	Portugal	278 municipios	2001	DEA	Gasto total per cápita (municipal)	Indicador global de gobierno local integrado por: % habitante > 65 años, % edificios escolares por población en edad escolar, % de estudiantes por población en edad escolar, % usuarios de bibliotecas/población total, abastecimiento de agua, recogida de residuos sólidos (toneladas), licencias de edificación, longitud de vías mantenidas por el municipio/población residente.
Boetti, L. Piacenza, M. Durati, G. (2009)	Italia (Provincia de Turín)	262 municipios	2005	DEA-SFA	Los gastos corrientes: Administración general de gestión de basuras Mantenimiento de carreteras y la movilidad local La educación y el cuidado de los ancianos	Población (n.º de habitantes servidos) cantidades de residuos recogidos. Longitud total de caminos municipales (km). Número total de alumnos y ancianos (los alumnos inscritos en preescolar, primaria y secundaria)
Moore, Nolan y segal (2003)	USA	11 servicios de 50 de las mayores ciudades de USA	1993-1998	DEA	Obras: Presupuesto de edificación Servicios médicos de urgencia: Empleados, presupuesto de la ciudad Incendios: Presupuesto, parque móvil, personal (TC) Bibliotecas: N.º sucursales, n.º libreros, gasto operativo per cápita, otro personal, fondos bibliográficos, Parques y Jardines: Personal, presupuesto Policía: N.º de agentes, n.º staff de mantenimiento Residuos-sólidos: Personal, presupuesto Mantenimiento de calles: Personal, presupuesto Tráfico: Personal, n.º de vehículos en servicio Abastecimiento de agua: Personal, presupuesto	Obras: Superficie edificable Servicios médicos de urgencia: Tiempos de respuesta para servicios médicos Incendios: N.º muertos en incendios, pérdidas por fuego, parque móvil, n.º de vehículos en servicio Bibliotecas: N.º usuarios, n.º de visitas, rto de devoluciones Parques y jardines: Espacio en uso Policía: Índice de crímenes por ciudad Recogida de basuras: Ciudadanos atendidos Mantenimiento de calles: Superficie atendida Tráfico: Millas por vehículo año, ingreso anual por vehículo y milla Abastecimiento de agua: Ciudadanos atendidos, agua suministrada
Stastna, L. Gregor, M. (2010)	República Checa	202 municipios	2003-2008	DEA-SFA	Los gastos corrientes: Administración, agricultura, cultura y deporte. educación, medio ambiente, protección, salud, vivienda y desarrollo territorial, industria y la infraestructura: pública, seguridad, política social y laboral.	Educación: Los alumnos de las escuelas primarias y jardines de infantes Alumnos que ingresan a la escuela secundaria (%) Instalaciones culturales Protección del medio ambiente: Recolección de residuos municipales Contaminación del área Vivienda e industria: La superficie construida nuevas viviendas y empresas Carreteras municipales. Estaciones de autobuses Población en el distrito Población mayor de 65 años de edad La policía municipal