



Revista Finanzas y Política Económica

ISSN: 2248-6046

Universidad Católica de Colombia

Díaz Castro, Javier; de Jorge Moreno, Justo  
**Análisis de la eficiencia y factores explicativos de  
la gestión de los municipios del Meta, Colombia \***

Revista Finanzas y Política Económica, vol. 10, núm. 1, 2018, pp. 211-234  
Universidad Católica de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2018.10.1.9>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323558388009>

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

UAEM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

Javier Díaz Castro\*  
Justo de Jorge Moreno\*\*

Escuela Superior de  
Administración Pública (ESAP).  
Bogotá D. C., Colombia

Recibido: 1 de agosto de 2017

Concepto de evaluación: 12 de septiembre de 2017

Aprobado: 3 de noviembre de 2017

**Artículo de investigación**

© 2018 Universidad Católica de Colombia.

Facultad de Ciencias  
Económicas y Administrativas.  
Todos los derechos reservados

\* AE M.Sc. Ph.D. (c) Escuela  
Superior de Administración  
Pública (ESAP), Villavicencio,  
Colombia. Correo electrónico:  
econometrista@gmail.com

\*\* AE M.Sc. Ph.D. Universidad de Alcalá,  
Madrid, España. Correo electrónico:  
justo.dejorge@uah.es

# Análisis de la eficiencia y factores explicativos de la gestión de los municipios del Meta, Colombia\*

## RESUMEN

Esta investigación analiza la eficiencia y los factores explicativos en los municipios del Meta, Colombia, para el periodo 2010-2014. Con el fin de ofrecer una visión global y complementaria, se realizó un análisis a partir de la eficiencia estimada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), que comprendió el periodo 2006-2014. Se utilizó una metodología de análisis envolvente de datos DEA, con una frontera intertemporal; los resultados revelan que los niveles de eficiencia alcanzados en los diferentes sectores relacionados con las actividades municipales han sido del 81,3% y 49,7% en educación, 66,6% en salud y 52,8% y 62,2% en agua. Estos niveles de eficiencia ponen de manifiesto que, en términos medios, los municipios analizados podrían mejorar la gestión de sus *inputs*. El estudio realizado con mayor detalle demostró que 16 municipios (29,6%) se encuentran por encima del nivel de eficiencia media en educación; 10 municipios (18,5%) lo están en salud, y 13 municipios (24%), en agua. Como factores explicativos de la eficiencia se encuentran, por un lado, la inversión en relación con la población, en cualquiera de las actividades de educación, salud y agua, y, por otro, las características de la región a la cual pertenecen los ayuntamientos, en términos de población, área o altitud.

**Palabras clave:** municipios, región del Meta, DEA intertemporal, eficiencia, inversión.

**JEL:** C14, C24, D73

## Analysis of efficiency and explanatory management factors in the municipalities of Meta, Colombia

## ABSTRACT

This research analyzes efficiency and explanatory management factors in the municipalities of Meta (Colombia) for the period 2010-2014. In order

\* Los resultados y las opiniones de este trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores y su contenido no compromete a la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP). Se agradece la colaboración en la recolección de la información del Investigador Junior de la ESAP, Diego Novoa Torres.

to provide a global and complementary view, an analysis was performed based on the efficiency estimated by the DNP (National Planning Department) for the period 2006-2014. The study used the methodology of data envelopment analysis (DEA), with an intertemporal border; results reveal that the efficiency levels achieved in various sectors related to municipal activities were 81.3% and 49.7% in education; 66.6% in health; and 52.8% and 62.2% in water. These efficiency levels show that, on average, the analyzed municipalities could be able to improve the management of their inputs. A more detailed analysis showed that 16 municipalities (29.6%) are above the average efficiency level in education; 10 municipalities (18.5%) in health; and 13 municipalities (24%) in water. The most important explanatory factors for efficiency have been investment in relation to population in any of the studied activities (education, health, and water), as well as the characteristics of the region to which the municipalities belong, in terms of population, area or altitude.

**Keywords:** municipalities, region of Meta, intertemporal DEA, efficiency, investment.

## Análise da eficiência e dos fatores explicativos da gestão dos municípios de Meta, Colômbia

### RESUMO

Esta pesquisa analisa a eficiência e os fatores explicativos dos municípios de Meta (Colômbia) para o período 2010-2014. A fim de fornecer uma visão geral e complementar, realizou-se uma análise baseada na eficiência estimada pelo Departamento Nacional de Planejamento (DNP) para o período 2006-2014. Foi utilizada a metodologia de análise envoltória de dados (DEA, em inglês), com uma fronteira intertemporal. Os resultados revelam que os níveis de eficiência atingidos nos vários setores relacionados com as atividades municipais foram 81,3% e 49,7% (educação); 66,6% (saúde); 52,8% e 62,2% (água). Esses níveis de eficiência mostram que, em média, os municípios analisados poderiam melhorar a gestão de seus inputs. O estudo realizado com mais detalhes demonstrou que 16 municípios (29,6%) estão acima do nível médio de eficiência na educação; 10 municípios (18,5%), na saúde e 13 municípios (24%), em água. Como fatores explicativos da eficiência, encontram-se, por um lado, o investimento em relação à população em qualquer das atividades de educação, saúde e água; por outro, as características da região a que pertencem os municípios, em termos de área populacional ou altitude.

**Palavras-chave:** DEA, eficiência, intertemporal, investimento, municípios, região de Meta.

## INTRODUCCIÓN

El control de la eficiencia en la gestión de los recursos es uno de los objetivos prioritarios de los gobiernos, cuyo fin es reducir el presupuesto sin deteriorar la prestación de servicios públicos. Con independencia del nivel de descentralización, los gobiernos locales desempeñan un papel importante en la provisión de bienes y servicios a los ciudadanos en los países desarrollados. Las autoridades locales están siendo sometidas, cada vez más, a una presión creciente en cantidad y calidad de los servicios demandados (Cordero, Pedraja-Chaparro, Pisaflores y Polo, 2017). Además, muchas funciones públicas clave han sido transferidas desde las autoridades nacionales hacia las locales, incrementando así la importancia y complejidad de la gestión (Afonso y fernandes, 2008; Afonso y Venancio, 2016).

Como mencionan D’Inverno, Carosi y Ravagli (2018), después de varias décadas, la evaluación de la eficiencia de los gobiernos continúa siendo el centro del debate político y académico en la literatura del sector público y, aún más, en la literatura de la administración pública y gestión (Osborne, 2006). En referencia a Colombia, unidad contextual del presente trabajo, existe interés en este campo, manifestado a través del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), que dispone de informaciones públicas sobre los niveles de eficiencia de sus municipios en todo el territorio.

Las funciones de los municipios en Colombia venían siendo reguladas por el artículo 3 de la Ley 36 de 1994. En la actualidad se han realizado modificaciones jurisprudenciales que han sido incorporadas en el cuerpo del artículo 6 de la nueva Ley 1551 de 2012. En concreto, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) fundamenta su control sobre cuatro componentes: eficacia, eficiencia, cumplimiento de requisitos legales y gestión en términos de capacidad administrativa y desempeño fiscal.

Existe una creciente literatura que aborda el análisis de la eficiencia en los municipios desde diferentes perspectivas (Prado y García, 2007; Balaguer, Prior y Tortosa, 2013; D’Inverno Carosi y

Ravagli, 2018). La primera línea de investigación se relaciona con análisis más individualizados de los servicios municipales, con el propósito de capturar puntos fuertes y débiles en la provisión de servicios. Algunos ejemplos podrían ser los análisis pertinentes a servicios especializados como extinción de incendios (Drake y Simper, 2003), transporte público (Athanassopoulos, 1998), suministro de agua (Pina y Torres, 2001; Karlaftis, 2004), recolección de basuras (Tupper y Resende, 2004) o en provisión de servicios (Prado y García, 2007).

La segunda —que será la contemplada en este trabajo— está orientada hacia el análisis global de la provisión de servicios municipales, donde pueden ser observados trabajos correlativos al interés investigativo de la problemática planteada. Por ejemplo, las labores investigativas de Prieto y Zofio (2001), Balaguer, Prior y Tortosa (2013) y Cordero *et al.* (2017) en España; Borger y Kerstens (1996, 2000) en Bélgica; Athanassopoulos y Triantis (1998) y Doumpos y Cohen (2014) en Grecia; Worthington (2000) en Australia; Tairou (2000) en Francia; Freid y Klein (1999) en Estados Unidos; Afonso y Fernandes (2008) y Afonso y Venancio (2016) en Portugal; o Nijkamp y Suzuki (2009) en Japón. Una profunda revisión es ofrecida por Lo Storto (2016).

Esta investigación se enfoca en el análisis de la eficiencia técnica y el establecimiento de un *ranking* y de sus factores explicativos en los municipios de las regiones naturales del Meta, Colombia, en el lapso comprendido entre 2010 y 2014. Asimismo, aborda un análisis complementario de la eficiencia global de los municipios de Colombia en el marco temporal del periodo 2006-2014. No obstante, cabe aclarar que durante el desarrollo del ciclo investigativo no se encontraron muestras, constructos teóricos o investigaciones que denotaran la existencia de trabajos que analizaran la eficiencia municipal en Latinoamérica y, más específicamente, en Colombia.

Con el fin de abordar los objetivos mencionados, este trabajo está estructurado de la siguiente forma: en la primera sección se presentan los datos, las variables utilizadas y la metodología; posteriormente se reflejan los resultados, y en la sección final

se exponen las conclusiones relevantes e inherentes al interés objetivo de la investigación.

## DATOS, VARIABLES UTILIZADAS Y METODOLOGÍA

### Datos y variables

Por un lado, autores como Prado y García (2007) señalan la alta subjetividad existente en la literatura que analiza la eficiencia de los municipios en el proceso de selección de variables de *inputs* y *outputs*. Por otro lado, Cordero *et al.* (2017) indican que la selección de variables utilizadas depende de la disponibilidad de los datos. En este trabajo se utilizan las mismas variables que emplea el DNP de Colombia, entidad que proporcionó la información para esta

investigación. Por el momento, esta es la única información disponible. El ámbito de análisis principal se circunscribe a los municipios del Meta. En concreto, las variables de *inputs* y *outputs* utilizadas a partir del análisis envolvente de datos (en adelante DEA, por sus siglas en inglés) son las descritas por el DNP (tabla 5). La estructura de la base de datos, en términos del tamaño muestral y el criterio temporal, es la que se describe en la tabla 1. Como puede apreciarse, se abordarán tres ámbitos de actuación municipal: educación, salud y agua potable.

La disponibilidad de los datos permite trabajar con cinco de los seis modelos: dos referidos al sector de la educación (modelos 1 y 2), uno al sector de la salud (modelo 3) y dos al sector del agua (modelos 5 y 6). En relación con el criterio temporal, la estructura de la base de datos no es de tipo panel y, por tanto, no es posible aplicar metodologías

Tabla 1.

#### Estructura de la muestra analizada

N.º de modelo	Output /input	Modelos y sectores	Número de municipios por año					
			2006-2009	2010	2011	2012	2013	2014
Educación								
1	Output	Alumnos matriculados		5	11	9	11	18
	Input	Total de docentes		5	11	9	11	18
		Inversión en educación	n. d.	5	11	9	11	18
		Tamaño de aula		5	11	9	11	18
2	Output	N.º de alumnos ICFES		5	11	9	11	18
	Input	N.º de docentes escalafón		5	11	9	11	18
Inversión en educación								
n. d.								
Salud								
3	Output	N.º de afiliados al régimen subsidiado		5	11	9	11	18
	Input	Total de recursos		5	11	9	11	18
		Gastos en servicios	n. d.	5	11	9	11	18
4	Output	N.º de personas vacunadas		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
	Input	Inversión total		n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
Cantidad inmunobiológica								
n. d.								
Agua								
5	Output	Metros cúbicos		5	11	9	11	18
		N.º de suscriptores	n. d.	5	11	9	11	18
	Input	Promedio mensual (horas)		5	11	9	11	18
		Inversión total	n. d.	5	11	9	11	18
6	Output	Índice de riesgo calidad		5	11	n. d.	11	18
	Input	N.º de pruebas		5	11	n. d.	11	18
		Inversión total	n. d.	5	11	n. d.	11	18
Total		Representatividad de la muestra por años (%)	-	17,2	37,9	31,0	37,9	62,0

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DNP (2017).

Tabla 2.

Estadística descriptiva				
Sectores	Output/ inputs	Variables	Media	Desviación estándar
Educación	Output	Alumnos matriculados en preescolar	9518,7	18.906,6
	Inputs	Docentes oficiales vinculados	377,6	727,0
		Inversión en educación (millones de pesos)	36.026,1	225.986,0
		Metros cuadrados de aula	11.602,0	16.456,8
	Output	Alumnos matriculados en colegios oficiales	280,3	674,8
	Inputs	Docentes en escalafón, grado > 6	252,0	619,1
Inversión en educación		36.026,1	225.986,0	
Salud	Output	Afiliados al régimen subsidiado	20.744,9	37458,4
	Inputs	Gastos en servicios personales (millones de pesos)	4999,8	23.837,1
		Inversión destinada al régimen subsidiado	9662,0	17.601,1
Agua potable	Outputs	Metros cúbicos de agua producida	5.311.557,5	13.108.303,4
		Número de viviendas conectadas	9266,7	23.035,3
	Inputs	Inversión total en agua potable (millones de pesos)	37839,4	175.392,2
		Promedio mensual de horas	336,9	278,8
	Output	Promedio de índice de riesgo de calidad del agua	49,6	28,1
	Inputs	Inversión total de agua potable	37.839,4	175.392,2
Total		Número de pruebas realizadas	71,8	23,7

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DNP (2016).

en esa dirección (ver anexo). En relación con la representatividad de la muestra que figura en la última fila de la tabla 2, esto se ha realizado comparando la información disponible en relación con los 29 municipios existentes. En Prado y García (2007) puede encontrarse una relación de estudios según su representatividad, aunque asociado con el procedimiento de encuestas. Esta representatividad oscila entre el 5% para municipios en España (Vilardell, 1989) y el 73,38% (Distexhe, 1993) para municipios en Francia (Distexhe, 1993).

La tabla 2 recoge la estadística descriptiva de los municipios, según los modelos DEA estimados. En el apartado de resultados se muestra un análisis de las características regionales donde se hallan localizados los municipios.

## Metodología

En el ámbito de análisis de la evaluación de eficiencia de los municipios, pueden ser consideradas, según D'Inverno, Carosi y Ravagli (2018), dos aproximaciones metodológicas: las econométricas y las de optimización matemática. La primera

aproximación específica una función de producción y normalmente reconoce que la desviación de esta tecnología dada (medida por el término de error) se compone de dos partes: una que representa aleatoriedad (o ruido estadístico) y la otra referida a la ineficiencia. Una de las técnicas más conocidas es la denominada *frontera estocástica* (o SFA, por sus siglas del inglés). Por su parte, la aproximación matemática se suele referir al modelo denominado *análisis envolvente de datos* (DEA), siendo esta última la abordada en este trabajo. Cabe aclarar que tal variable será explicada en este acápite.

Los análisis realizados se estructuran en dos fases. En la primera fase, de forma introductoria, se utilizan los resultados del análisis de eficiencia global del DNP para el periodo 2006-2014. En este caso, la información consiste en utilizar los análisis de la eficiencia global realizados por esta institución. Para ello, se contemplan al menos dos supuestos: a) asumir como válido que todos los municipios de Colombia utilizan la misma tecnología y, por tanto, es posible estimar una única frontera de producción (en paralelo, se considera la orientación *input* y la opción de rendimientos



variables de escala), en lugar de una frontera por región/departamento o un análisis metafrontera; b) el índice de eficiencia global, calculado a partir de los seis modelos y tres sectores mostrados en la tabla 1, no presenta problemas relativos, por ejemplo, a la heterogeneidad intrasectorial.

En la segunda fase, por medio de la metodología DEA, se realizará un análisis de la eficiencia a la muestra obtenida para los municipios del departamento del Meta, en primera etapa; posteriormente, se realizará un análisis en segunda etapa para determinar los factores explicativos de la eficiencia, por medio de una regresión Tobit, dada la característica de esta variable al estar truncada en 1 sobre su valor máximo o límite superior.

Con el fin de determinar la eficiencia, se plantea un ejercicio matemático que consiste en resolver, para cada observación, un programa lineal en el que se determina (cuando se adopta una orientación al factor) la cantidad mínima de factores necesarios para lograr la cantidad de producción observada. El índice radial de eficiencia es generado considerando el anterior referente. Este índice establece que la ineficiencia de una empresa permite conocer cuál es la reducción proporcional ( $\theta^*$ ) que puede producirse en todos los *inputs* de forma simultánea sin reducir la producción. A continuación se muestra el programa que debe ser resuelto para cada empresa y año:

Tobit

Min  $\theta$

s.a.:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^N y_j \lambda_j &\geq y_s, \quad s = 1, \dots, S \\ \sum_{j=1}^N x_m \lambda_j &\leq \theta x_m, \quad m = 1, \dots, M \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, N \\ \sum_{j=1}^N \lambda_j &= 1 \end{aligned} \quad [1]$$

Donde los  $s$  municipios utilizan un vector de *inputs*  $x = (x_1, \dots, x_p, \dots, x_n) \in R_+^n$  para producir

$y = (y_1, \dots, y_p, \dots, y_n) \in R_+^n$  *outputs*. El valor obtenido para cada municipio  $s$  oscila entre los valores 0 y 1. La unidad correspondería a un municipio eficiente, con lo cual se construiría la frontera. La ecuación [1] asume implícitamente rendimientos variables de escala (RVE). Para estimar la eficiencia de escala, se debe resolver el problema anterior

eliminando la restricción de convexidad  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ , con lo que se obtiene el modelo CCR ( $q_{CCR}$ ) (Charnes,

Cooper y Rhodes, 1978). Las medidas de eficiencia obtenidas con el modelo CCR son siempre inferiores a las obtenidas con el modelo BCC ( $q_{BCC}$ ) (Banker, Charnes y Cooper, 1984), de forma que la eficiencia

de escala (SE) se define como  $SE_i = \frac{\theta_{CCR}}{\theta_{BCC}}$ . Si  $SE_i = 1$ ,

la unidad de decisión (DMU) —en este caso, los municipios analizados— opera con eficiencia de escala, mientras que si  $SE_i < 1$ , indica la presencia de ineficiencias de escala. En este trabajo se opta por mantener el criterio de la DNP; por tanto, orientación *input* y RVE.

Con la estructura de datos disponible no es posible aplicar la metodología DEA por medio de corte transversal (con la excepción de 2014), dado que existen problemas de grados de libertad (relación entre el número de observaciones y variables) que se asocian con  $[outputs + inputs] \times 3 < n^\circ$  de observaciones (El-Mahgary y Ladhelma, 1995). Por ello, se opta por la propuesta de Tulkens y Vanden (1995), considerando una frontera intertemporal en la que todos los municipios se comparan entre sí, con independencia del tiempo y de la presencia de más de una observación por municipio  $\{(x_{kt}, y_{kt}) | k=1, 2, \dots, K; t=1, 2, \dots, T\}$ . Adicionalmente, se llevarán a cabo análisis bivariantes agrupando la información, para determinar la existencia de diferencias de eficiencia estadísticamente significativas en función de la región, el número de observaciones por municipio, entre otros aspectos.

Una vez obtenida la eficiencia  $\theta_i$  de los municipios, en una segunda etapa se explica su valor a partir de un vector  $z = (z_1, z_2, \dots, z_L)$  de variables que serán comentadas a continuación. Los modelos

Tobit o regresión truncada han sido utilizados recientemente dentro de este ámbito por D'Inverno, Carosi y Ravagli (2018), Lo Storto (2016), Doumpou y Cohen (2014), Da Cruz y Marques (2014), entre otros:

$$\theta_i = f(Z_i, \beta_i) + \varepsilon_i \quad [2]$$

$$\theta_i = \beta_o + \beta_1 \ln\left(\frac{\text{inversión}}{\text{población}}\right) + \sum_{i=1}^2 \beta_2 Tam + \beta_3 area + \beta_4 altitud + \varepsilon_i \quad [3]$$

Donde  $\ln$  (*Inversión/población*) es la inversión en relación con la población realizada en educación, salud o agua, en millones de pesos. Doumpou y Cohen (2014) utilizan el volumen de las inversiones asignadas a los municipios en segunda etapa como variable explicativa, y como *input* en primera etapa. *Tam* es una variable *dummy* de tamaño que capturaría estar por encima o debajo del nivel medio de población del conjunto de regiones. Da Cruz y Marques (2014) incluyen la población dentro del grupo de variables relacionadas con

Tabla 3.

Valores medios y tasas de crecimiento de la eficiencia global por departamento (2006-2014)

Departamento	Número de municipios	2006		2014		Tasa de crecimiento
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Amazonas	2	0,193	0,273	0,275	0,081	0,42
Antioquia	125	0,491	0,129	0,557	0,123	0,13
Arauca	7	0,350	0,154	0,590	0,068	0,69
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	1	0,242	0,000	0,324	0,000	0,34
Atlántico	23	0,549	0,102	0,548	0,159	0,00
Bogotá, D.C.	1	1,000	0,000	0,656	0,000	-0,34
Bolívar	46	0,445	0,145	0,378	0,138	-0,15
Boyacá	123	0,450	0,157	0,487	0,105	0,08
Caldas	27	0,414	0,196	0,518	0,137	0,25
Caquetá	16	0,424	0,131	0,487	0,123	0,15
Casanare	19	0,351	0,155	0,532	0,088	0,52
Cauca	42	0,314	0,197	0,501	0,122	0,60
Cesar	25	0,519	0,100	0,458	0,179	-0,12
Chocó	30	0,253	0,184	0,382	0,109	0,51
Cundinamarca	116	0,469	0,138	0,562	0,127	0,20
Córdoba	30	0,364	0,187	0,403	0,150	0,11
Guainía	1	0,344	0,000	0,228	0,000	-0,34
Guaviare	4	0,433	0,124	0,370	0,128	-0,15
Huila	37	0,525	0,086	0,528	0,093	0,01
La Guajira	15	0,395	0,208	0,419	0,071	0,06
Magdalena	30	0,427	0,176	0,360	0,137	-0,16
Meta	29	0,403	0,209	0,485	0,099	0,21
Nariño	64	0,459	0,120	0,545	0,105	0,19
Norte de Santander	40	0,459	0,118	0,474	0,151	0,03
Putumayo	13	0,448	0,168	0,437	0,146	-0,02
Quindío	12	0,581	0,109	0,595	0,091	0,02
Risaralda	14	0,527	0,109	0,598	0,085	0,13
Santander	87	0,442	0,161	0,493	0,134	0,12
Sucre	26	0,466	0,136	0,409	0,115	-0,12
Tolima	47	0,448	0,121	0,550	0,102	0,23
Valle del Cauca	42	0,510	0,213	0,568	0,135	0,11
Vaupés	3	0,651	0,154	0,385	0,085	-0,41
Vichada	4	0,210	0,268	0,466	0,046	1,22
Total	1101	0,448	0,163	0,501	0,137	0,12
Test Kruskal Wallis (estadístico/P-valor)		151,1(0,000)		226,1(0,000)		

Fuente: elaboración de los autores a partir de datos del DNP (2006-2014).



la ciudadanía. D'Inverno, Carosi y Ravagli (2018) y Doumpos y Cohen (2014) emplean variables de tamaño de forma continua o categórica. Finalmente, Cordero *et al.* (2017), D'Inverno, Carosi y Ravagli (2018) y Da Cruz y Marques (2014) utilizan el área o la altitud como variables explicativas. En concreto, estos últimos autores consideran el área y la altitud como factores determinantes de carácter espacial y topográfico, respectivamente.

## RESULTADOS

### Primera fase

Como se mencionó, en la primera etapa se utilizan los resultados del análisis de eficiencia global del DNP para el periodo 2006-2014. En la tabla 3 se muestran los valores medios de los índices de eficiencia global por departamento para los años 2006 y 2014. La primera columna recoge los departamentos, en tanto en la segunda se muestra el número de municipios por departamento. En las columnas tercera a sexta se presentan los valores medios de la eficiencia y la desviación estándar. Finalmente, la séptima columna muestra la tasa de crecimiento de la eficiencia.

Los valores medios de la eficiencia global que se muestran en la penúltima fila (la última fila recoge las diferencias estadísticamente significativas entre los departamentos en función del número de municipios) son del 44,8% y 50,1% para los años 2006 y 2014; es decir, los niveles de *input* se podrían reducir en un 55,2% y 49,9% para los años considerados. En este sentido, es conveniente recordar que la estimación de una única frontera de producción está seriamente afectada por la heterogeneidad presente en los 1101 municipios analizados, así como por la agregación realizada de las estimaciones DEA en un solo índice. La tasa de crecimiento que aparece en la séptima columna muestra la mejora del 12% de la eficiencia en términos medios. En general, la mayoría de municipios mejoran (72,27%): Vichada (122%), Arauca

(69%), Cauca (60%), Casanare (52%), Choco (51%), entre otros. Tan solo nueve departamentos experimentan decrecimientos (27,73%): Vaupés (–41%), Bogotá y Guainía (–34%), entre otros.

### Análisis de la distribución de la eficiencia global

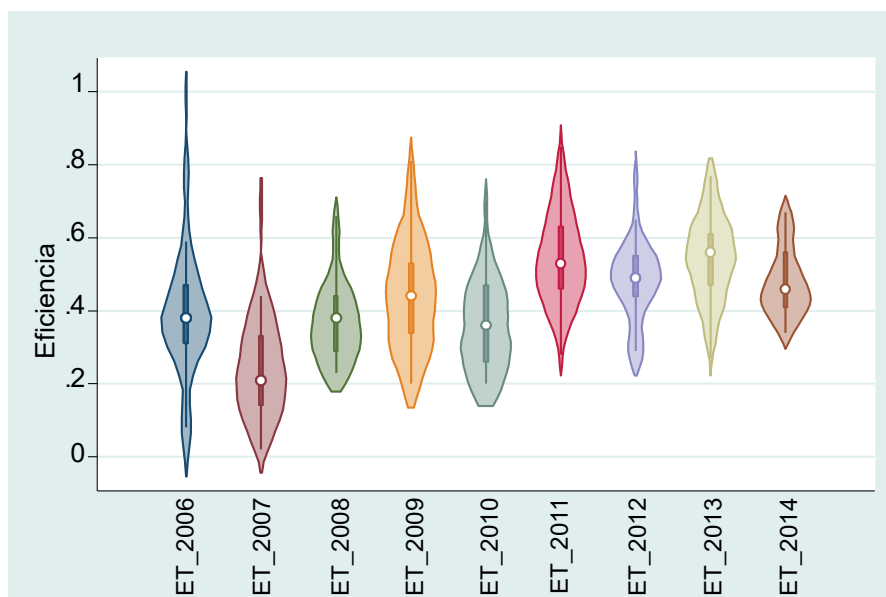
El análisis descriptivo por medio de la tasa de crecimiento realizado en la sección de resultados, en lo relativo a la primera fase, es suficientemente informativo. No obstante, algunos autores como Quah (1993a, 1993b, 1996 y 1997) mencionan algunos inconvenientes al utilizar este tipo de análisis (se refieren de forma más concreta a las distribuciones kernel externas) en el momento en que se carece de información con respecto a la dinámica interna de la distribución, puesto que solo recoge algunos momentos de esta. En este sentido, las funciones de densidad kernel suelen ser las alternativas más utilizadas. Lo anterior a raíz de que las distribuciones de eficiencia no son normales, de modo que la aplicación de estas funciones permite evitar rasgos relevantes que podrían presentarse. El enfoque no paramétrico requiere escoger un método para suavizar los datos. El método elegido suele ser el de suavizado kernel<sup>1</sup>. Una de las ventajas de las funciones de densidad kernel es la no imposición de una forma funcional concreta a la distribución.

Con la aplicación del kernel, y en particular estimando un kernel gaussiano<sup>2</sup> con amplitud de

1 Es uno de los métodos más aceptados. Scott (1992) indica que los algoritmos no paramétricos son asintóticamente métodos kernel.

2 La selección de la amplitud de ventana ( $h$ ) es altamente relevante. Este parámetro incide de manera importante, determinando la amplitud de dichos picos. Si el  $h$  seleccionado es excesivamente pequeño, genera un número excesivo de picos que impiden visualizar claramente la verdadera estructura de los datos (*undersmoothing*). Por el contrario, un  $h$  excesivamente grande genera *oversmoothing* y, por tanto, no es posible apreciar rasgos importantes como distribuciones multimodales. Lo que se define como *trade-off*, la elección del sesgo y varianza es esta relación: a mayor  $h$ , menos varianza, pero más sesgo, y viceversa. Los detalles de la elección del parámetro de suavizado se encuentran en los artículos de Sheater y Jones (1991), que pueden implementarse mediante software R o Stata.

Figura 1.

Gráficos *vioplot* de la eficiencia global, 2006-2014

Fuente: elaboración de los autores a partir de datos del DNP.

ventana óptima, se obtiene la figura 1. Se ha optado por mostrar gráficos *vioplot*; las distribuciones kernel son la parte exterior de cada *vioplot*, en tanto la parte interna presenta gráficos *box-plot*.

Los resultados obtenidos en la figura 1 revelan los cambios acaecidos en la forma externa de la distribución de la eficiencia en los años analizados. Como puede observarse, se producen cambios en la distribución; por ejemplo, la enorme dispersión de la eficiencia en 2006 en correlación con los años consiguientes, especialmente el marco temporal que abarca el periodo 2012-2014.

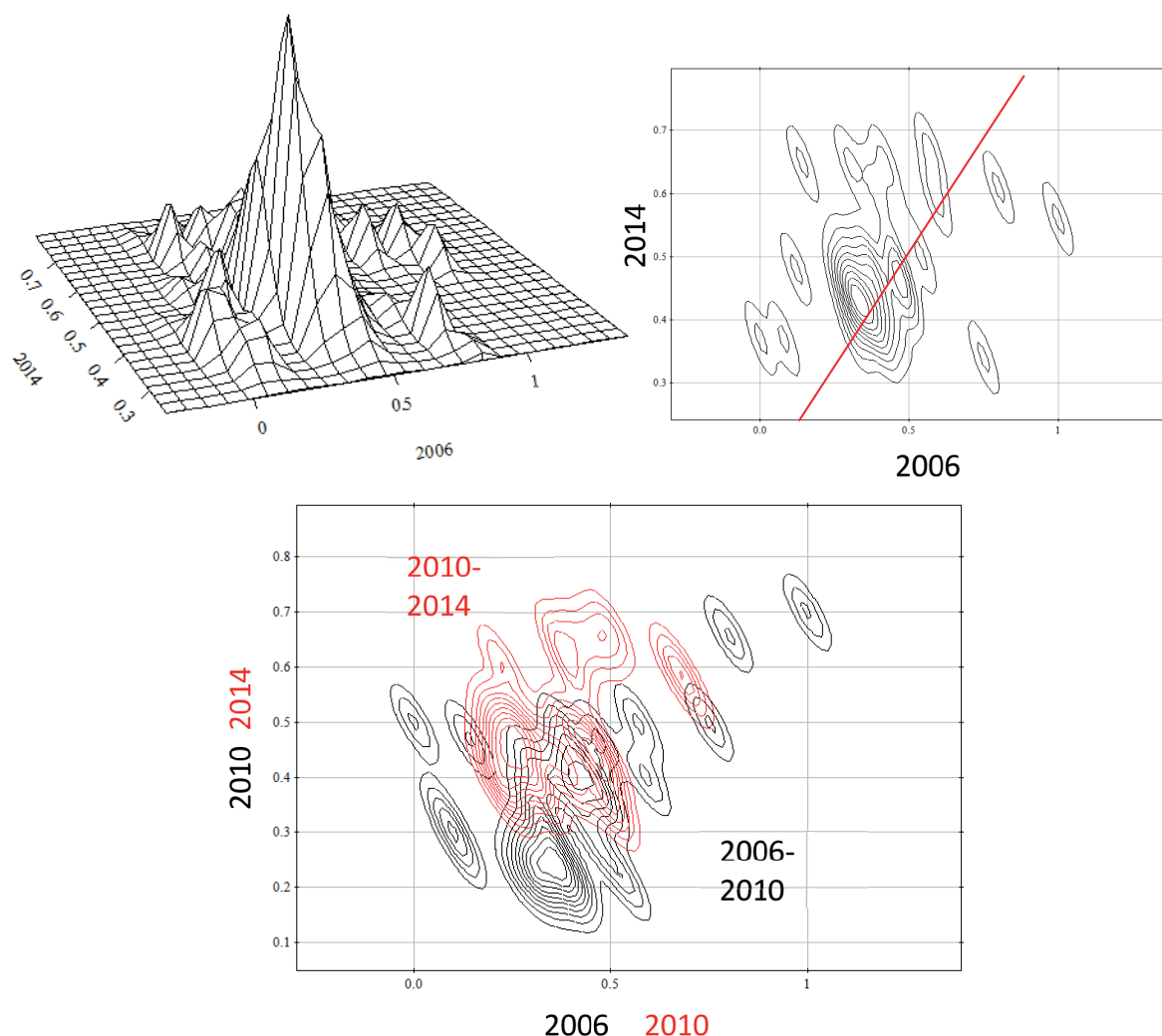
Las distribuciones de densidad kernel mostradas en la figura 1 arrojan información interesante sobre la forma externa de la distribución, pero no dicen nada sobre los movimientos intradistribucionales. Una forma sencilla de analizar la relevancia de los cambios mencionados dentro de la distribución consiste en el cómputo de las conocidas matrices de transición. Sin embargo, esta metodología implica que los resultados dependen

del número y la amplitud de los intervalos considerados. Por ello, autores como Quah (1997) y Stokey y Lucas (1989) prefieren analizar la dinámica dentro de la distribución por medio de una aproximación continuada basada en el empleo de kernels estocásticos, los cuales no son otra cosa que el equivalente a una matriz de transición con un número de intervalos que tiende a infinito.

La figura 2 muestra las formas tridimensionales y de contorno para la totalidad de departamentos en Colombia y su comparación con el departamento del Meta en los periodos 2006-2014, 2006-2010 y 2010-2014. El kernel estocástico puede aproximarse a partir de la estimación de la función de densidad de la distribución en un periodo determinado,  $t + k = 2014$ , condicionada a los valores correspondientes de un periodo anterior,  $t = 2006$  o  $2010$ ; para ello, se lleva a cabo la estimación no paramétrica de la función de densidad conjunta de la distribución en los momentos  $t$  y  $t + k$ .

Figura 2.

## Kérnels estocásticos y gráficos de contorno de la eficiencia global



Fuente: elaboración de los autores a partir de datos del DNP.

En la parte tridimensional de los gráficos, el eje  $X$  representa los valores de la eficiencia en 2006 o 2010, el eje  $Y$  representa los valores de la eficiencia 9 o 5 años después (es decir, 2006-2014, 2006-2010 o 2010-2014), mientras que el eje  $Z$  representa la densidad (probabilidad condicionada) de cada punto en el espacio  $X$ - $Y$ . Las líneas paralelas a 2014 muestran la probabilidad de transitar desde el punto que se considere en el eje  $X$  a cualquier otro punto en el eje  $Y$ .

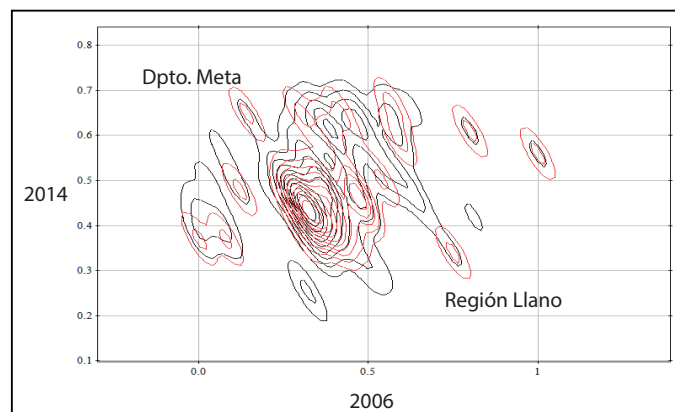
En relación con la totalidad de municipios en Colombia para el periodo 2006-2014, la masa

probabilística se sitúa en la parte superior de la diagonal. Una forma más sencilla de analizar este fenómeno se refleja en el mismo gráfico por medio de los diagramas de contorno, que representan cortes paralelos a la base del kernel (espacio  $X$ - $Y$ ), a alturas equidistantes. Se trata, por tanto, de puntos de igual altura y densidad.

Si las líneas de contorno se sitúan a lo largo de la diagonal positiva, el grado de movilidad es reducido, mientras que si no se concentran alrededor de esta, ha existido movilidad, tanto mayor

Figura 3.

Gráficos de contorno de la eficiencia global 2006-2014 para la región del Llano y el departamento del Meta



Fuente: elaboración de los autores a partir de datos del DNP.

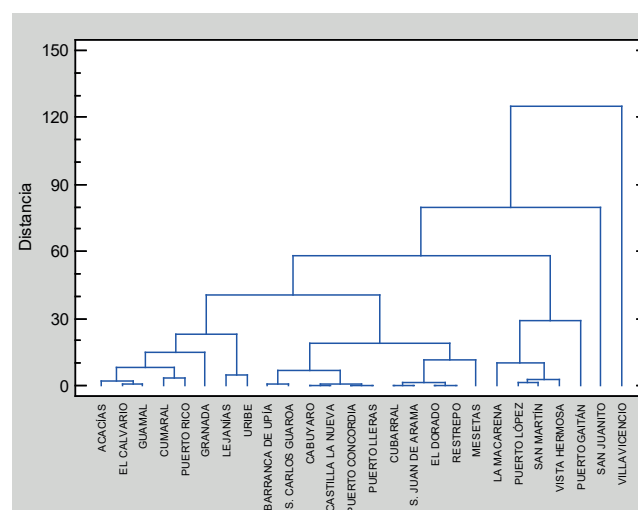
cuanto más se alejen esas líneas de la diagonal. En los núcleos o polos donde se concentra un porcentaje elevado de municipios, la eficiencia se sitúa por encima de la diagonal; se muestra así un claro proceso de convergencia y de estratificación. En los gráficos de contorno de la parte inferior de la figura 2 se superponen los análisis por periodos; de este modo, se muestra de forma evidente la mejora de la eficiencia y el claro proceso de convergencia que se experimenta entre 2010 y 2014.

Nótese cómo los núcleos y las líneas de contorno se distancian con mayor intensidad de la diagonal en comparación con el periodo 2006-2010.

Finalmente, la figura 3 compara la dinámica de transición de la eficiencia del departamento del Meta en relación con la región del Llano en el periodo 2006-2014. Como puede apreciarse, el proceso de convergencia es prácticamente el mismo, al solaparse los núcleos indicativos de la mayor aglomeración de la eficiencia de los municipios.

Figura 4.

Análisis clúster de los municipios del meta



Fuente: elaboración de los autores a partir de datos del portal Municipios.com.co (s. f.).

Tabla 4.

*Principales características de los municipios del Meta*

Municipios	Área (km <sup>2</sup> )	Altitud (m.s.n.m.)	Población	Temperatura	Densidad poblacional
Acacías	1149	498	54.753	24	47,65
Barranca de Upía	815	200	3232	29	3,97
Cabuyaro	832	235	3660	26	4,40
Castilla La Nueva	503	350	7258	26	14,43
Cubarral	1159	535	5174	27	4,46
Cumarál	580	452	16.634	21	28,68
El Calvario	286	400	2256	24	7,89
El Dorado	117	550	3168	27	27,08
Granada	381	332	50.837	24	133,43
Guamal	638	518	8933	25	14,00
La Macarena	11.231	233	4313	25	0,38
Lejanías	852	840	9091	22	10,67
Mesetas	1980	827	4677	30	2,36
Puerto Concordia	1298	200	8451	27	6,51
Puerto Gaitán	17.536	149	15.475	29	0,88
Puerto Lleras	2061	250	10.582	27	5,13
Puerto López	6239	178	28.922	26	4,64
Puerto Rico	3772	210	7205	22	1,91
Restrepo	289	570	10.112	26	34,99
San Carlos Guaroa	814	350	6909	30	8,49
San Juan de Arama	1163	510	7020	28	6,04
San Juanito	162	1550	1879	18	11,60
San Martín	6454	419	21.511	26	3,33
Uribe	6307	835	8180	25	1,30
Villavicencio	1328	467	384.131	28	289,26
Vista Hermosa	4749	450	11.810	28	2,49

Fuente: Elaboración de los autores con información extraída del portal online Municipios.com.co (s. f.).

## Segunda fase

Este apartado inicialmente presenta las características de los municipios analizados del departamento del Meta. La tabla 4 y la figura 4 presentan la heterogeneidad de la muestra a través del método Ward; la distancia euclidiana de municipios como San Juanito o Villavicencio aparecen anidados en el proceso final. San Juanito, por ejemplo, es el municipio de menor temperatura y mayor altitud, frente a Villavicencio, que tiene la mayor población y densidad poblacional.

Los resultados de los análisis DEA estimados como frontera intertemporal bajo RVE, una vez es resuelto el programa [1] para la eficiencia media de los municipios del Meta, se reflejan en las tablas 5 y 6. En la tabla 5 se muestran los municipios que

Tabla 5.

*Relación de municipios que han establecido las fronteras por sectores y modelos*

Educación	
Mod_Educa_1	Granada (2010)
	Puerto López (2012)
	San Carlos de Guaroa (2013)
	Uribe (2014)
	Villavicencio (2010)
Mod_Educa_2	Puerto Gaitán (2014)
	Granada (2014)
Salud	
Mod_Salud	San Carlos de Guaroa (2010)
	P. López (2011)
Agua potable	
Mod_Agua_1	El Calvario (2013)
	Restrepo (2013)
	Acacías (2013) (2014)
	Villavicencio (2014)
Mod_Agua_2	La Macarena (2011)
	Uribe (2014)
	San Carlos de Guaroa (2014)

Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 6.

*Eficiencia media según modelos con frontera intertemporal, RVE 2010-2014*

Id	Municipios	1		2		3		4		5	
		Mod Educa 1		Mod Educa 2		Mod Salud 1		Mod Agua 1		Mod Agua 2	
		N	Media	N	Media	N	Media	N	Media	N	Media
1	Acacías	3	0,863	3	0,557	3	0,697	3	0,693	3	0,234
2	Barraca de Upía	1	0,833	1	0,551	1	1,000	1	1,000	1	0,751
3	Cabuyaro	1	1,000	1	0,921	1	0,954	1	0,663	1	0,829
4	Castilla La Nueva	3	0,901	3	0,139	3	0,504	3	0,157	3	0,372
5	Cubarral	1	0,947	1	0,631	1	0,574	1	1,000	1	0,782
6	Cumaryl	1	0,332	1	0,971	1	0,657	1	0,145	1	1,000
7	El Calvario	1	0,947	1	0,347	1	0,763	1	1,000	1	0,907
8	El Dorado	1	0,747	1	0,463	1	0,819	1	0,649	1	0,907
9	Granada	3	0,936	3	0,680	3	0,949	3	0,153	3	0,328
10	Guamal	1	0,944	1	0,095	1	0,977	1	0,162	1	0,387
11	La Macarena	3	0,598	3	0,425	3	0,559	3	0,303	2	0,747
12	Lejanías	2	0,684	2	0,417	2	0,407	2	0,836	2	0,838
13	Mesetas	1	0,547	1	0,236	1	0,464	1	0,391	1	0,593
14	Puerto Concordia	1	0,637	1	0,553	1	0,434	1	0,488	1	0,817
15	Puerto Gaitán	1	0,947	1	1,000	1	0,626	1	0,239	1	0,460
16	Puerto Lleras	2	0,652	2	0,318	2	0,456	2	0,456	2	0,681
17	Puerto López	4	0,886	4	0,250	4	0,625	4	0,306	3	0,344
18	Puerto Rico	1	0,750	1	0,130	1	0,645	1	0,238	1	0,344
19	Restrepo	3	0,900	3	0,438	3	0,639	3	0,772	1	0,486
20	San Carlos de Guaroa	5	0,846	5	0,322	5	0,700	5	0,521	4	0,784
21	San Juan de Arama	2	0,768	2	0,164	2	0,625	2	0,088	1	0,185
22	San Juanito	3	0,888	3	0,536	3	0,748	3	0,280	2	0,476
23	San Martín	3	0,856	3	0,740	3	0,570	3	0,821	2	0,586
24	Uribe	1	1,000	1	0,959	1	0,420	1	1,000	1	1,000
25	Villavicencio	4	0,928	4	0,818	4	0,923	4	0,768	3	0,558
26	Vista Hermosa	2	0,788	2	0,253	2	0,569	2	0,602	2	0,727
27	Mapiripán	54	0,813	54	0,497	54	0,666	54	0,528	45	0,620
Test Kruskal Wallis		3,22(0,526)		2,89(0,456)		5,07(0,279)		4,97(0,267)		0,67(0,954)	

Fuente: elaboración de los autores.

han formado parte de la frontera de producción intertemporal para cada estimación DEA y, por tanto, han sido referencia para el resto de observaciones, como consecuencia de que sus niveles de eficiencia con rendimientos constantes y variables es igual a 1 (para un mayor nivel de detalle, ver tablas en anexos).

Como puede apreciarse en la tabla 5, la presencia de algunos municipios en la frontera de producción se repite; por ejemplo, Granada, Villavicencio, San Carlos de Guaroa, Uribe, etc. En la tabla 6 se realiza el análisis bajo el criterio de RVE, calculando los valores medios cuando los municipios tienen más de una observación en la muestra analizada.

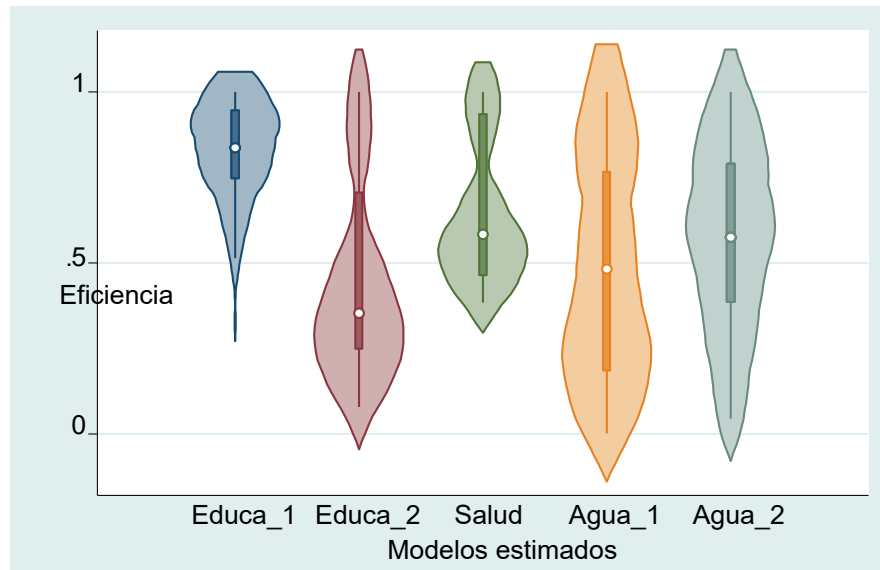
Como puede apreciarse en la penúltima fila de la tabla 6, el nivel de eficiencia media por

modelos y sectores se sitúa en 81,3%, 49,7%, 66,6%, 52,8% y 62,0% para los modelos 1 y 2 de educación, 3 de salud y 4 y 5 de agua, respectivamente. Los RVE indican que los municipios, según sus respectivas actividades, podrían reducir sus *inputs* en los valores complementarios a 100%. La figura 5 muestra los gráficos violín según los modelos estimados. Los modelos Educa\_1 y Salud observan la menor dispersión y los valores de eficiencia en general más elevados, frente a los otros tres modelos con mayor dispersión y menores niveles de eficiencia.

En la última fila de la tabla 6 se muestra el test de Kruskal Wallis, que indica que no existen diferencias de eficiencia en función del número de observaciones por municipio (p. e., en el modelo 1 hay 12 municipios que tienen 1 observación, 4 que

Figura 5.

Gráficos violín de la eficiencia según modelos (criterio intertemporal 2010-2014)



Fuente: elaboración de los autores.

tienen 2 observaciones, 7 que tienen 3 observaciones, 2 que tienen 4 observaciones y 1 que tiene 5 observaciones).

Un análisis con mayor detalle de la tabla 6 muestra cómo algunos municipios se encuentran posicionados en la frontera eficiente; por ejemplo, Uribe ( $\Theta=1$ ), en tres de los cinco modelos y con una observación por modelo. También es interesante observar el municipio de Villavicencio, que con una densidad poblacional elevada (mayor presupuesto, pero mayor prestación de servicios), mantiene elevados niveles de eficiencia ( $\Theta > \text{media}$ ), con excepción del modelo de agua 2 (última columna).

Con el propósito de profundizar en los resultados mencionados, se ha realizado un análisis de la eficiencia considerando los municipios que se encuentran por encima del valor medio de la eficiencia, frente a los que se encuentran por debajo. En la tabla 7 se muestran los test de contraste que acreditan que las diferencias de eficiencia son estadísticamente significativas.

Tabla 7.

Contrastes de diferencias de media de eficiencia según modelos

Número de modelo		Contraste de diferencias de valor medio Test Kruskal Wallis/Pvalor
1	Mod_Educa_1	17,78(0,000)
2	Mod_Educa_2	15,44(0,000)
3	Mod_Salud_1	17,79(0,000)
4	Mod_Agua_1	18,81(0,000)
5	Mod_Agua_2	16,89(0,000)

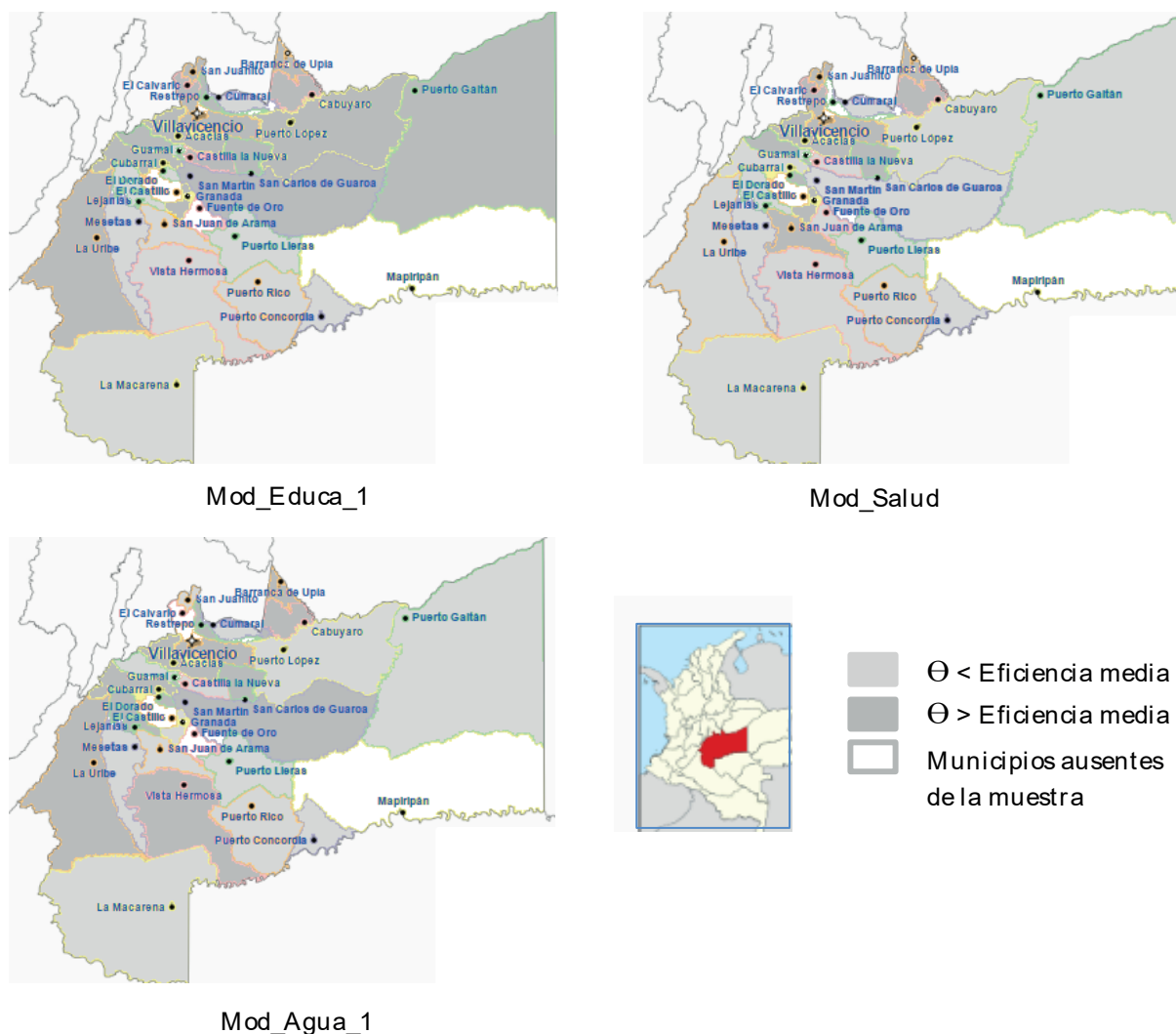
Fuente: elaboración de los autores.

De forma complementaria, y con la idea de visualizar geográficamente los niveles de eficiencia y la localización geográfica de los municipios, la figura 6 muestra las diferencias entre ellos, atendiendo a aquellos que se sitúan por encima (color gris oscuro) del valor medio frente a los que están por debajo (color gris claro). Se han considerado tres de los cinco modelos (1, 3 y 4).



Figura 6.

Representación de los municipios según sus niveles de eficiencia



Fuente: elaboración de los autores.

## FACTORES EXPLICATIVOS DE LA EFICIENCIA

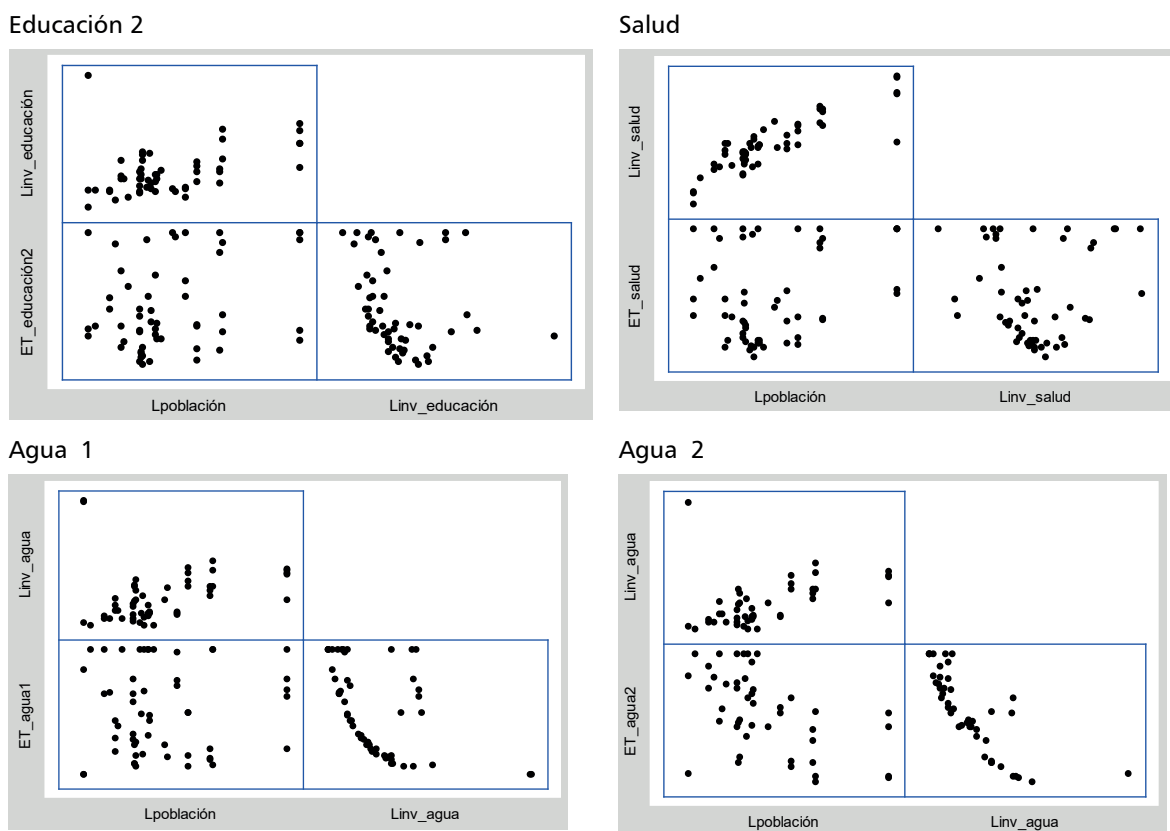
Una vez analizada la eficiencia técnica en el anterior apartado, el próximo paso es estudiar los factores que la explican. Se procede inicialmente a un análisis descriptivo bivalente. En los gráficos de dispersión de la figura 7 se muestran las relaciones entre las inversiones, la población y la eficiencia estimada para cada modelo. Como puede apreciarse, existe una relación positiva entre los niveles de inversión

en educación/salud o agua y la población (parte superior de cada figura). Asimismo, la relación entre la eficiencia estimada en la primera etapa y la población e inversión muestra que tanto poblaciones como inversiones pequeñas/grandes se sitúan en la frontera de referencia. En el caso del modelo Agua-2, esta relación está más limitada a los valores más reducidos.

Los resultados globales a partir de los modelos planteados de la ecuación [3] se muestran en la tabla 8. Como puede apreciarse, el logaritmo

Figura 7.

## Gráficos de dispersión eficiencia/población/inversión



Fuente: elaboración de los autores.

Tabla 8.

## Resultados globales de la ecuación [3]

Variables	Mod_Educa_2 Coef. Est./E.Est.	Mod_Salud Coef. Est./E.Est.	Mod_Agua_1 Coef. Est./E.Est.	Mod_Agua_2 Coef. Est./E.Est.
Constante	0,848** (0,182)	2,284** (0,432)	1,461** (0,200)	1,461** (0,173)
L(inv_educa/pobla)	-0,840** (0,222)			
L(inv_salud/pobla)		-1,805** (0,481)		
L(inv_agua/pobla)			-1,142** (0,261)	-1,075** (0,223)
Dummy de población	0,285** (0,096)	0,204** (0,071)	-0,081 (0,114)	-0,437** (0,083)
Área	0,025* (0,011)	-0,004 (0,008)	-0,004 (0,012)	-0,001 (0,0104)
Altitud	0,410** (0,141)	-0,087 (0,094)	0,625** (0,186)	0,293* (0,138)
Log likelihood	-11,67	-0,459	-23,06	-3,37
chi2(Prob)	23,21(0,000)	25,06(0,002)	24,94(0,000)	31,66(0,000)

Nota: C. Est. = coeficiente estimado; E. Est = error estándar; errores estándar entre paréntesis; dummy\_población = 0 por debajo de la media omitida. \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$

Fuente: elaboración de los autores.

de la inversión/población para todos los modelos asignados es negativo y estadísticamente significativo. Este resultado podría relacionarse con el mayor control de la inversión que puede realizarse optimizando los recursos asignados. La variable *dummy* de tamaño muestra que los municipios en las regiones más pobladas son más eficientes, cuando se trata de educación y salud; sin embargo, con el agua los niveles de eficiencia son mayores en las regiones menos pobladas, para el modelo *agua\_2*. Las variables *área* y *altitud* son estadísticamente significativas y positivas en el caso de la educación. Así, municipios como Puerto Gaitán, La Macarena y Uribe son referencia por su extensión geográfica, mientras que San Juanito, Lejanías, Uribe o Mesetas lo son por su altitud. Igualmente, esta variable mantiene este mismo impacto para los modelos del agua.

## CONCLUSIONES

En los últimos años se ha producido una importante evolución de investigaciones en el campo de la economía pública, la economía regional y urbana, que analizan la eficiencia y la gestión de los gobiernos regionales o locales. Esta relevancia también queda reflejada en la cada vez mayor implicación de los gobiernos en términos de políticas públicas e instituciones de carácter privado, cuyas actividades están encaminadas a la auditoría o prestación de servicios públicos.

Esta investigación centra el interés en la eficiencia y sus factores explicativos de los municipios del Meta para el periodo 2010-2014, dada la disponibilidad de la información en términos de *inputs* y *outputs*. Con el fin de ofrecer una visión global y de forma complementaria, se realiza un análisis de la eficiencia a partir de las estimaciones del DNP para el periodo 2006-2014.

La metodología utilizada ha sido el análisis envolvente de datos DEA, cuya utilización está ampliamente aceptada en la literatura. No obstante, este trabajo tiene en cuenta sus debilidades relativas a su carácter determinístico, la influencia del tamaño muestral y los datos atípicos. Sin embargo,

sus puntos fuertes la hacen idónea para investigaciones de estas características, entre los que se encuentran la posibilidad de trabajar con diferentes medidas (económicas y físicas) en *inputs* y *outputs*, poder realizar estimaciones con más de un *output*, explotar al máximo el tratamiento de los datos o no imponer formas funcionales al proceso productivo.

Los principales resultados a partir de la propuesta de una frontera intertemporal, dada la restricción de información disponible y los cinco modelos analizados, relativos a tres sectores de actividad de los municipios: educación (dos modelos), salud (un modelo) y agua potable (dos modelos), revelan lo siguiente:

Los niveles de eficiencia alcanzados han sido del 81,3% (*educa\_1*), 49,7% (*educa\_2*), 66,6% (*salud*), 52,8% (*agua\_1*) y 62,2% (*agua\_2*). Estos niveles de eficiencia ponen de manifiesto que, en términos medios, los municipios analizados podrían mejorar ostensiblemente la gestión de sus *inputs*.

La propuesta metodológica de frontera intertemporal supone que los municipios son considerados como unidades de análisis independientes cuando hay más de una observación por municipio presente en la muestra. Esto implica que un municipio podría estar en la frontera y ser referente de sí mismo para otro año. En este sentido, no existen diferencias estadísticamente significativas de eficiencia entre municipios por tener mayor o menor número de observaciones en la muestra. Municipios tan diferentes como Uribe o Villavicencio, donde el primero tiene una superficie en km<sup>2</sup>, muy por encima de la media de los municipios analizados, con una densidad poblacional muy por debajo de la media, en tanto el segundo registra lo contrario, muestran comportamientos eficientes en términos medios. En el caso de Uribe, con una observación en cada estimación, forma parte de la frontera ( $\Theta=1$ ) en tres de los cinco modelos con RVE para los tres ámbitos de actividad. Villavicencio, con cuatro observaciones en el periodo temporal, mantiene elevados niveles de eficiencia media en cuatro de los cinco modelos ( $\Theta=92,8\%$ ,  $81,8\%$  en educación,  $92,3\%$  en salud y  $76,8\%$  en agua).

Un análisis realizado con mayor detalle, utilizando la frontera de la eficiencia media global de todos los municipios según modelos y actividades como referente o *benchmarking*, muestra que 16 municipios (29,6%) se encuentran por encima del nivel de eficiencia medio en educación, 10 municipios (18,5%) lo están en salud y 13 municipios (24%) lo están en agua.

Los factores explicativos de la eficiencia que han resultado ser significativos para determinar la mayor aproximación o alejamiento de los municipios a la frontera han sido la inversión en relación con la población, en cualquiera de las actividades de educación, salud y agua, y las características de la región a la cual pertenecen los ayuntamientos en términos de población área o altitud.

La relación entre inversión normalizada por la población y la eficiencia es negativa y estadísticamente significativa. Los esfuerzos derivados de los niveles de inversión por habitante podrían ejercer un poder disciplinador sobre la gestión y, quizás, la autonomía de esta; no obstante, los niveles de inversión no han podido ser considerados de forma acumulada y esto, probablemente, aportaría nuevas evidencias.

En relación con las limitaciones y posibles extensiones del trabajo, a pesar de haber obtenido cierta profundización respecto al objetivo

obtenido, se hace necesaria la obtención de mayor información en cantidad (mayor tamaño muestral y espacio temporal) y calidad (variables vinculadas tanto al proceso productivo como a los factores determinantes de la eficiencia con carácter exógeno a las decisiones de los gerentes) que enriquezca los análisis y, por tanto, se alcance una mayor contribución a este tema poco explorado en Latinoamérica y en Colombia. Este camino podría abrir la posibilidad de aplicar otras metodologías y objetivos de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los comentarios y las sugerencias realizadas por los evaluadores, que han contribuido a mejorar este trabajo; la responsabilidad de los posibles errores cometidos son exclusivos de los articulistas. Los autores agradecen la financiación recibida de la Escuela Superior de Administración Pública (ESAP), Programa de Administración Pública. Asimismo, agradecen la ayuda prestada por Yúber Villalba (auxiliar de investigación del proyecto) y al Semillero de Investigación integrado por Mario Giovanny Galvis (tutor del Semillero de Investigación y docente de la ESAP), Luis Fernando Pinzón, Iván Alberto Pinto y Héctor Fabián Ramírez.

## REFERENCIAS

1. Afonso, A. y Fernandes, S. (2005). Assessing and explaining the relative efficiency of local government. *The Journal of Socio-Economics*, 37(5), 1946-1979.
2. Afonso, A. y Venancio, A. (2016). The relevance of commuting zones for regional spending efficiency. *Applied Economics*, 48(10), 865-877.
3. Athanassopoulos, A. D. (1998). Decision support for target-based resource allocation of public services in multiunit and multilevel systems. *Management Science*, 44(2), 173-189.
4. Balaguer-Coll, M. T., Prior, D. y Tortosa-Ausina, E. (2013). Output complexity, environmental conditions, and the efficiency of municipalities. *Journal of Productivity Analysis*, 39, 303-324.
5. Banker, R. D., Charnes, A. y Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
6. Charnes, A., Cooper, W. W. y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operation Research*, 2(6), 429-444.

7. Cordero, J. M., Pedraja-Chaparro, F., Pisaflores, E. C. y Polo, C. (2017). Efficiency assessment of Portuguese municipalities using a conditional nonparametric approach. *Journal of Productivity Analysis*, 48, 1-24.
8. Da Cruz, N. F. y Marques, R. C. (2014). Revisiting the determinants of local governments performance. *Omega*, 44, 91-103.
9. De Borger, B. y Kerstens, K. (1996). Cost efficiency of Belgian local governments: a comparative analysis of FDH, DEA, and econometric approaches. *Regional Science and Urban Economics*, 26, 145-170.
10. D'Inverno, G., Carosi, L. y Ravagli, L. (2018). Global public spending efficiency in Tuscan municipalities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 102-113.
11. De Borger, B. y Kerstens, K. (2000). What is known about municipal efficiency? The Belgian case and beyond. En J. L. Blank (Ed.), *Public provision and performance: Contributions from efficiency and productivity measurement* (pp. 299-330). Ámsterdam: Elsevier.
12. Distexhe, V. (1993). L'efficacite productive des services d'enlèvement des immondices en Wallonie. *Cahiers Economiques de Bruxelles*, 137, 119-138.
13. Drake, L. y Simper, R. (2003). The measurement of English and Welsh police force efficiency: A comparison of distance function models. *European Journal Operation Research*, 147(1), 165-186.
14. El-Mahgary, S. y Lahdelma, R. (1995). Data envelopment analysis: visualizing the results. *European Journal Operation Research*, 83(3), 700-710.
15. Freid, H. O. y Klein, J. D. (1999). Efficiencies in United States metropolitan areas. En J. L. Blank (Ed.), *Public provision and performance. Contributions efficiency and productivity measurement*. Ámsterdam: Elsevier.
16. Karlaftis, M. G. (2004). A DEA approach for evaluating the efficiency and effectiveness of urban transit systems. *European Journal Operation Research*, 152(2), 354-364.
17. Municipios.com.co (s. f.). Municipios de Meta. Recuperado de <http://www.municipios.com.co/municipios>
18. Nijkamp, P. y Suzuki, S. (2009). A generalized goals-achievement model in data envelopment analysis: An application to efficiency improvement in local government finance in Japan. *Spatial Economic Analysis*, 4(3), 249-274.
19. Osborne, S. P. (2006). The new public governance? *Public Management Review*, 8(3), 377-387.
20. Pina, V. y Torres, L. (2001). Analysis of the efficiency of local government services delivering. An application to public urban transport. *Transportation Research*, parte A, 35, 929-944.
21. Prado, J. M. y García-Sánchez, I. M. (2007). Efficiency evaluation in municipal services: An application to the street lighting service in Spain. *Journal Productivity Analysis*, 27, 149-162.
22. Prieto, A. M. y Zofío, J. L. (2001). Evaluating effectiveness in public provision of infrastructure and equipment: the case of Spanish municipalities. *Journal Productivity Analysis*, 15(1), 41-58.
23. Quah, D. T. (1993a). Empirical cross-section dynamics in economic growth. *European Economic Review*, 37, 426-434.
24. Quah, D. T. (1993b). Galton's fallacy and Test of the Convergence Hypotheses. *Scandinavian Journal of Economics*, 95, 427-443.
25. Quah, D. T. (1996). Twin peaks: Growth and convergence in models of distribution dynamics. *The Economic Journal*, 106, 1045-1055.
26. Quah, D. T. (1997). Empirics for growth and distribution: Stratification, polarization and convergence clubs. *Journal of Economic Growth*, 2, 27-59.

27. Scott, W. D. (1992). Multivariate density estimation: Theory, practice, and visualization. *The Annals of Statistics*, 20, 1236-1265.
28. Sheather, W. y Jones, M. (1991). A reliable data-based bandwidth selection method for Kernel density estimation. *Journal of the Royal Statistical Society, serie B*, 53(3), 683-690.
29. Stokey, N. L. y Lucas, R. E. (1989). *Recursive methods in economic dynamics*. Cambridge: Harvard University Press.
30. Taïrou, A. (2000). Does inefficiency explain financial vulnerability of French municipalities? En *International Conference on Accounting, Auditing and Management in Public Sector Reforms*. Saragossa: EIASM.
31. Tulkens, H. y Van den Eeckaut, P. (1995). Non-parametric efficiency, progress and regress measures for panel data: Methodological aspects. *European Journal of Operational Research*, 80(3), 474-499.
32. Tupper, H. C. y Resende, M. (2004). Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. *Utility Policy*, 12, 29-40.
33. Vilardell, I. (1989). L'eficiencia en l'actuació de les administracions municipals: una evaluació del servei de recollida de residus sòlids urbans. *Revista Econòmica de Catalunya*, 11, 19-33.
34. Worthington, A. C. (2000). Cost efficiency in Australian local government: a comparative analysis of mathematical programming and econometric approaches. *Financial Accountability and Management*, 16(3), 201-221.
35. Worthington, A. C. y Dollery, B. E. (2000). An empirical survey of frontier efficiency measurement techniques in local government. *Local Government Studies*, 26(2), 23-52.

## ANEXOS

Tabla A1.

Presencia de los municipios por años				
2010	2011	2012	2013	2014
<ul style="list-style-type: none"> <li>Villavicencio</li> <li>Granada</li> <li>San Carlos de Guaroa</li> <li>San Juanito</li> <li>Restrepo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Villavicencio</li> <li>Acacías</li> <li>Puerto López</li> <li>Guamal</li> <li>San Martín</li> <li>Vista Hermosa</li> <li>La Macarena</li> <li>San Carlos de Guaroa</li> <li>San Juan de Arama</li> <li>Puerto Rico</li> <li>San Juanito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Villavicencio</li> <li>Cumarál</li> <li>San Juan De Arama</li> <li>Puerto López</li> <li>Castilla La Nueva</li> <li>San Martín</li> <li>S. Carlos de Guaroa</li> <li>San Juanito</li> <li>La Macarena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acacías</li> <li>Granada</li> <li>Puerto López</li> <li>Puerto Lleras</li> <li>Castilla La Nueva</li> <li>Cubarral</li> <li>Lejanías</li> <li>San Martín</li> <li>San Carlos de Guaroa</li> <li>Restrepo</li> <li>El Calvario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Villavicencio</li> <li>Acacías</li> <li>Granada</li> <li>Uribe</li> <li>Puerto Concordia</li> <li>Puerto López</li> <li>Puerto Lleras</li> <li>Castilla La Nueva</li> <li>Lejanías</li> <li>Vista Hermosa</li> <li>San Carlos de Guaroa</li> <li>Restrepo</li> <li>La Macarena</li> <li>Barranca de Upía</li> <li>El Dorado</li> <li>Mesetas</li> <li>Cabuyaro</li> <li>Puerto Gaitán</li> </ul>

Tabla A2.

Sector educación											
Año	Municipio	Id_Municipio	Id_obs	Mod_Educacion 1				Mod_Educacion 2			
				RCE	RVE	ESCALA		RCE	RVE	ESCALA	
2010	Granada	9	1	1,000	1,000	1,000	-	0,840	0,860	0,977	irs
2010	Restrepo	19	2	0,863	0,866	0,997	irs	0,517	0,706	0,732	irs
2010	San Carlos de Guaroa	20	3	0,779	0,792	0,984	irs	0,149	0,418	0,357	irs
2010	San Juanito	22	4	0,896	1,000	0,896	irs	0,066	1,000	0,066	irs
2010	Villavicencio	25	5	1,000	1,000	1,000	-	0,486	1,000	0,486	drs
2011	Villavicencio	25	6	0,883	0,927	0,953	drs	0,121	0,322	0,377	drs
2011	Acacías	1	7	0,864	0,903	0,957	drs	0,090	0,428	0,210	drs
2011	Puerto López	17	8	0,777	0,789	0,984	irs	0,094	0,108	0,867	irs
2011	San Martín	23	9	0,771	0,797	0,967	irs	0,424	0,557	0,763	irs
2011	La Macarena	11	10	0,514	0,515	0,997	drs	0,144	0,344	0,417	irs
2011	San Carlos de Guaroa	20	11	0,884	0,887	0,997	irs	0,026	0,102	0,260	irs
2011	Vistahermosa	26	12	0,928	0,943	0,985	drs	0,142	0,248	0,574	irs
2011	San Juan de Arama	21	13	0,678	0,705	0,962	irs	0,061	0,173	0,353	irs
2011	Guamal	10	14	0,938	0,944	0,994	irs	0,063	0,095	0,663	irs
2011	Puerto Rico	18	15	0,745	0,750	0,993	irs	0,044	0,130	0,342	irs
2011	San Juanito	22	16	0,524	0,832	0,630	irs	0,024	0,277	0,087	irs
2012	Villavicencio	25	17	0,859	0,948	0,906	drs	0,452	0,951	0,475	drs
2012	Castilla La Nueva	4	18	0,976	0,999	0,977	irs	0,042	0,079	0,525	irs
2012	Cumarál	6	19	0,073	0,332	0,220	irs	0,870	0,971	0,897	irs
2012	La Macarena	11	20	0,692	0,717	0,964	drs	0,096	0,201	0,479	irs
2012	Puerto López	17	21	1,000	1,000	1,000	-	0,270	0,348	0,774	irs
2012	San Carlos de Guaroa	20	22	1,000	1,000	1,000	-	0,158	0,464	0,340	irs
2012	San Juan de Arama	21	23	0,823	0,831	0,991	irs	0,061	0,155	0,395	irs
2012	San Juanito	22	24	0,537	0,832	0,645	irs	0,051	0,332	0,154	irs
2012	San Martín	23	25	1,000	1,000	1,000	-	0,925	1,000	0,925	irs



Año	Municipio	Id_Municipio	Id_obs	Mod_Educacion 1				Mod_Educacion 2			
				RCE	RVE	ESCALA		RCE	RVE	ESCALA	
2013	Acacias	1	26	0,844	0,905	0,933	drs	0,074	0,307	0,242	drs
2013	Castilla La Nueva	4	27	0,838	0,870	0,963	irs	0,078	0,142	0,550	irs
2013	Cubarral	5	28	0,769	0,947	0,812	irs	0,219	0,631	0,347	irs
2013	El Calvario	7	29	0,477	0,947	0,504	irs	0,080	0,347	0,232	irs
2013	Granada	9	30	0,915	0,967	0,946	drs	0,150	0,181	0,830	irs
2013	Lejanías	12	31	0,669	0,692	0,967	irs	0,169	0,379	0,446	irs
2013	Puerto López	17	32	0,800	0,810	0,988	irs	0,147	0,186	0,791	irs
2013	Puerto Lleras	16	33	0,724	0,730	0,992	irs	0,080	0,263	0,306	irs
2013	Restrepo	19	34	1,000	1,000	1,000	-	0,176	0,285	0,619	irs
2013	San Carlos de Guaroa	20	35	0,848	0,850	0,998	irs	0,127	0,319	0,398	irs
2013	San Martín	23	36	0,767	0,772	0,993	irs	0,536	0,663	0,809	irs
2014	Acacias	1	37	0,741	0,782	0,948	drs	0,522	0,936	0,558	drs
2014	San Carlos de Guaroa	20	38	0,699	0,703	0,994	irs	0,213	0,308	0,691	irs
2014	Restrepo	19	39	0,814	0,835	0,974	irs	0,302	0,324	0,933	irs
2014	Castilla La Nueva	4	40	0,798	0,833	0,957	irs	0,139	0,195	0,713	irs
2014	Puerto López	17	41	0,880	0,944	0,933	drs	0,236	0,358	0,660	drs
2014	Vista Hermosa	26	42	0,626	0,633	0,989	drs	0,204	0,257	0,794	irs
2014	Lejanías	12	43	0,662	0,676	0,979	irs	0,373	0,455	0,819	irs
2014	Granada	9	44	0,800	0,840	0,953	drs	1,000	1,000	1,000	-
2014	Puerto Concordia	14	45	0,624	0,637	0,980	irs	0,265	0,553	0,479	irs
2014	Villavicencio	25	46	0,786	0,837	0,938	drs	0,352	1,000	0,352	drs
2014	Cabuyaro	3	47	0,680	1,000	0,680	irs	0,481	0,921	0,522	irs
2014	Puerto Lleras	16	48	0,566	0,574	0,986	irs	0,227	0,372	0,611	irs
2014	Mesetas	13	49	0,539	0,547	0,986	irs	0,150	0,236	0,634	irs
2014	Uribe	24	50	1,000	1,000	1,000	-	0,331	0,959	0,346	irs
2014	Puerto Gaitán	15	51	0,883	0,947	0,932	irs	1,000	1,000	1,000	-
2014	Barranca de Upía	2	52	0,776	0,833	0,932	irs	0,317	0,551	0,574	irs
2014	La Macarena	11	53	0,559	0,562	0,994	irs	0,560	0,731	0,765	irs
2014	El Dorado	8	54	0,571	0,747	0,765	irs	0,209	0,463	0,451	irs

Tabla A3.

## Sector salud

Id_Obs.	RCE	RVE	Escala	
1	0,723	1,000	0,723	drs
2	0,823	1,000	0,823	irs
3	1,000	1,000	1,000	-
4	0,945	1,000	0,945	irs
5	0,829	1,000	0,829	drs
6	0,770	1,000	0,770	drs
7	0,707	0,958	0,737	drs
8	1,000	1,000	1,000	-
9	0,658	0,701	0,938	irs
10	0,657	0,661	0,993	irs
11	0,961	0,965	0,996	drs
12	0,708	0,709	0,998	drs
13	0,686	0,697	0,985	irs
14	0,881	0,977	0,902	irs
15	0,639	0,645	0,990	drs
16	0,630	0,663	0,950	irs
17	0,400	0,693	0,577	drs
18	0,530	0,534	0,993	drs
19	0,629	0,657	0,958	drs
20	0,566	0,586	0,965	drs
21	0,538	0,576	0,934	drs
22	0,553	0,559	0,988	drs

Id. Obs.	RCE	RVE	Escala	
23	0,551	0,552	0,998	drs
24	0,530	0,582	0,910	irs
25	0,534	0,559	0,956	drs
26	0,363	0,565	0,642	drs
27	0,451	0,454	0,992	irs
28	0,564	0,574	0,983	irs
29	0,375	0,763	0,492	irs
30	0,461	0,912	0,506	drs
31	0,375	0,384	0,977	irs
32	0,469	0,476	0,985	drs
33	0,447	0,449	0,996	irs
34	0,450	0,453	0,993	irs
35	0,472	0,478	0,987	irs
36	0,450	0,451	0,998	irs
37	0,398	0,569	0,698	drs
38	0,422	0,499	0,846	irs
39	0,422	0,463	0,911	irs
40	0,433	0,524	0,826	irs
41	0,440	0,447	0,983	drs
42	0,429	0,429	1,000	-
43	0,415	0,429	0,966	irs
44	0,439	0,935	0,469	drs
45	0,431	0,434	0,995	irs
46	0,479	1,000	0,479	drs
47	0,506	0,954	0,530	irs
48	0,426	0,462	0,922	irs
49	0,418	0,464	0,901	irs
50	0,390	0,420	0,929	irs
51	0,514	0,626	0,822	drs
52	0,473	1,000	0,473	irs
53	0,418	0,430	0,972	irs
54	0,435	0,819	0,531	irs

Tabla A4.

## Sector agua

Mod. Agua 1					Mod. Agua 2				
Id. Obs.	RCE	RVE	Escala		Id. Obs.	RCE	RVE	Escala	
1	0,076	0,202	0,375	irs	1	0,389	0,434	0,895	drs
2	0,189	0,315	0,598	irs	2	0,001	0,463	0,001	irs
3	0,227	0,650	0,349	irs	3	0,131	0,743	0,176	irs
4	0,036	0,839	0,043	irs	4	0,149	0,839	0,178	irs
5	0,762	0,763	1,000	-	5	0,088	0,090	0,978	irs
6	0,623	0,624	1,000	-	6	0,030	0,074	0,408	irs
7	0,068	0,079	0,866	irs	7	0,014	0,045	0,317	irs
8	0,045	0,071	0,636	irs	8	0,202	0,678	0,297	drs
9	0,510	0,761	0,669	irs	9	0,198	0,607	0,325	irs
10	0,072	0,429	0,168	irs	10	1,000	1,000	1,000	-
11	0,134	0,325	0,412	irs	11	0,100	0,459	0,218	irs
12	0,068	0,204	0,334	irs	12	0,418	0,453	0,923	irs
13	0,023	0,090	0,252	irs	13	0,120	0,185	0,651	irs
14	0,069	0,162	0,423	irs	14	0,341	0,387	0,882	irs
15	0,043	0,238	0,179	irs	15	0,018	0,486	0,036	irs
16	0,000	0,001	0,030	irs	16	0,036	0,112	0,318	drs
17	0,682	0,683	0,998	irs					
18	0,024	0,061	0,384	irs					
19	0,079	0,145	0,541	irs					

Mod_Agua 1					Mod_Agua 2				
Id_Obs.	RCE	RVE	Escala		Id_Obs,	RCE	RVE	Escala	
20	0,060	0,293	0,204	irs					
21	0,130	0,500	0,259	irs					
22	0,098	0,281	0,348	irs					
23	0,021	0,085	0,249	irs					
24	0,000	0,001	0,030	irs					
25	0,605	0,986	0,613	irs					
26	1,000	1,000	1,000	-	17	0,018	0,082	0,218	irs
27	0,054	0,147	0,368	irs	18	0,122	0,234	0,523	irs
28	0,266	1,000	0,266	irs	19	0,769	0,782	0,984	irs
29	1,000	1,000	1,000	-	20	0,905	1,000	0,905	irs
30	0,064	0,122	0,519	irs	21	0,113	0,192	0,588	irs
31	0,229	0,672	0,341	irs	22	0,239	0,677	0,353	irs
32	0,169	0,500	0,338	irs	23	0,151	0,158	0,953	drs
33	0,093	0,475	0,196	irs	24	0,077	0,632	0,122	irs
34	1,000	1,000	1,000	-	25	0,086	0,702	0,122	irs
35	0,406	0,767	0,529	irs	26	0,113	0,790	0,143	irs
36	0,523	0,716	0,730	irs	27	0,038	0,564	0,068	irs
37	1,000	1,000	1,000	-	28	0,309	0,575	0,537	drs
38	0,278	0,581	0,478	irs	29	1,000	1,000	1,000	-
39	0,905	1,000	0,905	irs	30	0,923	0,939	0,983	drs
40	0,102	0,262	0,390	irs	31	0,479	0,510	0,940	drs
41	0,101	0,153	0,658	irs	32	0,185	0,197	0,941	irs
42	0,529	1,000	0,529	irs	33	0,770	1,000	0,770	irs
43	0,377	1,000	0,377	irs	34	0,363	1,000	0,363	irs
44	0,061	0,135	0,448	irs	35	0,287	0,359	0,799	drs
45	0,076	0,488	0,156	irs	36	0,761	0,817	0,932	drs
46	1,000	1,000	1,000	-	37	0,161	0,558	0,288	drs
47	0,210	0,663	0,318	irs	38	0,762	0,829	0,920	irs
48	0,111	0,436	0,254	irs	39	0,717	0,731	0,981	irs
49	0,076	0,391	0,195	irs	40	0,194	0,593	0,327	irs
50	0,195	1,000	0,195	irs	41	1,000	1,000	1,000	-
51	0,126	0,239	0,528	irs	42	0,450	0,460	0,979	drs
52	0,210	1,000	0,210	irs	43	0,666	0,751	0,887	irs
53	0,037	0,186	0,197	irs	44	0,435	0,494	0,882	drs
54	0,289	0,649	0,446	irs	45	0,772	0,907	0,851	irs