

# REGULACIÓN

## de Agua Potable y Saneamiento Básico

Revista N° 16

Mayo de 2011

ISSN 0123-370X



Libertad y Orden



Comisión  
de Regulación  
de Agua Potable y  
Saneamiento Básico



# **REGULACIÓN**

**DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

Revista N° 16



**JUAN MANUEL SANTOS CALDERÓN**  
Presidente de la República de Colombia

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN**

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial  
**Beatriz Uribe Botero**

Viceministra de Agua y Saneamiento  
**Claudia Patricia Mora Pineda**

Ministro de la Protección Social  
**Mauricio Santamaría Salamanca**

Director General Departamento Nacional de Planeación  
**Hernando José Gómez Restrepo**

Superintendencia General de Servicios Públicos Domiciliarios  
**Ángela Patricia Rojas Combariza (E)**

**Expertos Comisionados**

Silvia Juliana Yepes Serrano - Directora Ejecutiva (E)  
Erica Johana Ortiz Moreno - Experta Comisionada  
Julio César del Valle Rueda - Experto Comisionado

**Unidad Administrativa Especial**

Erika Bibiana Pedraza – Subdirectora Técnica  
Beatriz Elena Cárdenas Casas – Jefe Oficina Asesora Jurídica  
Alejandro Iván Gualy Guzmán – Jefe Oficina Asesora de Planeación  
Pedro Luis Bohórquez Ramírez – Subdirector Administrativo y Financiero  
Hitler Rousseau Chaverra Ovalle – Asesor 1020-grado 15 con funciones de Control Interno

Mayo de 2011

**ISSN: 0123-370X**

**Diseño de carátula y coordinación editorial:**

Boris Del Campo M. CRA

**Diseño, diagramación e impresión**

Imprenta Nacional

**Fotografía carátula:**

Embalse de San Pedro y Entrerrios

Autor: laloking97

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Embalse\\_de\\_San\\_Pedro\\_y\\_Enterrerrios.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/53/Embalse_de_San_Pedro_y_Enterrerrios.jpg)

<http://www.flickr.com/photos/15072398@N00/>

Bajo Licencia CREATIVE COMMONS

Atribución - Compartir Igual 2.0 Genérica (CC BY-SA 2.0)

La Revista y la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA, no son responsables de las ideas y conceptos emitidos por los autores de los diferentes trabajos realizados.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de la revista citando la fuente y el autor.





# ANÁLISIS DE COMPARATIVO DE COSTOS Y TARIFAS DEL SERVICIO DE ASEO BAJO LAS METODOLOGÍAS ESTABLECIDAS EN LAS RESOLUCIONES CRA 151 DE 2001 Y CRA 351 Y 352 DE 2005

*Carolina González Barreto.*

*Érika Bibiana Pedraza.*

*Subdirección Técnica Comisión de Regulación de Agua Potable  
y Saneamiento Básico – (CRA).*

*2009.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como propósito principal determinar cuál ha sido el impacto de la implementación de la metodología tarifaria adoptada mediante las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005 sobre la tarifa final del servicio de aseo. Con este fin, se presenta un análisis comparativo de los costos de referencia y las tarifas del servicio bajo la metodología actual y aquella que estuvo vigente hasta el año 2006, a través de la Resolución CRA 151 de 2001, y que corresponde a la primera etapa tarifaria para este servicio.

Asimismo, este documento pretende verificar el impacto de la adopción de las señales de eficiencia que se plantearon con la metodología tarifaria de las Resoluciones CRA 351 y 352, las cuales buscaron garantizar la fijación de costos eficientes para cada componente del servicio. Si bien las dos metodologías tarifarias a comparar se sustentan en el establecimiento de precios máximos con el fin

de promover la competencia en el servicio, la fijación de dichos precios exhibe algunas diferencias importantes. Además, la metodología tarifaria vigente incorporó nuevos elementos al cálculo de costos y tarifas del servicio de aseo, como son la medición de producción de residuos sólidos, la actualización de costos con índices de precios particulares y la incorporación de factores de productividad, elementos que deben ser considerados en el análisis. En consecuencia, el presente estudio se enmarca en la revisión de estos elementos, dando particular énfasis a la medición de residuos sólidos, teniendo en cuenta que en la metodología tarifaria anterior esta variable se encontraba parametrizada.

Adicionalmente, el presente análisis intenta brindar algunos elementos relevantes para profundizar en la discusión en relación con los efectos de la competencia en el servicio de aseo sobre la tarifa final percibida por el usuario. Para ello, se recopiló información de un



grupo de prestadores del servicio de recolección y transporte que enfrentan competencia por parte de otros prestadores del servicio.

Teniendo en cuenta lo anterior, el análisis comparativo que se presenta en este documento empleó la información oficial del Sistema Único de Información (SUI), de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD). En este sentido, se tomó una muestra representativa de prestadores del servicio de aseo con información disponible acerca de la implementación de las dos metodologías tarifarias. Por tanto, la muestra de empresas analizada excluye prestadores que se encuentren operando con tarifas contractuales pactadas con entidades territoriales, así como aquellos casos en los cuales se han establecido Áreas de Servicio Exclusivo (ASE) y se hayan establecido tarifas con base en la metodología tarifaria de la Resolución CRA 151 de 2001.

Entre las principales conclusiones del estudio se destacan que de acuerdo con los valores reportados por los prestadores de la muestra, el valor de la factura promedio para estrato 4, obtenido con la metodología vigente (\$10,276 suscriptor-mes), es 6% inferior al promedio de factura con la metodología anterior (\$10,956 suscriptor-mes). Se ha observado que esta diferencia se fundamenta en la medición de los residuos sólidos, la cual ha resultado ser la variable influyente en el valor de la factura final obtenida, y de cada uno de los componentes tarifarios.

En promedio todos los componentes tarifarios presentan disminución con la metodología vigente, como consecuencia de la medición de los residuos sólidos presentados por cada suscriptor; a excepción de la Tarifa de Barrido y Limpieza. Por el contrario, al observar los costos de referencia se observa aumento con la metodología actual, la mayor parte de los prestadores se han acogido al techo máximo permitido por la Resolución, a excepción del Costo de Disposición Final y Tratamiento.

Ahora bien, en relación con el tema de la competencia no se evidencia un efecto importante sobre el nivel de costos fijados por los operadores de los servicios.

El documento se encuentra dividido en siete secciones, siendo la introducción la primera. En la segunda sección se presenta una descripción de las metodologías tarifas objeto de análisis, señalando los aspectos más relevantes de cada una de ellas. La tercera sección muestra algunos indicadores sectoriales, mientras que la cuarta sección explica los datos que se emplearon, así como las transformaciones que se efectuaron sobre algunas variables con el fin de obtener resultados comparables. La quinta sección presenta el impacto del cambio de metodología tarifaria sobre las facturas, tarifas y costos del servicio. Entre tanto, la sexta sección analiza el efecto de la competencia sobre los costos y tarifas. Finalmente, la séptima sección presenta las conclusiones.

## 2. ANTECEDENTES

La primera etapa tarifaria para el servicio público de aseo se estableció por medio de las Resoluciones CRA 15 de 1997 y 19 de 1996, las cuales fueron posteriormente recopiladas en la Resolución CRA 151 de 2001. La Resolución CRA 15 de 1997 se orientó a los prestadores con más de 8.000 usuarios y se fundamentó en la fijación de precios máximos para tres componentes –Barrido y limpieza, Recolección y transporte y Disposición final–, con el propósito de reconocer las posibilidades de competencia entre prestadores y promover la eficiencia económica de los mismos. De este modo, las fórmulas tarifarias reflejaban no sólo los costos, sino también los aumentos de productividad, los cuales se distribuirían entre el prestador y los usuarios. Además, esta metodología señaló el establecimiento de un parámetro fijo de producción de residuos (PPU) en 120 Kilogramos/suscriptor/mes.

El costo del componente de recolección y transporte se fijó como un precio techo calculado de acuerdo con el tiempo medio de viaje no productivo en cada municipio. Entre tanto, para el componente de barrido y limpieza se determinó que el costo estuviera definido como una proporción del costo de recolección y transporte y del costo de disposición final. Finalmente, el costo de disposición final estaba asociado al manejo y tipo de disposición final, por lo que se reconoció un costo por tonelada mayor en la medida en la que se hiciera un mejor manejo ambiental de los residuos<sup>1</sup>.

De otra parte, la Resolución CRA 19 de 1996 expidió la metodología tarifaria de aseo para los prestadores con menos de 8.000 usuarios. Esta metodología tarifaria se sustentó en el reconocimiento de costos medios de prestación del servicio para dos componentes: i) El componente domiciliario, el cual reconocía los costos asociados a las actividades de recolección y transporte, y disposición final de los residuos; y ii) El componente de Barrido y Limpieza, asociado los costos de barrido y limpieza de áreas públicas<sup>2</sup>.

La segunda etapa tarifaria para el servicio de aseo inició con la expedición de las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005, a través de las cuales se estableció una metodología de precios techo. Esta metodología buscó reconocer costos eficientes y suficientes para cada componente, buscando garantizar la transparencia por medio de la separación de costos, y permitiendo la separación de actividades, como la comercialización, y el barrido y la limpieza,

a diferencia de lo contenido en la Resolución CRA 151 de 2001.

Los componentes incorporados en la metodología tarifaria de la Resolución 351 de 2005 son los siguientes:

- i Comercialización y manejo del recaudo. Se busca reconocer aquellos costos que enfrenta el prestador por realizar las actividades de catastro, facturación y recaudo por factura, atención a usuarios y realización de campañas informativas a los mismos. Adicionalmente, se reconoció la existencia de un riesgo de recaudo que podría afectar la suficiencia financiera de los prestadores.
- ii Barrido y limpieza. Este componente pretende reflejar los costos que asume un operador por barrer y limpiar las vías y áreas públicas, incluyendo el barrido de parques y plazas<sup>3</sup>.
- iii Recolección y transporte. Este componente representa los costos asociados a la recolección y el transporte de residuos sólidos. Uno de los principales cambios implementados con la metodología tarifaria de la Resolución CRA 351 es la separación del costo de recolección y el transporte en dos elementos:
  - La recolección y transporte hasta una distancia máxima de 20 kilómetros del sitio de disposición final.
  - El transporte excedente, el cual existe únicamente cuando el sitio de disposición final queda a una distancia mayor a 20 kilómetros. Este costo se representa a través de una función techo decreciente que reconoce las economías de escala que implican menores costos

<sup>1</sup> En el caso del relleno sanitario se reconoció un costo de \$7.000 por tonelada, para el enterramiento un costo de \$3.500, mientras que para la disposición en botaderos a cielo abierto se reconocía un costo de \$2000 (Cifras en pesos a junio de 1997). Estos valores corresponden a \$17.672,2, \$8.836,14 y \$5.049, respectivamente en pesos de diciembre de 2008.

<sup>2</sup> Cuando el operador del servicio tenía menos de 2.400 suscriptores podía aplicar una versión más simple de esta metodología.

<sup>3</sup> El precio techo de este componente se estableció con base en el barrido mecánico y el barrido manual, asignando una mayor ponderación al barrido manual por ser el más representativo en el país.

de transferir y transportar los residuos a medida que aumenta la distancia, con base en equipos de mayor capacidad que la existente en los camiones compactadores<sup>4</sup>.

Como consecuencia, cuando existe transporte excedente, el costo total del transporte de residuos es la suma de estos dos elementos<sup>5</sup>.

- iv Disposición final. Se busca recoger los costos de disponer los residuos sólidos en un relleno sanitario, tecnología reconocida como la apropiada para esta actividad, con el fin de asegurar el manejo apropiado de los residuos desde el punto de vista técnico, ambiental y paisajístico. El componente de disposición final está expresado como una función techo que varía inversamente de acuerdo con el número de toneladas dispuestas, debido a que en esta actividad existen características de costos hundidos y costos marginales decrecientes que posibilitan economías de escala. Por ello, a mayor número de toneladas dispuestas en el sitio de disposición final, menor será el costo de esta disposición. Como resultado, la función techo de este componente se constituye en un incentivo a la regionalización, facilitando que varios municipios dispongan en un mismo relleno sanitario.

Adicionalmente, el marco tarifario expedido por medio de las Resoluciones CRA 351 y 352 incorporó varias modificaciones en relación con el marco anterior, entre

las que se destacan las siguientes señales regulatorias:

- *Medición de los residuos.* Se propone la eliminación del parámetro fijo de cobro (120 Kilogramos/suscriptor/mes<sup>6</sup>), y en su lugar se estableció la medición de residuos con base en el concepto de “áreas de prestación”. Para ello, el pesaje de los residuos se realiza en el sitio de disposición final, distribuyendo el peso entre los suscriptores de cada área, lo cual se afecta por un factor de producción que depende del estrato.
- *Desagregación de costos:* Separación de costos por componente, garantizando la mayor transparencia en su incorporación en la tarifa final, e incorporando un componente explícito de transporte de residuos sólidos a grandes distancias (Tramo excedente).
- *Disposición final bajo la tecnología de relleno sanitario.* Se elimina el reconocimiento a los sitios de disposición que no cumplen con la normatividad vigente (Resolución 1390 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Por tanto, el componente de disposición final hace referencia únicamente a la tecnología de “Relleno Sanitario”, incentivando el manejo apropiado de los residuos.
- *Regionalización de los rellenos sanitarios:* Se incorporan incentivos a la agrupación y regionalización del ser-

<sup>4</sup> El costo de tramo excedente se encontraba incluido en el costo de recolección y transporte como una variable dependiente del tiempo de transporte no productivo que tenía el operador hasta el sitio de disposición final.

<sup>5</sup> Si existe estación de transferencia, se puede hacer en ella una mayor compactación de los residuos sólidos y un trasbordo de los residuos de los camiones recolectores a tractomulas de mayor tamaño, con importantes ahorros de costo en camiones recolectores y en transporte al sitio de disposición final.

<sup>6</sup> Este valor se utilizaba en la medida en la que no se realizaban estudios particulares para establecer un parámetro diferente. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que el promedio de producción de residuos por suscriptor podría ser inferior a este valor, como es el caso del Estudio de la Regulación Tarifaria de Aseo, el cual señaló que el promedio simple del PPU para 20 mercados analizados, sin incluir grandes productores, era de 62.2 kilogramos/suscriptor/mes.

vicio como una alternativa eficiente, buscando generar economías de escala, de acuerdo con los lineamientos de política dados por el MAVDT.

- *Unificación de metodologías tarifarias:* Implementación de una única propuesta metodológica para grandes y pequeños prestadores del servicio, fomentando de este modo la eficiencia.
- *Aprovechamiento de residuos en la fuente.* La metodología propuso reconocer incentivos en pesos por tonelada a quien aproveche los residuos. Además, los suscriptores obtienen menores tarifas al realizar actividades de separación de residuos en la fuente.
- *Reconocimiento de particularidades del mercado.* Para cada componente se identificó una estructura de costos eficientes con base en ‘tecnologías de referencia’, especificadas teniendo en cuenta el tamaño de los mercados<sup>7</sup>. Sin embargo, los costos pueden ser ajustados de acuerdo con ciertas especificidades, como es el caso del costo de recolección y transporte que puede ser ajustado siempre y cuando se trate de un mercado aislado, o el costo de disposición final que varía dependiendo del tamaño de mercado

<sup>7</sup> La obtención de “fronteras de eficiencia” de mínimo costo se logró por medio de dos tipos de metodología: los métodos de ingeniería parametrizados y el costeo detallado de modelos de ingeniería.

- *Factores de productividad e índices de precios.* Los costos y tarifas del servicio se actualizarán con base en factores de productividad, que representan el aumento en productividad del prestador del servicio, e índices de precios, teniendo en cuenta el incremento del precio de los insumos necesarios para la prestación del servicio<sup>8</sup>. Es importante mencionar que debido a que el cambio en el precio de los insumos puede afectar de manera diferente a cada uno de los componentes de la metodología, se decidió emplear índices particulares para cada costo que permitieran reflejar apropiadamente el aumento de precios.

Con el propósito de ilustrar de modo general el comportamiento tarifario esperado con la aplicación de las metodologías tarifarias del servicio de aseo, y a manera de referencia, a continuación se compara el valor de la tarifa para un suscriptor de estrato 4 calculada con base en los costos máximos permitidos por cada una de las dos metodologías, y suponiendo además una producción de 70 Kilogramos/suscriptor/mes para la aplicación de la metodología tarifaria vigente<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Los índices de precios empleados son: salario mínimo, evolución del rubro de combustible fuel oil y diésel oil (parte del Índice de Precios al Productor – IPP), evolución del índice de obras de explanación (parte del Índice de Costos de Construcción Pesada – ICCP) y el IPC.

<sup>9</sup> Este valor es el promedio estimado de la producción de residuos por suscriptor calculado por Econometría (2004) “*Estudio Diseño de Regulación Tarifaria de Aseo*”.

**Tabla 1. Tarifas teóricas establecidas con los costos máximos permitidos por cada metodología Pesos Diciembre de 2008**

	Resolución CRA 151 de 2001	Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005 <sup>10</sup>
CRT (\$/Ton.)	51.919	65.881
CDT (\$/Ton.)	15.654	26.723
CTE (\$/Ton.)	Valor incluido en el CRT (ho = 1)	886
CBL (\$/Km.)		17.487
CCS (\$/suscriptor)	Implícitos en los otros componentes	840
Tasa de Barrido (%)	25,26%	
Producción de residuos (Ton.)	0,12	0,07
Tarifa calculada E4	9.682,29	9.080,31

Fuente: Cálculos CRA

CRT: Costo de Recolección y Transporte; CTE: Costo de Tramo Excedente;  
CBL: Costo de Barrido y Limpieza; CDT: Costo de Disposición Final;  
CCS: Costo de Comercialización por Suscriptor;

Como se observa, si bien el costo de algunos componentes del servicio se incrementan con la metodología tarifaria vigente, el valor de la tarifa final para el usuario es menor que aquella que se obtendría con la implementación de la metodología de la Resolución CRA 151. En consecuencia, el comportamiento de la tarifa final para el usuario dependerá además del valor de los costos para cada uno de los componentes, de la producción de residuos por suscriptor.

### 3. ESTADO DEL SERVICIO DE ASEO

El servicio de aseo presenta una composición de oferta en el mercado en la que se observa la presencia de más de un prestador en algunos municipios, a diferencia de lo que caracteriza la prestación en el servicio de acueducto. A continuación se presentan datos

de la composición de prestadores dentro del servicio de aseo en todo el país, y la evolución de la cobertura, de acuerdo con la información obtenida de los Censos de 1993 y 2005 del DANE.

#### 3.1. Prestadores del servicio de aseo

De acuerdo con la información reportada al Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), en Colombia existen 1,141

<sup>10</sup> NB = 150.000, Qb = 1.050, TA = 10.500, K = 3.500, donde NB hace referencia al número total de suscriptores atendidos por los prestadores, Qb a las toneladas recogidas de barrido y limpieza por todos los prestadores, TA al promedio de toneladas-mes dispuestas ajustado por regionalización y K al total de kilómetros de cuneta barridos por los prestadores del municipio.



prestadores del servicio de aseo, divididos en 242 para municipios que cuentan con más de 2.500 suscriptores, y 899 para el resto. Algunos de estos son prestadores únicamente del

servicio de aseo (25.07%), otros prestan al mismo tiempo los servicios de aseo y alcantarillado (1.75%), aseo y acueducto (2.8%) o los tres servicios al mismo tiempo (70.38%).

**Tabla 2. Tipo de prestadores por naturaleza jurídica**

	Mayor a 2.500 suscriptores					Hasta 2.500 suscriptores					Total
	EICE	Municipio	Organización Autorizada	ESP	Total	EICE	Municipio	Organización Autorizada	ESP	Total	
Aseo	20	18	7	92	137	3	66	28	52	149	286
Alcantarillado y aseo	2	1			3		17			17	20
Acueducto y aseo	1	3	1	2	7		15	8	2	25	32
AAA	54	16	2	23	95	69	520	82	37	708	803
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>	<b>38</b>	<b>10</b>	<b>117</b>	<b>242</b>	<b>72</b>	<b>618</b>	<b>118</b>	<b>91</b>	<b>899</b>	<b>1.141</b>

Fuente: Informe sectorial de aseo 2008 – SSPD

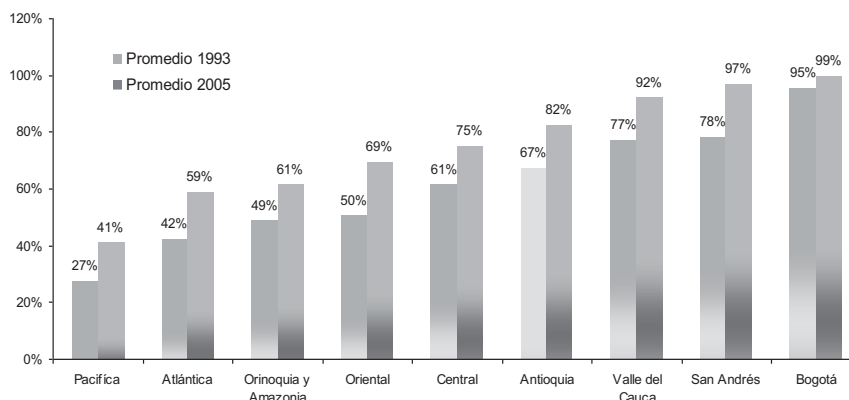
De los datos anteriores se puede inferir un promedio de 1,03 prestadores por municipio, lo que implica que en la mayor parte de los municipios del país se cuenta con 1 prestador para el servicio de aseo.

### 3.2. Evolución de cobertura

La Gráfica 1 presenta los avances de cobertura que ha tenido el sector durante los últi-

mos años, como un resultado de las políticas implementadas por el Gobierno Nacional, se debe tener en cuenta que los datos presentados provienen de información obtenida de los Censos de 1993 y 2005 realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

**Gráfica 1. Aumentos en cobertura del servicio de aseo**

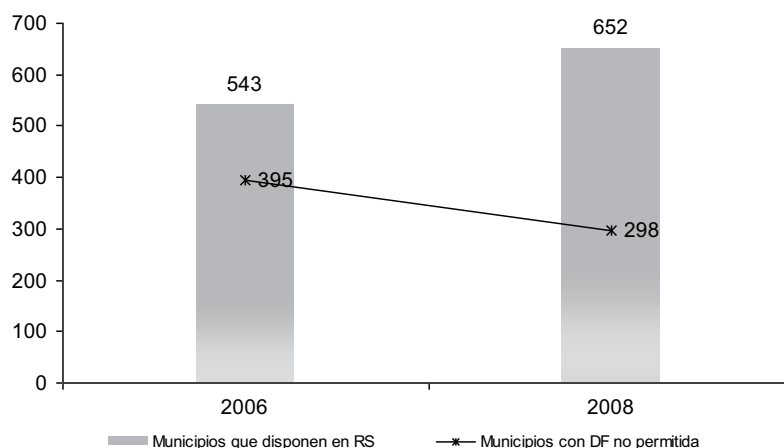


Fuente: Censo 1993, Censo 2005 DANE – Cálculos DNP - DDUPA

Debe resaltarse que los aumentos de cobertura en el servicio de aseo han sido consistentes con las políticas que en materia de reglamentación y regulación de los sistemas de disposición final ha adoptado el Gobierno Nacional durante los últimos años. En efecto, desde el punto de vista regulatorio, la CRA ha establecido el relleno sanitario como la tecnología de referencia para el componente de disposición final de residuos sólidos reconocida tarifariamente, incluyendo además en la metodología incentivos al aprovechamiento de los residuos, lo cual ha promovido el manejo apropiado de los residuos.

Según la información reportada al SUI, entre los años 2006 y 2008 el número de municipios que realiza la disposición final en rellenos sanitarios se incrementó, pasando de 543 a 652 (16,71%), al igual que el número de municipios que utiliza plantas integrales de residuos sólidos, con un aumento del 42,37% (34 a 59). Entre tanto, las formas de disposición final no permitidas han disminuido, reflejándose en el número de municipios que emplea botaderos a cielo abierto y otros sitios inadecuados para la disposición. En efecto, el número de municipios que usa botaderos se reduce de 395 a 298 (24,55%), mientras que aquellos que utilizan otros sitios disminuye en 49,36%, pasando de 79 a 40 municipios<sup>11</sup>. (Ver Gráfica 2).

**Gráfica 2. Evolución de la Disposición Final 2006 – 2008**



Fuente: Informe de Disposición Final 2008 – SSPD

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Los datos de costos de referencia, tarifas y producción de residuos utilizados para hacer el análisis que se presenta en este documento, se obtuvieron de la información reportada al Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, por parte de los prestadores del

servicio público de aseo, tanto para los datos relacionados con la Resolución CRA 151 de 2001, como para aquellos asociados con la aplicación de las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005.

<sup>11</sup> Fuente: Informe de Disposición Final 2008 - SSPD.

Del universo de información disponible, se seleccionó una muestra representativa de prestadores manteniendo como criterio el número de suscriptores de cada empresa tomando de mayor a menor, con el fin de abarcar el mayor porcentaje de población posible con la muestra escogida.

**Tabla 3. Muestra de empresas**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	EMPRESA	SUSCRIPTORES
Santander	Barrancabermeja	Rediba B/bermeja	45.732
Antioquia	Bello	Sociedad de Aseo de Bello	93.497
Valle del Cauca	Buga	Bugueña de Aseo	23.372
Caquetá	Florencia	Servicios Integrales Efectivos Florencia	32.000
Antioquia	Itagüí	Serviaseo Itagüí	62.985
Caldas	Manizales	Empresa Metropolitana de Aseo Manizales	96.721
Antioquia	Medellín	Empresas varias de Medellín	673.577
Córdoba	Montería	Servigenerales Montería	53.433
Huila	Neiva	Empresas Públicas de Neiva	72.710
Valle del Cauca	Palmira	Palmirana de Aseo	55.119
Nariño	Pasto	Empresa Metropolitana de Aseo de Pasto	62.906
Cauca	Popayán	Grupo de Aseo Municipal de Popayán	59.567
La Guajira	Riohacha	Interaseo Riohacha	17.920
San Andrés	San Andrés	Trash Busters San Andrés	13.956
Magdalena	Santa Marta	Interaseo Santa Marta	66.419
Sucre	Sincelejo	Aseo Sincelejo Limpio	36.959
Cundinamarca	Soacha	Servigenerales Soacha	78.738
Atlántico	Soledad	Aseo Especial de Soledad	52.610
Valle del Cauca	Tuluá	Tuluéña de Aseo	40.623
Boyacá	Tunja	Servigenerales Tunja	34.467
Cesar	Valledupar	Aseo del Norte Valledupar	57.082
Meta	Villavicencio	Bioagrícola del Llano V/vicencio	4.611
Santander	Bucaramanga	Empresa de Aseo de Bucaramanga	101.166
Santander	Bucaramanga	Ciudad Capital B/manga	12.005
Santander	Bucaramanga	Limpieza Urbana B/manga	4.604
Valle del Cauca	Cali	Aseo Ambiental Cali	5.322
Valle del Cauca	Cali	Limpieza y servicios Públicos Cali	4.212
Valle del Cauca	Cali	Empresa del Servicio Público de Aseo Cali	539.327
Norte de Santander	Cúcuta	Aseo Urbano Cúcuta	67.431
Norte de Santander	Cucuta	Proactiva Oriente Cúcuta	82.521
Santander	Floridablanca	Empresa Municipal de Aseo Floridablanca	25.310
Santander	Floridablanca	Metroaseo Floridablanca	29.300
Santander	Floridablanca	Limpieza Urbana Floridablanca	519
Tolima	Ibagué	Interaseo del Sur Ibagué	96.193
Tolima	Ibagué	Ecopijaos Ibagué	NR
Risaralda	Pereira	Empresa de Aseo de Pereira	115.906
Risaralda	Pereira	Atesa de Occidente Pereira	128.475
Risaralda	Pereira	Aseoplus Pereira	242
Risaralda	Pereira	Gestión Integral de Aseo Pereira	119.945
<b>TOTAL SUSCRIPTORES DE LA MUESTRA</b>			<b>2.947.537</b>

Fuente: SUI. Datos de diciembre de 2008. NR: No reporta Información.

De esta forma se obtuvo un grupo de 39 empresas para 28 municipios. De estos, 22 municipios tienen una sola empresa operando en su área, mientras que en los 6 restantes se reportan 17 prestadores del servicio de recolección<sup>12</sup>, los cuales permiten realizar el análisis del impacto de la metodología en las ciudades en las cuales se presenta competencia en el mercado para el servicio de aseo.

Se debe tener en cuenta que de la muestra total de prestadores obtenida, no todos cuentan con información para todos los componentes objeto de análisis, ya sea para una metodología u otra (Ver Anexo 1); al igual que se presentan casos en los cuales no puede establecerse el impacto debido al cambio de metodología, ya que algunos prestadores han entrado al mercado después de la expedición de la Resolución CRA 351 de 2001. Por lo anterior, al establecer los impactos derivados de la metodología actual se observarán diferencias en el tamaño de la muestra para la comparación de los diferentes componentes.

La base de datos construida contiene información de los costos de referencia reportados por cada empresa, calculados con la metodología establecida en la Resolución CRA

151 de 2001 y con la Resolución CRA 351 de 2005. Cada uno de estos valores fue reportado a pesos corrientes de diferentes períodos de tiempo, por lo que fue necesario llevar todos los datos a pesos de diciembre de 2008 para hacerlos comparables.

Los costos reportados para la Resolución CRA 151 de 2001 fueron actualizados con base en el índice CRA publicado por la Comisión hasta el año 2001<sup>13</sup>, y el acumulado del 3% de IPC desde esta fecha hasta diciembre de 2008, según lo establecido en la Resolución CRA 200 de 2001. Por su parte, los costos reportados para la Resolución CRA 351 de 2005, se actualizaron con los índices establecidos para cada uno de los componentes según lo dispuesto en el Artículo 21 de la Resolución CRA 351 de 2005, los cuales hacen referencia a índices de precios publicados por el DANE<sup>14</sup>.

Para realizar la comparación entre los valores obtenidos para las dos metodologías, se tomaron los costos reportados para cada uno de los componentes de la metodología tarifaria vigente y se buscó encontrar su equivalente en la metodología anterior. En particular, se realizó la operación matemática que se describe a continuación:

$$CST (\$/ton) = CRT * (1+TB) + CDT \quad \text{Res. (CRA. 151 de 2001)}$$

$$CST (\$/ton) = \underbrace{CRT}_{\text{COSTOS}} + \underbrace{(CRT*TB)}_{\text{CBL}} + \underbrace{CDT}_{\text{CDT} + \text{CCS}} \quad \text{Res. (CRA. 151 de 2001)}$$

$$COSTOS = CRT+CTE + CBL + CDT + CCS \quad \text{Res. (CRA. 351 de 2005)}$$

donde:

CST: Costo Medio del Servicio Integral de aseo  
 TB: Tasa de barrido  
 CRT: Costo de Recolección y Transporte  
 CTE: Costo de Tramo Excedente

CBL: Costo de Barrido y Limpieza  
 CDT: Costo de Disposición Final  
 CCS: Costo de Comercialización por Suscriptor

<sup>12</sup> Se toma como representativo para cada municipio el prestador reportado para la actividad de recolección y transporte, ya que se considera a este como el más visible frente al usuario o suscriptor, por la prestación del servicio

<sup>13</sup> Resoluciones CRA 09 de 1994, 19 de 1995, 29 de 1996, 32 de 1997, 66 de 1998, 114 de 1999, 148 de 2000, Circulares CRA 01 de 2002, 02 de 2002, 01 de 2003, 01 de 2004 y 02 de 2004.

<sup>14</sup> Índices por componente: Barrido y Limpieza: SMMLV, Recolección y Transporte: IPC – ICFO, Tramo Excedente: IPC – ICFO, Disposición Final: IOExp, Comercialización: IPC.

De acuerdo con lo anterior, el CRT y el CDT se hacen directamente comparables entre las metodologías tarifarias; mientras que para el componente de barrido y limpieza es necesario desarrollar el producto CRT\*TB de la metodología anterior. Al respecto debe señalarse que como resultado de este producto se obtiene el valor para el componente CBL expresado en pesos por tonelada, en tanto que dicho componente se expresa en pesos por kilómetro barrido en la metodología tarifaria vigente. Como consecuencia, el ejercicio de comparación del CBL entre metodologías se presenta a manera de información acerca del costo cobrado al suscriptor por concepto de barrido y limpieza, y no permite obtener conclusiones adicionales sobre el mismo.

Ahora bien, con el propósito de comparar tarifas por componentes se desarrolló un ejercicio similar al descrito. La metodología tarifaria de la Resolución CRA 351 de 2005, a diferencia de la metodología anterior, permite obtener tarifas por componente, las cuales son reportadas directamente por los prestadores<sup>15</sup>. Por tanto, para obtener tarifas que fueran comparables con aquellas de la Resolución CRA 151 de 2001 fue necesario calcular el producto de los costos reportados por cada prestador, tal y como se presentó anteriormente, y la producción de residuos por usuario – PPU, igual a 120 Kilogramos/suscriptor/mes. Posteriormente, estas tarifas se actualizaron igualmente a pesos de diciembre de 2008, con los mismos índices aplicados a los costos.

Es importante anotar que, al igual que en el análisis de los costos de referencia, existen componentes del servicio de aseo, para los cuales no es posible comparar las tarifas entre

una metodología y otra, como es el caso de la Tarifa de Facturación y Recaudo (TFR), la cual incorpora el Costo de Comercialización por Suscriptor (CCS).

Adicionalmente, se obtuvo información de las facturas reportadas para el estrato 4 para los años 2004 a 2008 con el fin de examinar el efecto del cambio de metodología con la entrada en vigencia de la Resolución CRA 351 de 2005 en el tiempo.

Finalmente, se utilizó la información mensual de toneladas presentadas por suscriptor, reportada por cada una de las empresas de la muestra para los años 2007 y 2008, con el objeto de verificar el resultado de los incentivos que contiene la metodología en relación con la disminución en la producción de residuos por suscriptor.

## 5. ANÁLISIS

A continuación se presenta un comparativo de las metodologías tarifarias expedidas por la Comisión para el servicio público de aseo. Este ejercicio incluye un análisis sobre las facturas reportadas por los prestadores para el período 2004 - 2008, las tarifas por componente para el estrato 4, la producción de residuos sólidos y los costos de referencia obtenidos con cada metodología.

### 5.1. Facturas reportadas

Al realizar la comparación de las facturas reportadas por los prestadores, se puede encontrar el impacto real del cambio de metodología sobre los usuarios del servicio. La factura está definida con base en el valor que paga un suscriptor de estrato 4, el cual se obtiene con la suma de las tarifas por componente definidas con los costos de referencia y la producción de residuos sólidos - TDi, resultantes de la Resolución CRA 351 de 2005, la cual se denominará metodología actual, y la sumatoria de los costos de referencia multiplicados por el valor

<sup>15</sup> En efecto, en la metodología tarifaria vigente la tarifa final para un suscriptor de estrato 4 es la suma de las tarifas para cada componente: Tarifa Final = Tarifa de Facturación y Recaudo (TFR) + Tarifa de Barrido y Limpieza (TBL) + Tarifa de Recolección y Transporte (TRT) + Tarifa de Transporte Tramo Excedente (TTE) + Tarifa de Disposición Final (TDF).

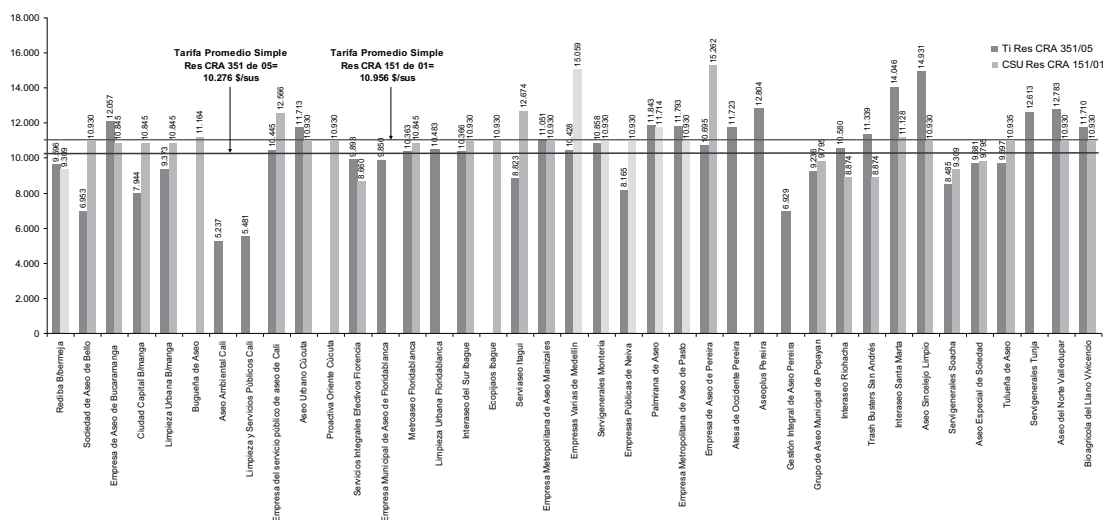


definido para la producción de residuos – PPU, resultantes de la Resolución CRA 151 de 2001, la cual se denominará metodología anterior.

La Gráfica 3 presenta la información de las facturas calculadas con las dos metodologías para la muestra de ciudades. Las líneas horizontales señalan el promedio simple del valor

de la factura, evidenciando una disminución de este valor para la muestra de ciudades con la aplicación de la metodología tarifaria vigente. En efecto, el promedio simple de la factura para los suscriptores de Estrato 4 con la Resolución CRA 151 de 2001 es de \$10,956, mientras que con la metodología actual es de \$10,276.

**Gráfica 3. Factura final al usuario (\$/suscriptor-mes)**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Este gráfico además permite verificar que para 18 de las 39 empresas de la muestra, el valor de la factura se redujo con la metodología de las Resoluciones CRA 351 y 352. El prestador que presentaba la factura más baja con la metodología anterior es Servicios

Integrales Efectivos de Florencia con un valor de \$8,660, mientras que la Empresa de Aseo de Pereira y Empresas Varias de Medellín son los prestadores que reportaron los valores más altos (\$15.262 y \$15.059, respectivamente).

**Tabla 4. Comparación de la factura de aseo - Estrato 4.  
Resoluciones CRA 351 de 2005 y 151 de 2001**

Empresa	Ti Res CRA 351/05	CSU Res CRA 151/01	Suscriptores	Variación	
				%	Pesos (\$)
Rediba B/bermeja	9.596,16	9.308,99	45.732	3	287,17
Sociedad de Aseo de Bello	6.953,29	10.930,36	93.497	-36	-3.977,07
Empresa de Aseo de Bucaramanga	12.057,01	10.844,75	101.166	11	1.212,26
Ciudad Capital B/manga	7.944,01	10.844,75	12.005	-27	-2.900,74
Limpieza Urbana B/manga	9.373,00	10.844,75		-14	-1.471,75
Bugueña de Aseo		11.164,14	23.372	-100	-11.164,1
Aseo Ambiental Cali	5.237,00		588.687		
Limpieza y Servicios Públicos Cali	5.480,83		588.687		
Empresa del servicio público de aseo de Cali	10.444,57	12.565,56		-17	-2.120,99
Aseo Urbano Cúcuta	11.713,00	10.930,36	143.979	7	782,64
Proactiva Oriente Cúcuta		10.930,36	143.979	-100	-10.930,3
Servicios Integrales Efectivos Florencia	9.893,00	8.660,45	32.000	14	1.232,55
Empresa Municipal de Aseo de Floridablanca	9.850,00		25.310		
Metroaseo Floridablanca	10.363,09	10.844,75	29.300	-4	-481,67
Limpieza Urbana Floridablanca	10.482,65				
Interaseo del Sur Ibagué	10.365,50	10.930,36	96.193	-5	-564,86
Ecopijaos Ibagué		10.930,36		-100	-10.930,3
Serviaseo Itagüi	8.822,85	12.673,66	62.985	-30	-3.850,81
Empresa Metropolitana de Aseo Manizales	11.051,15	10.930,36	96.721	1	120,79
Empresas Varias de Medellín	10.428,00	15.059,03	673.577	-31	-4.631,03
Servigenerales Montería	10.858,17	10.930,36	53.433	-1	-72,19
Empresas Públicas de Neiva	8.165,06	10.930,36	72.710	-25	-2.765,30
Palmirana de Aseo	11.843,31	11.714,35	55.119	1	128,96
Empresa Metropolitana de Aseo de Pasto	11.792,50	10.930,36	62.906	8	862,14
Empresa de Aseo de Pereira	10.694,56	15.262,00	242	-30	-4.567,45
Atesa de Occidente Pereira	11.722,61				
Aseoplus Pereira	12.803,78		242		
Gestión Integral de Aseo Pereira	6.928,55		119.945		
Grupo de Aseo Municipal de Popayán	9.235,58	9.795,40	59.567	-6	-559,82
Interaseo Riohacha	10.579,61	8.874,14	17.920	19	1.705,47
Trash Busters San Andrés	11.338,89	8.874,14		28	2.464,74
Interaseo Santa Marta	14.046,00	11.127,84	66.419	26	2.918,16
Aseo Sincelejo Limpio	14.931,43	10.930,36	36.959	37	4.001,07
Servigenerales Soacha	8.485,00	9.308,99	78.738	-9	-823,99
Aseo Especial de Soledad	9.681,23	9.795,40	52.610	-1	-114,17
Tulueña de Aseo	9.697,11	10.935,23	40.623	-11	-1.238,12
Servigenerales Tunja	12.613,15		34.467		
Aseo del Norte Valledupar	12.782,83	10.930,36	57.082	17	1.852,47
Bioagrícola del Llano V/vicencio	11.709,68	10.930,36	4.611	7	779,32
<b>Promedio Simple</b>	<b>10.276,78</b>	<b>10.956,86</b>			
<b>Promedio Ponderado</b>	<b>8.215,19</b>	<b>7.476,45</b>			

Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008

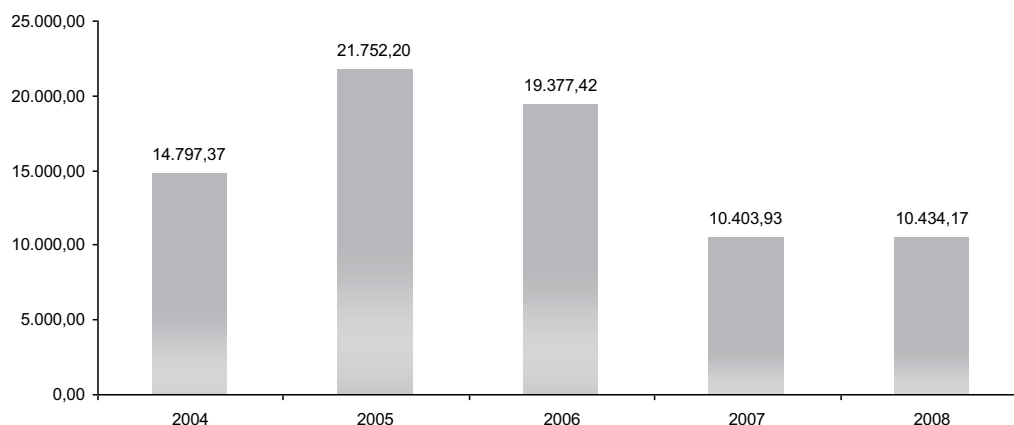
Por su parte, los prestadores que reportan el menor valor de factura con la metodología vigente son Aseo Ambiental y Limpieza y Servicios Públicos de Cali, con valores de \$ 5.237 y \$ 5.480, respectivamente, en tanto que los valores más altos de la factura se encuentran en Interaseo de Santa Marta (\$14.046) y Aseo Sincelejo Limpio (\$14.931).

Al comparar las variaciones de las facturas, bajo las dos metodologías se encuentra que el mayor valor relativo lo registró Aseo Sincelejo Limpio con 37% de aumento. En contraste, la Sociedad de Aseo de Bello presenta la mayor disminución en la factura con un -36%. Es importante tener en cuenta, que en esta variación influyen factores, tales como los costos

de referencia, los cuales son definidos por los prestadores, los TDi que mide mensualmente cada prestador en su área de prestación, variable responsabilidad de los usuarios, así como la inclusión de factores de eficiencia, entre otros.

La gráfica que se presenta a continuación compara el promedio simple de la factura final para un usuario de Estrato 4 de la muestra de empresas para el período 2004-2008. Como se observa, el valor del promedio de facturas se incrementa entre los años 2004 y 2005. Entre tanto, el promedio de la tarifa se reduce a partir del año 2006, año en el cual entró en vigencia la metodología contenida en las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005.

**Gráfica 4. Factura final al usuario (\$/suscriptor-mes)  
Promedio Simple. Mes de diciembre de cada año**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos constantes diciembre de 2008.

Las estadísticas descriptivas de las facturas para las dos metodologías tarifarias de aseo se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5. Estadísticas descriptivas para la Factura (\$/suscriptor-mes)**

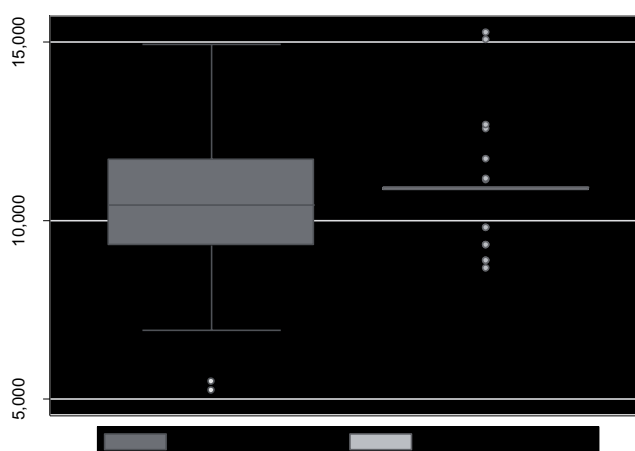
Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
Ti Res 351/05	36	10,276.8	2,136.9	5,237	14,931
CSU Res 151/05	31	10,956.7	1,457.0	8,660	15,262

Fuente: Cálculos CRA

El gráfico de caja (Gráfica 5) permite verificar que la factura con la metodología tarifaria vigente exhibe una distribución que tiende a la normalidad en contraste en la metodología tarifaria anterior. Además, para el caso de la metodología tarifaria vigente se destacan

dos valores extremos ubicados en la barrera exterior inferior, los cuales hacen referencia a las dos empresas de la ciudad de Cali que se mencionaron anteriormente: Aseo Ambiental y Limpieza y Servicios Públicos.

**Gráfica 5. Caja de valores extremos para la Factura (\$/suscriptor-mes)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008

## 5.2. Tarifas

La comparación de tarifas que se presenta en este aparte tiene como finalidad establecer la diferencia en la tarifa que está cobrando actualmente un prestador, en relación con la tarifa que podría cobrar si hubiera seguido aplicando la metodología anterior. Para ello, el análisis se sustenta en la comparación de tarifas por componente del servicio.

Es importante recordar que, con el propósito de comparar tarifas por componente, se desarrolló un ejercicio matemático el cual permite obtener tarifas por componente para la metodología anterior, calculando el producto de los costos reportados por cada prestador por la producción de residuos por usuario –

PPU, igual a 120 Kilogramos/suscriptor/mes. Por otra parte, para la metodología vigente, se tomaron las tarifas reportadas directamente por los prestadores.

La comparación presentada no incluye Tarifa de Facturación y Recaudo (TFR), la cual incorpora el Costo de Comercialización por Suscriptor (CCS), ya que la metodología vigente la hace explícita, pero no existe un componente en la Resolución CRA 151 de 2001, con el cual pueda compararse.

Dentro del análisis, se calculó el promedio de la participación de cada componente tarifario dentro del total teniendo en cuenta la muestra de prestadores; a partir de esta información se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 6.

**Tabla 6. Participación de cada componente dentro de la tarifa total (factura estrato 4) para cada una de las metodologías**

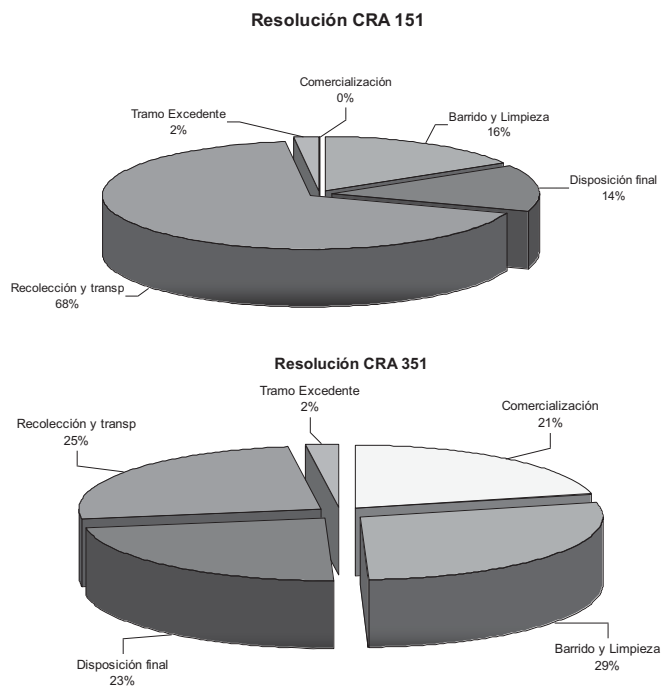
Componentes	Promedio Resolución CRA 151/01	Promedio Resolución CRA 351/05
Comercialización	0%	21%
Barrido y Limpieza	16%	28%
Disposición final	14%	23%
Recolección y transporte	68%	25%
Tramo Excedente	2%	2%

Fuente: SUI. Cálculos CRA.

Se observa que con la implementación de las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005, los componentes del servicio tienen una participación más similar entre ellos, en comparación con la distribución observada para la metodología anterior. Este efecto se encuentra dado por la influencia de la medición de la

producción de residuos sólidos por suscriptor considerando que en la metodología anterior se tenía un parámetro fijo de producción de residuos - PPU, y actualmente el valor de cada tarifa se ve afectado por la producción de residuos calculada TDi.

**Gráfica 6. Participación de los componentes en el total de las tarifas**



Fuente: SUI. Cálculos CRA



Se destaca que la participación de la tarifa del componente de recolección y transporte disminuyó de 68% al 25%. Igualmente, la participación de la tarifa de barrido y limpieza aumentó de 16% a 28%, mientras que la tarifa de disposición final se incrementa de 14% a 23%. La disminución en la tarifa de recolección y transporte se debe principalmente a que esta se encuentra afectada por la producción de residuos sólidos, que tal y como se presentará mas adelante, ha disminuido en promedio, de acuerdo con la producción que se cobraba en la metodología anterior. Por otra parte, el aumento en la tarifa de disposición final se explica por la modificación de las formas de disposición final en algunas ciudades de la muestra, al reemplazar el enterramiento de residuos o la disposición en botaderos a cielo abierto, por el manejo de residuos a través de rellenos sanitarios.

#### **5.2.1. Comparación por componente tarifario**

A continuación se presenta el análisis comparativo de la metodología vigente versus la metodología anterior, para cada uno de los componentes tarifarios. Los componentes obtenidos con la aplicación de la metodología de la Resolución CRA 351 de 2005, han sido los reportados por los prestadores. Por otra parte, los componentes comparables de la Resolución CRA 151 de 2001, se obtuvieron multiplicando cada costo por la producción de residuos sólidos establecida en la metodología – PPU.

##### **5.2.1.1. Tarifa de Recolección y Transporte (TRT)**

La Tarifa de Recolección y Transporte (TRT) se ha mantenido en las dos metodologías separada como un solo componente. La metodología anterior reconocía un valor fijo asociado

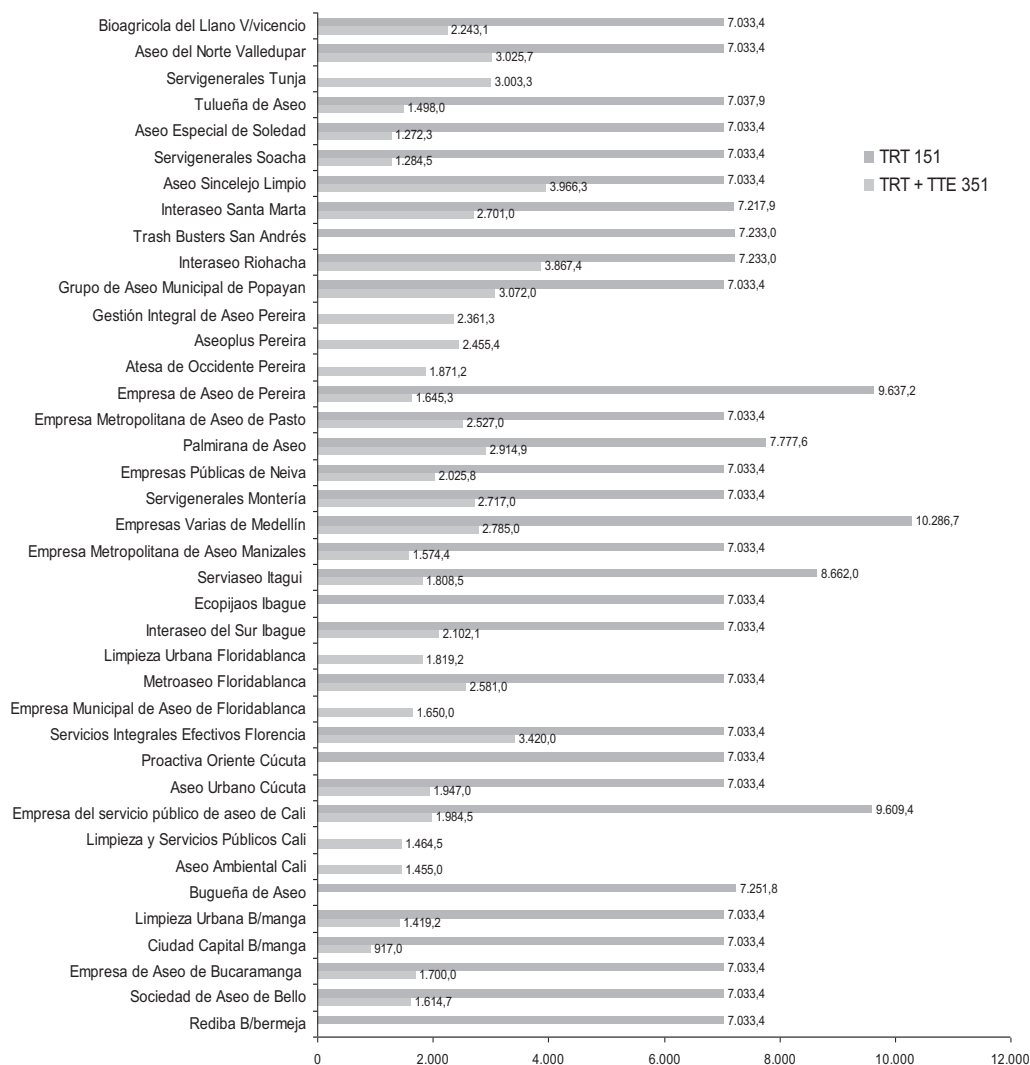
a la actividad de recolección y transporte, que no variaba con el tiempo improductivo de viaje y un costo inferior que variaba con el tiempo no productivo de viaje. Este costo inicialmente dependía de este tiempo en unidades de horas, y fue establecido como un valor constante igual a 1, para todas las empresas, mediante la Resolución CRA 130 de 2001.

Por su parte, la metodología vigente reconoce en la TRT el costo de recoger y transportar los residuos generados por un suscriptor hasta una distancia máxima de 20 km, y el costo de recoger y transportar los residuos generados en la actividad de barrido y limpieza de vías y áreas públicas. Se debe resaltar que al incluir la TRT de la metodología anterior, el valor del tiempo de viaje no productivo, la comparación que se presenta a continuación se realiza adicionando en la TRT de la metodología vigente, el valor de la Tarifa de Tramo Excedente - TTE.

En los análisis de la TRT se han encontrado que en todas las ciudades este componente tarifario presenta disminución en comparación con la metodología anterior, reducción que en un promedio simple de la muestra asciende a -73,3%.

La Gráfica 7 muestra cómo con la metodología anterior todos los prestadores mantenían un valor similar de tarifa, dado que en todo el país se cobraba la misma cantidad de residuos sólidos y el mismo tiempo de viaje no productivo, con excepción de los prestadores que presentan un valor superior al promedio, lo que indica una solicitud de modificación de esta variable (Ver Anexo 2). Por otra parte, con la metodología vigente se observa que los valores son variables entre todas las empresas, debido a que la distancia hasta el sitio de disposición final, así como la producción de residuos, depende de cada área de servicio.

**Gráfica 7. Recolección y Transporte**

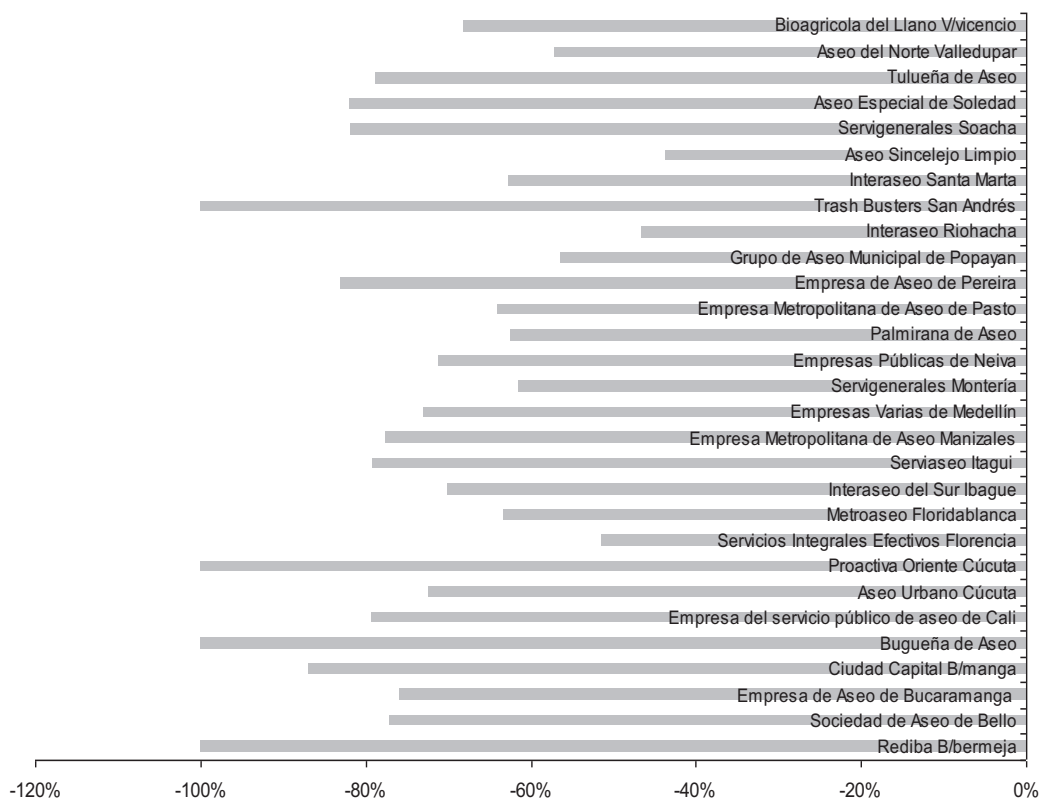


Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos Diciembre de 2008. (\$/suscriptor)

A continuación se muestra la gráfica de variación porcentual de la TRT, la cual permite observar la disminución de este componente en relación con el valor establecido en la metodología anterior. Al comparar estos resultados con los obtenidos para el CRT (numeral 5.3.1.1) se encuentran resultados contrarios,

ya que el costo de este componente presenta un aumento en promedio, mientras que para la tarifa se caracteriza por la disminución. Este efecto se debe principalmente a la medición de las toneladas dispuestas por suscriptor, lo cual ha tenido un efecto positivo para los usuarios en términos de tarifa.

**Gráfica 8. Variación TRT**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Porcentaje

Las estadísticas descriptivas de la tarifa para el componente de recolección y transporte contenidas en la Gráfica 9 y en la Tabla 7, permiten concluir que esta tarifa se ha reducido con la implementación de la metodología tarifaria vigente. Además, la metodología tarifaria actual presenta mayor dispersión en los datos, mientras que la tarifa de recolección

de la metodología anterior, presenta menor nivel de dispersión.

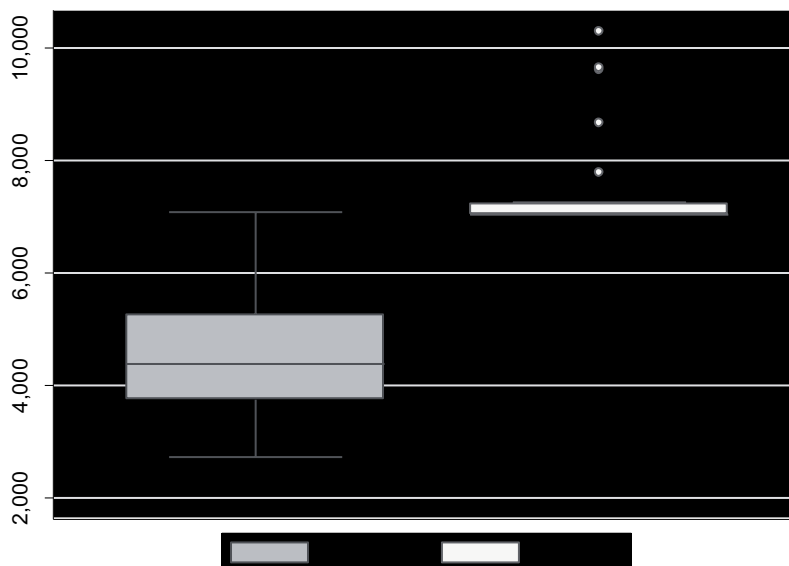
Así mismo se observan valores atípicos que se ubican en la barrera exterior superior de la caja para la metodología anterior, los cuales corresponden a aquellas empresas que tuvieron modificaciones particulares del CRT, como se mencionó anteriormente (Anexo 2).

**Tabla 7. Estadísticas descriptivas para la TRT (\$/suscripto)**

Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
TRT_351	35	4,526.1	1,098.9	2,728	7,078
TRT_151	30	7,420.2	888.2	7,033	10,287

Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

**Gráfica 9. Caja de valores extremos para la TRT (\$/suscriptor)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

### 5.2.1.2. Tarifa de Disposición Final y Tratamiento (TDT)

La TDT ha tenido cambios significativos entre una metodología y otra, puesto que la metodología anterior reconocía tres tipos de disposición final: botadero a cielo abierto, enterramiento y relleno sanitario con valores diferenciales para cada uno. La metodología vigente por el contrario solamente reconoce vía tarifa el costo de disposición final en relleno sanitario. En los dos casos se reconoce un valor por tonelada, el cual es multiplicado por la cantidad de toneladas presentadas por cada suscriptor, TDi para la metodología actual y PPU para la anterior.

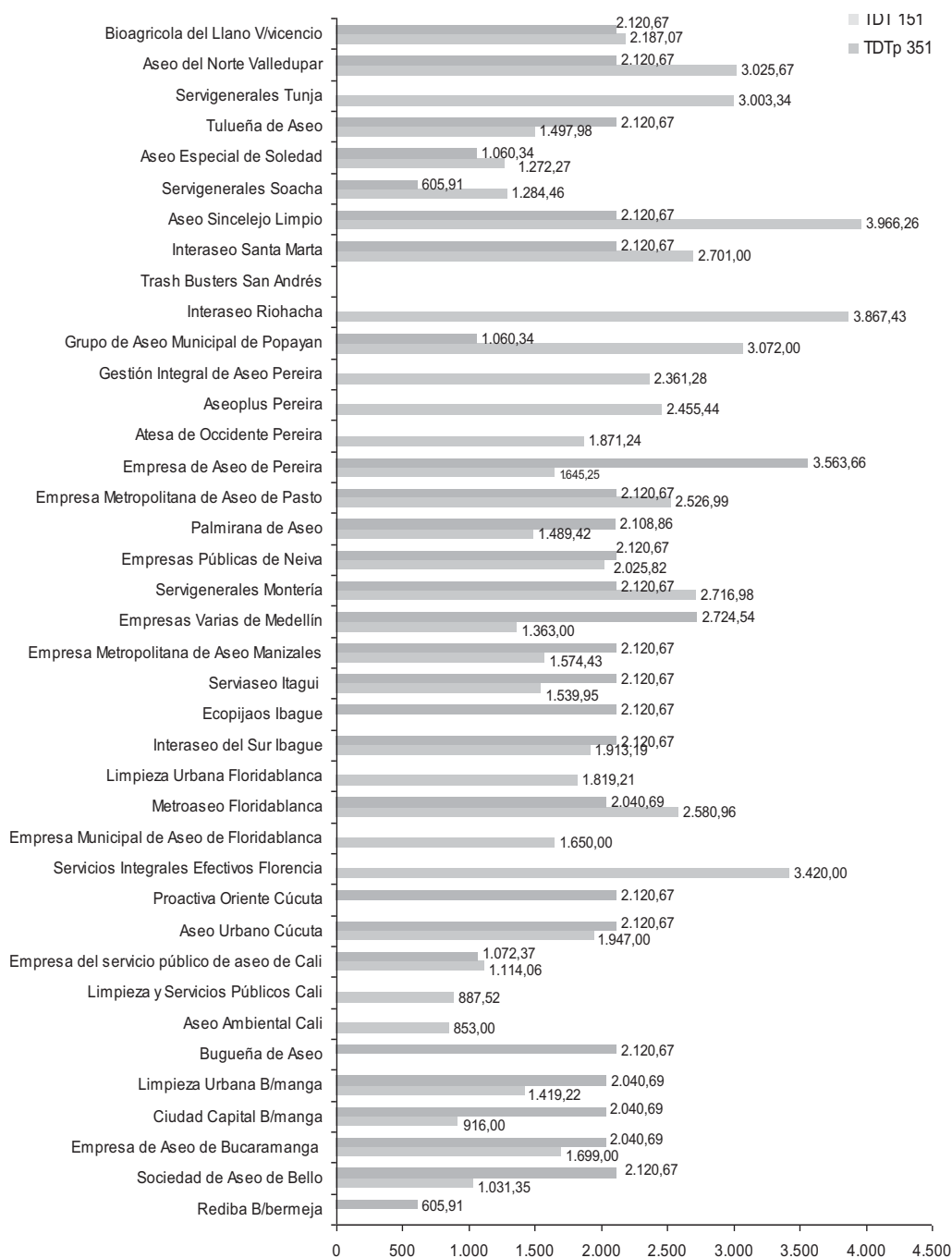
Al comparar las tarifas de disposición final y tratamiento entre las dos metodologías se ha encontrado que esta tarifa ha disminuido para 13 prestadores de la muestra, mientras que para 11 prestadores esta tarifa ha aumentado. Los demás prestadores no han reportado información para alguna de las dos

metodologías y, por lo tanto, no es posible verificar su variación.

Por otro lado, al contrastar estos resultados con los obtenidos para el CDT (numeral 5.3.1.2) se concluye que la medición de los residuos sólidos presentados por cada suscriptor ha generado una disminución en la tarifa que se cobra, dado que, si bien el costo de referencia se ha incrementado, la tarifa se reduce al multiplicar el CDT por la cantidad de toneladas por suscriptor. Como consecuencia, la tarifa disminuye en promedio el 30% para las empresas de la muestra.

Prestadores como Gestión Integral de Aseo, Aseoplus y Atesa de Occidente de Pereira, Limpieza Urbana y Empresa Municipal de Aseo de Floridablanca, Limpieza y Servicios Públicos y Aseo Ambiental de Cali son prestadores que han ingresado al mercado bajo la modalidad de competencia por el mercado con la metodología vigente, así, no se encontraban aplicando la metodología anterior y no reportan datos para esta.

**Gráfica 10. Disposición Final y Tratamiento**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/suscriptor).

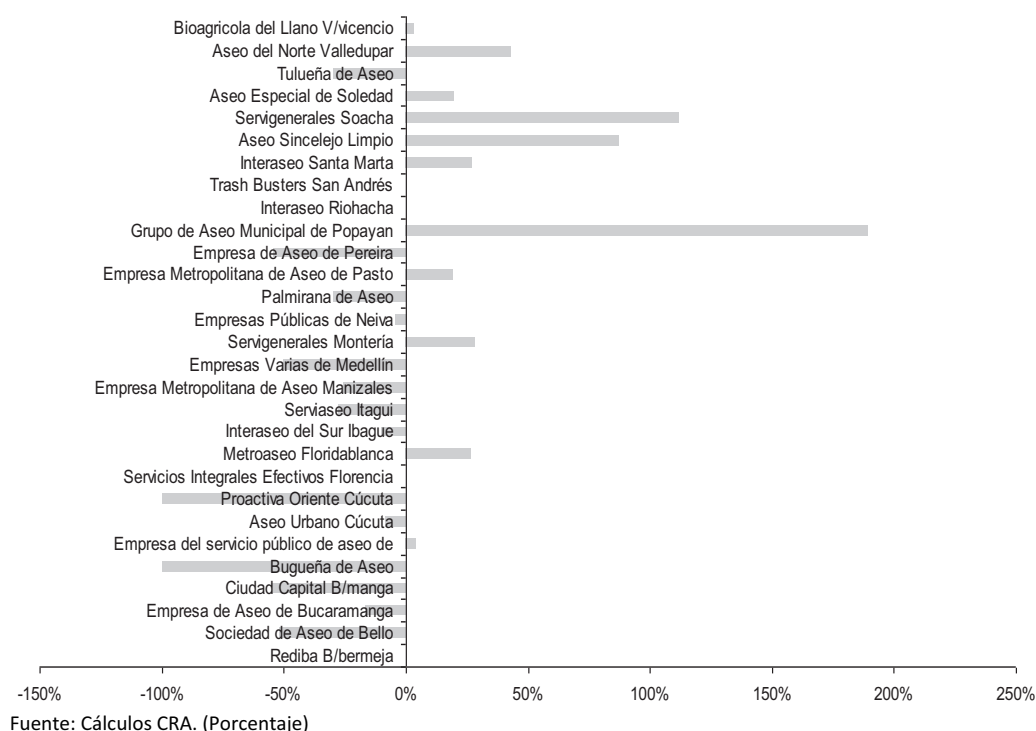


De la Gráfica 10 se puede ver que los prestadores Sociedad de Aseo de Bello, Empresa de Aseo de B/manga, Ciudad Capital de B/manga, Limpieza Urbana de B/manga, Aseo Urbano de Cúcuta, Interaseo del Sur de Ibagué, Serviaseo de Itagüí, Empresa Metropolitana de Aseo de Manizales, Empresas Varias de Medellín, Empresas Públicas de Neiva, Palmirana de Aseo, Empresa de Aseo de Pereira y Tulueña

de Aseo, tuvieron disminución en su tarifa de disposición final y tratamiento.

De las empresas de la muestra la que mayor disminución ha presentado es Ciudad Capital de Bucaramanga con un 55%, equivalente a \$1.124; en contraste con el Grupo Municipal de Aseo de Popayán quien presenta el mayor aumento (190%) equivalente a \$2.011.

**Gráfica 11. Variación TDT.**



La Gráfica 11 presenta la variación porcentual de la TDT en donde se puede ver que 11 prestadores han tenido un aumento en este componente, mientras que 14 han presentado

disminución, para un promedio total de variación del -0,1%.

Las estadísticas descriptivas de esta tarifa se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8. Estadísticas descriptivas para la TDT (\$/suscriptor)**

Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
TDT_351	33	1,988.5	828.3	853	3966
TDT_151	27	1,994.1	583.5	606	3564

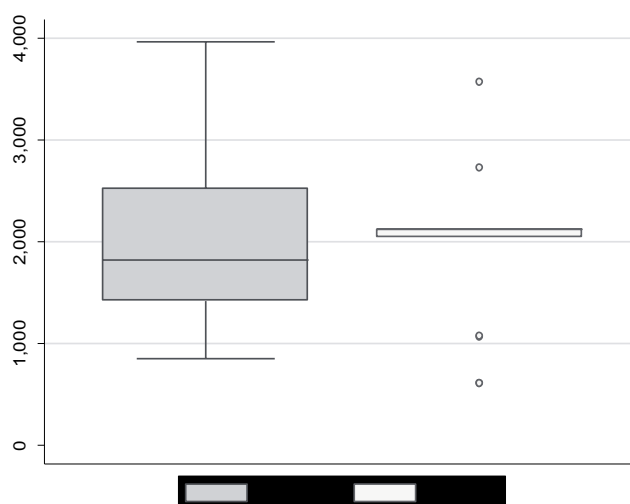
Fuente: SUI Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La gráfica de caja (Gráfica 12) permite afirmar que el valor de la tarifa para este componente con la metodología tarifaria establecida por medio de las Resoluciones CRA 351 y 352 exhibe mayor dispersión con una distribución que tiende a la normalidad. Esta distribución se debe a la relación existente entre el valor de la tarifa y la cantidad de toneladas dispuestas en cada relleno sanitario.

En contraste, el valor de la TDT con la metodología tarifaria anterior presenta menor dispersión y la existencia de varios valores

extremos. Los valores atípicos corresponden a las modificaciones particulares de costo de rellenos sanitarios. Los valores que se encuentran en la barrera exterior superior hacen referencia a Empresas Varias de Medellín (relleno sanitario “La Pradera”) y la Empresa de Aseo de Pereira (relleno sanitario “La Gloria”), mientras que los valores ubicados en la barrera exterior inferior hacen referencia a disposición de residuos con tecnologías diferentes a rellenos sanitarios, como es el caso de botaderos a cielo abierto y enterramientos.

**Gráfica 12. Caja de valores extremos para la TDT (\$/suscriptor)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008

### 5.2.1.3. Tarifa de Barrido y Limpieza (TBL)

La TBL por su parte ha tenido cambios significativos entre una metodología y otra. La metodología anterior establecía una tasa de barrido en porcentaje, en función del CRT y del CDT, reconociendo el costo de barrer un kilómetro de cuneta multiplicado por la concentración de residuos sólidos en un kilómetro de cuneta.

La metodología actual por su parte, reconoce el costo de barrer un kilómetro de

cuneta, ponderado por los kilómetros totales barridos y el número de suscriptores. Las tarifas de las dos metodologías; sin embargo, se encuentran expresadas en unidades de \$/suscriptor-mes.

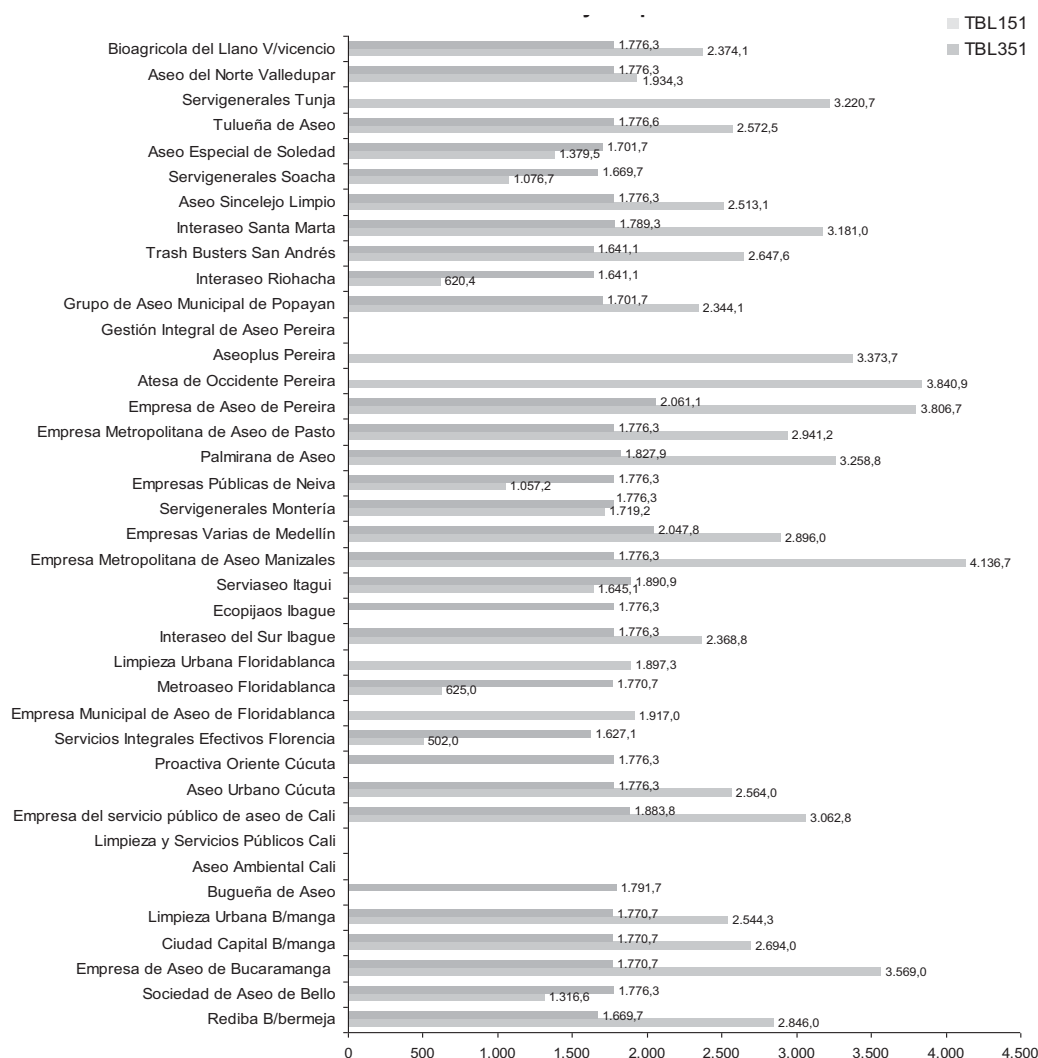
Así, con el análisis se puede ver que para la mayor parte de ciudades esta tarifa se incrementó, a excepción de Soledad, Soacha, Riohacha, Neiva, Montería, Itagüí, Metroaseo de Floridablanca y Bello, en las cuales se observa una disminución con la entrada en vi-

gencia de la Resolución CRA 351 de 2005. Se debe tener en cuenta nuevamente que esta disminución puede ser explicada por la ponderación por kilómetros de cuneta barridos y número de suscriptores, lo cual incide en una posible disminución del valor de la tarifa para algunas empresas.

En promedio para las empresas que conforman la muestra, la tarifa de barrido y limpieza ha aumentado en 14,7%. El prestador

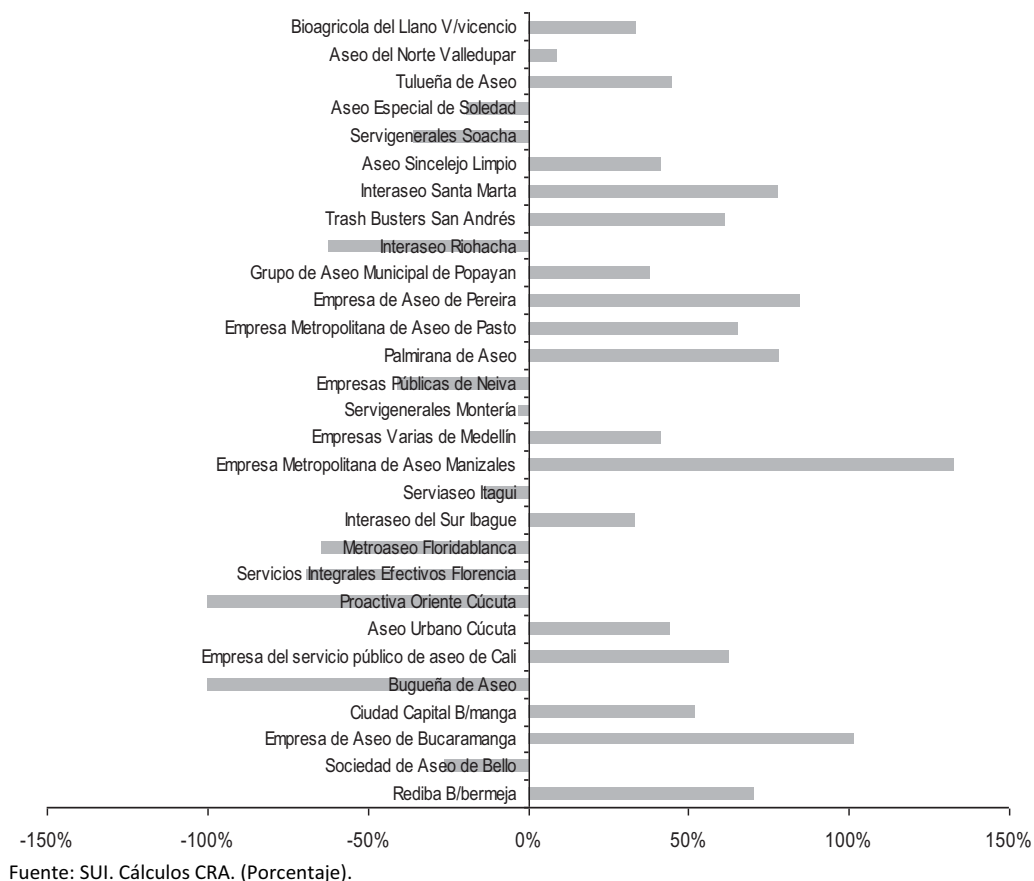
que mayor aumento presenta es la Empresa Metropolitana de Aseo de Manizales con un 133% equivalente a \$ 2.360, y la de menor aumento es Aseo del Norte de Valledupar con un 9% equivalente a \$158. Por otro lado, Servicios Integrales Efectivos de Florencia y Metroaseo de Floridablanca son las empresas que mayor disminución de tarifa demostraron con 69% y 65% respectivamente, equivalentes a \$1.125 y \$1.145.

Gráfica 13. Barrido y Limpieza



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/suscriptor).

**Gráfica 14. Variación TBL.**



En la Gráfica 14 se puede ver la variación porcentual de cada una de las empresas de la muestra para la TBL, cuya variación en promedio ha sido de 14,7% en aumento.

La Tabla 9 presenta el resumen de las estadísticas descriptivas asociadas a la tarifa de Barrido y Limpieza.

**Tabla 9. Estadísticas descriptivas para la TBL (\$/suscriptor)**

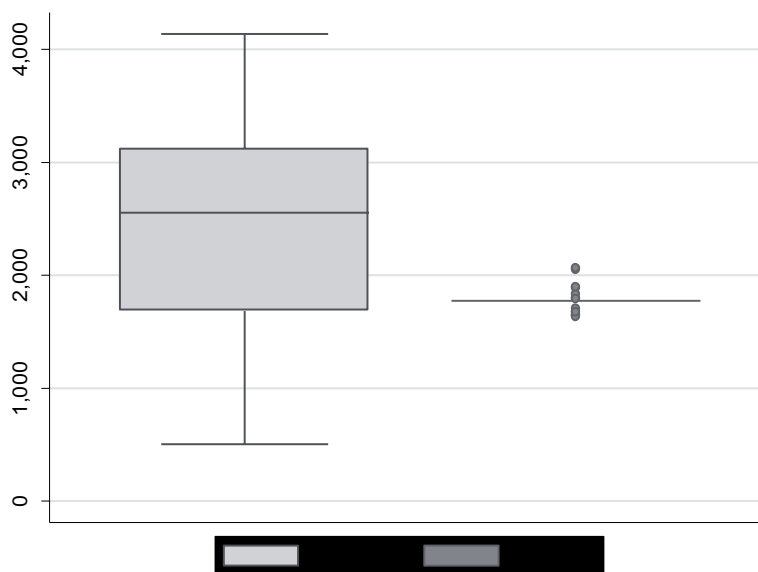
Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
TBL_351	32	2,378.2	987.6	502	4137
TBL_151	30	1,780.5	96.3	1627	2061

Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La gráfica de caja de la tarifa del componente de barrido y limpieza muestra que la metodología tarifaria vigente se caracteriza por tener mayor dispersión de datos, con una distribución que tiende a la normalidad a pe-

sar de tener un sesgo hacia el límite superior. Por el contrario la metodología tarifaria de la Resolución CRA 151 de 2001 presenta una baja dispersión y la presencia de varios valores atípicos.

**Gráfica 15. Caja de valores extremos para la TBL (\$/suscriptor)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

#### 5.2.1.4. Tarifa Tramo Excedente (TTE)

La TTE es el componente que hace explícita la variable que en la metodología anterior se denominaba el tiempo de viaje improductivo. La TRT de la metodología vigente reconoce el costo de recolectar los residuos y transportarlos hasta una distancia máxima de 20 km, así la TTE reconoce el valor del transporte a una distancia mayor a 20 km, siendo una función decreciente con la distancia. Las comparaciones que se muestran a continuación se han realizado buscando desagregar la TRT presentada anteriormente, en dos componentes. El primero es el valor cobrado por tramo excedente o tiempo de viaje no productivo, y el segundo que se presenta en el numeral siguiente, se refiere al costo de únicamente

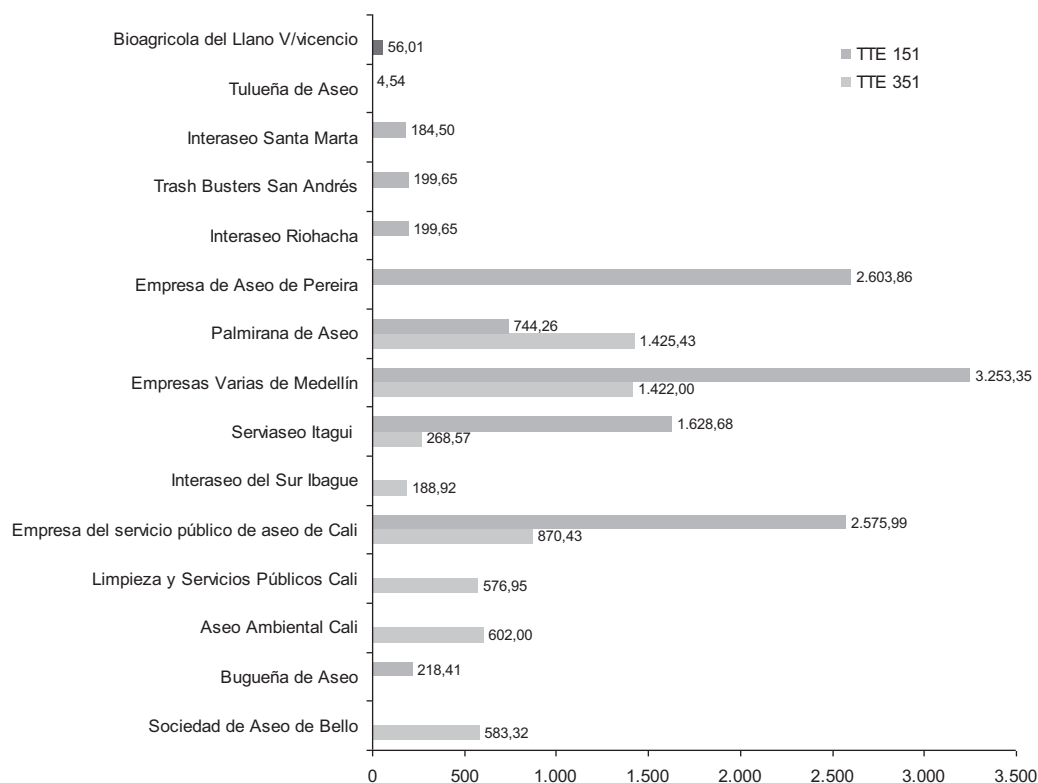
recoger y transportar la basura dentro de una distancia promedio, sin tener en cuenta el tramo excedente.

Dentro del análisis se ha hecho la comparación con la TTE para los prestadores de la muestra que han calculado este componente. Al igual que en los componentes anteriores, se puede ver una variación con respecto a los resultados obtenidos para el CTE. Es importante resaltar prestadores como Interaseo de Santa Marta, Trash Buster de San Andrés, Interaseo de Riohacha, y Bugueña de Aseo, presentaban un valor por tramo excedente con la metodología anterior, mas no con la metodología vigente. Por el contrario, Bioagrícola del Llano, Interaseo del Sur de Ibagué, y Sociedad de Aseo de Bello, son prestadores que con la

metodología anterior no presentaban valor de tramo excedente, mientras que sí lo hacen con la actual. Este efecto podría explicarse en el hecho que con la metodología anterior, para cobrar un valor por tramo excedente era necesario hacer una solicitud específica de modificación de costos a la Comisión, y probable-

mente algunos prestadores no surtieron este proceso. A diferencia, la metodología vigente permite el cobro de tramo excedente como uno de los componentes de la metodología, al cumplir con el requisito de transportar los residuos al sitio de disposición final a una distancia superior a 20 km, del perímetro urbano.

**Gráfica 16. Tramo Excedente**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/suscriptor).

Asimismo se puede analizar el caso de Empresas Varias de Medellín, Palmirana de Aseo, Serviaseo de Itagüí y la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali las cuales han presentado un valor de tramo excedente con las dos metodologías.

En el caso de Medellín, de Itagüí y de Cali se puede ver que la tarifa de tramo excedente disminuyó con la entrada en vigencia de la

Resolución CRA 351 de 2005. Mientras que en Palmira se encuentra un aumento.

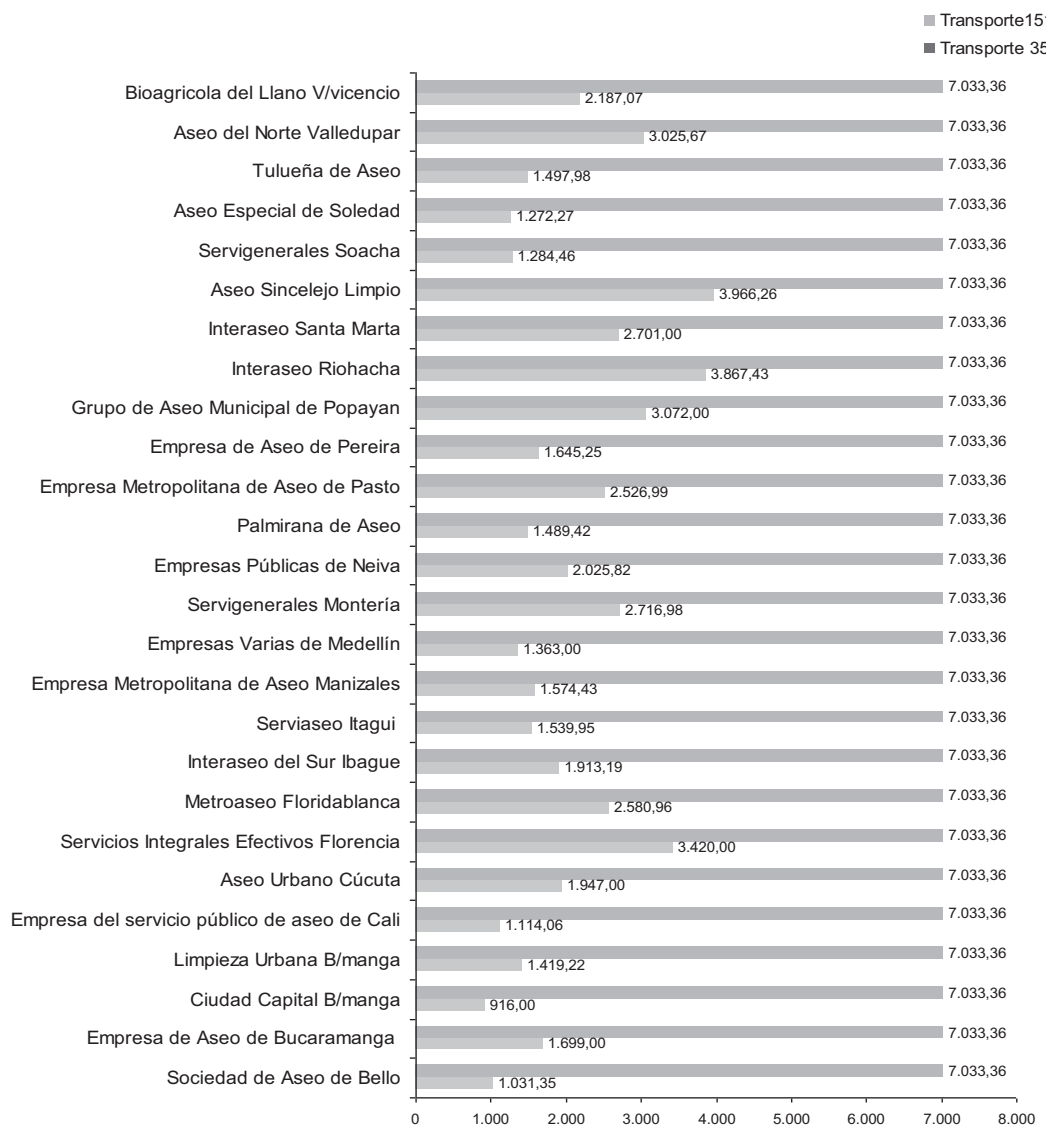
**5.2.1.5. Tarifa de Recolección y Transporte hasta una distancia promedio, sin tener en cuenta el tramo excedente**

La tarifa de recolección y transporte sin tramo excedente, ha sido calculada para la metodología anterior, restando de la TRT

obtenida por cada prestador (CRT por PPU), el valor del techo máximo permitido por la Resolución CRA 151 de 2001, según la fórmula establecida en el artículo 4.2.2.1 de la misma.

Para la metodología vigente se ha tomado la TRT sin incluir el valor de tramo excedente TTE para cada empresa; con estos cálculos se encuentran valores comparables.

**Gráfica 17. Transporte**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/suscriptor).

Para la metodología de la Resolución CRA 151 de 2001 las empresas se mantienen en el mismo valor para la tarifa de transporte, el

cual es obtenido con la aplicación de la fórmula establecida en el artículo 4.2.2.1 de la Resolución CRA 151 de 2001; mientras que en las

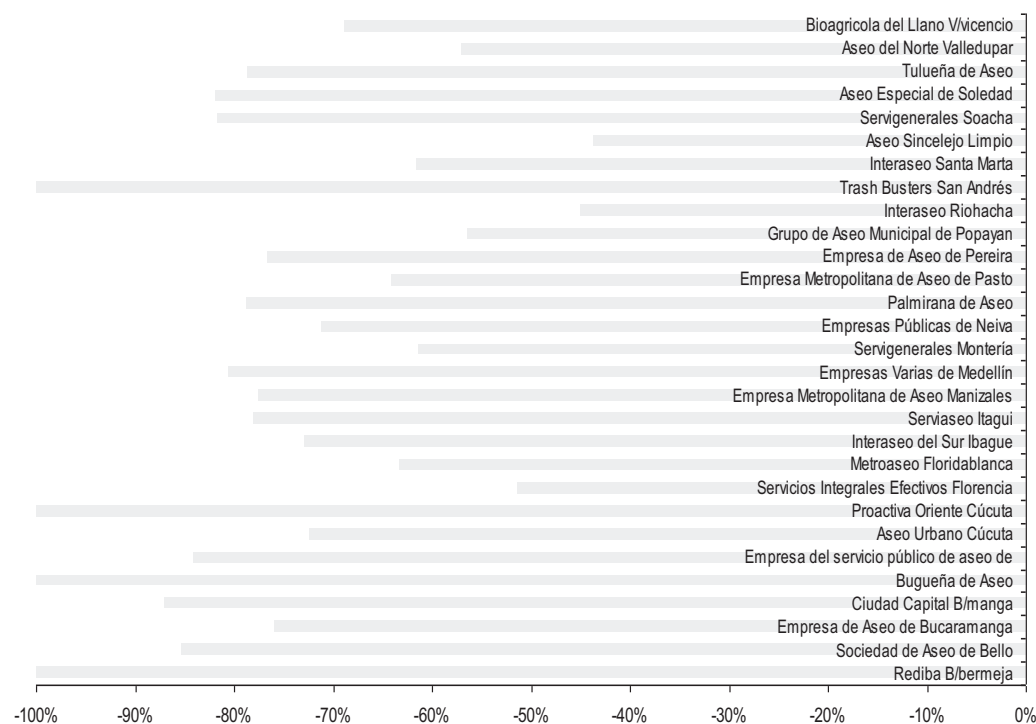


tarifas de transporte para la Resolución CRA 351 de 2005 los valores se encuentran variables según el prestador, e inferiores en todos los casos a los de la metodología anterior.

La variación obtenida entre los prestadores con la metodología vigente se debe a la

inclusión de la variable de cantidad de residuos sólidos presentados para recolección por cada suscriptor, en un área de servicio; de esta forma, se puede ver el efecto de esta variable dado que con la metodología anterior el valor era fijo para todos los prestadores.

**Gráfica 18. Variación Transporte**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (Porcentaje).

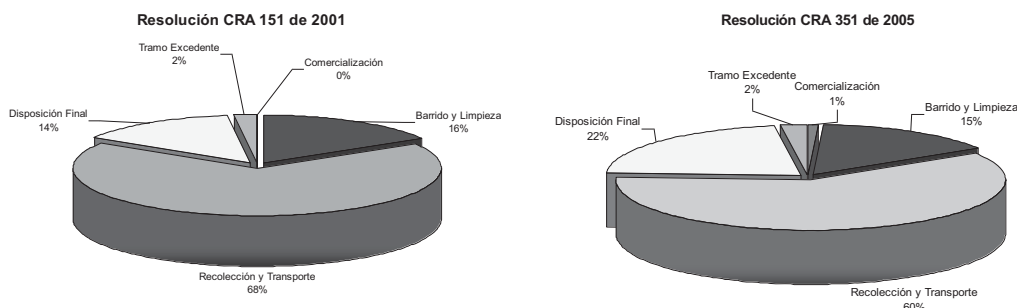
La Gráfica 18 presenta la variación porcentual del valor de recolección y transporte, para la muestra de prestadores. Este componente mostró una disminución promedio de 75,3%, con la entrada en vigencia de la nueva metodología.

**5.2.1.6. Tarifa de Comercialización y Recaudo**

La tarifa de comercialización y recaudo, es obtenida a partir del Costo de Comercializa-

ción por Suscriptor (CCS). Si bien, este costo reconoce en la metodología vigente el valor de actividades administrativas, facturación, recaudo, campañas educativas, entre otros; la metodología anterior permitía recuperarlos, mas no los hacía explícitos en ninguno de los componentes. Así, la desagregación actual permite que exista un componente adicional, que es la TFR, pasando de ocupar un porcentaje de 0% a 21%, lo cual afecta el valor de la factura final.



**Gráfica 19. Participación de los componentes del servicio en el costo total**

Fuente: SUI. Cálculos CRA.

De la Gráfica 19 se puede ver que con la entrada en vigencia de la metodología contenida en la Resolución CRA 351 de 2005, se hace explícito el costo de comercialización. Además, se observa que el costo de recolección y transporte disminuye su participación en relación con el total, pero esta disminución se ve compensada con el aumento que presenta el costo de disposición final y tratamiento de los residuos; barrido y limpieza, al igual que el tramo excedente, se mantienen en una proporción similar en las dos metodologías.

### 5.3.1. Comparación por componente

A continuación se presenta el análisis comparativo para cada uno de los costos por componente obtenidos con cada una de las metodologías para el servicio de aseo. La comparación se presenta componente a componente, excepto en el caso de barrido y limpieza el cual ha tenido la modificación presentada en el numeral anterior.

#### 5.3.1.1. Costo de Recolección y Transporte (CRT)

La recolección y transporte de residuos sólidos presenta economías de continuidad debido a que el prestador obtiene costos menores al recoger los residuos de dos suscriptores contiguos, en comparación con una situación en que la que recogiera los residuos

de un único suscriptor. Igualmente, esta actividad exhibe algunos costos hundidos pues los operadores deben incurrir en inversiones relacionadas con los equipos de recolección para iniciar operación<sup>17</sup>.

El CRT establecido en la metodología actual reconoce el costo por tonelada recogida y transportada hasta una distancia máxima de 20 km hasta el sitio de disposición final, incluyendo el costo de los peajes. En contraste, la metodología anterior reconocía dentro del CRT una cantidad fija como fracción del costo de recolección y transporte que no variaba con el tiempo improductivo de viaje; y otra fracción con un valor inferior, para reconocer la variación del costo con el tiempo improductivo de viaje. Esta última metodología mantenía por lo tanto un valor fijo para todos los prestadores.

Con la entrada en vigencia de la Resolución CRA 351 de 2005, se ha generado aumento del CRT en el 82% de las ciudades de la muestra. En la Gráfica 20 la línea vertical representa el valor del precio techo definido por el artículo 12 de la Resolución CRA 351 de 2005. Se observa que las empresas Trash Busters de San Andrés, In-

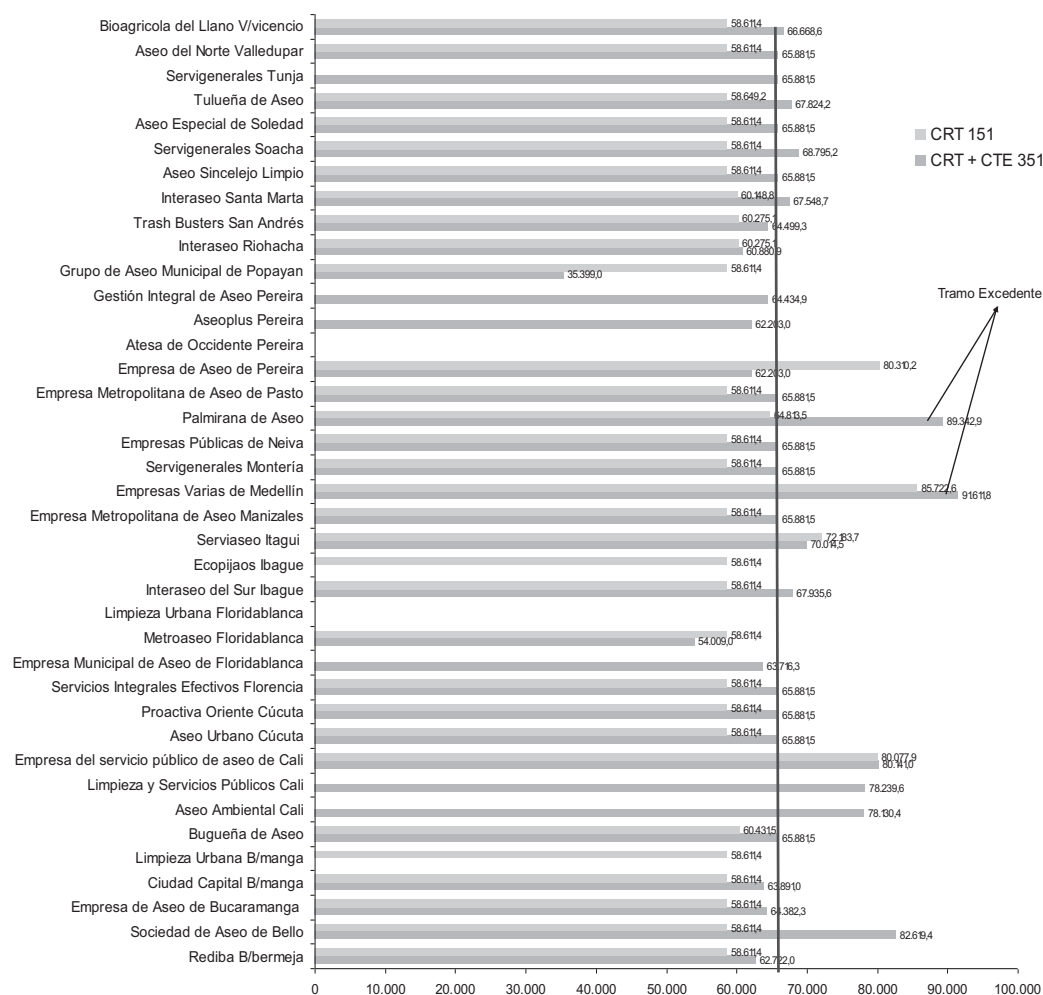
<sup>17</sup> Uribe, Botero E., y Domínguez, Torres C. *Evolución del servicio de aseo domiciliario durante la última década*. Documento CEDE Marzo, 2005.

teraseo de Riohacha, Gestión Integral de Aseo, Aseo Plus y la Empresa de Aseo de Pereira, Metroaseo y la Empresa Municipal de Aseo de Floridablanca, Ciudad Capital, la Empresa de Aseo de Bucaramanga y Rediba de Barrancabermeja, son quienes se encuentran ubicadas debajo del techo establecido por la Resolución.

Por otra parte, empresas como Tulueña de Aseo, Servigenerales de Soacha, Interaseo

de Santa Marta, Palmirana de Aseo, Empresas Varias de Medellín, Serviaseo de Itagüí, Interaseo del Sur, Limpieza y Servicios Públicos, Aseo Ambiental y Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali, y Sociedad de Aseo de Bello presentan valores superiores al máximo señalado, puesto que incorporaron un valor por tramo excedente, el cual se ve reflejado en la misma gráfica.

**Gráfica 20. Recolección y Transporte**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/T.)

En lo que se refiere a los valores reportados para la Resolución CRA 151 de 2001, se puede ver que todas las empresas se encontraban en el valor máximo permitido por la metodología, igual a \$56.114. No obstante, se puede

observar en la gráfica que algunas empresas reportaron valores superiores al techo, debido a que solicitaron a la Comisión modificación del CRT, el cual les fue aprobado, tal y como se evidencia en la Tabla 11.

**Tabla 11. Resoluciones de modificación de CRT aprobadas por la Comisión, bajo la metodología contenida en la Resolución CRA 151 de 2000**

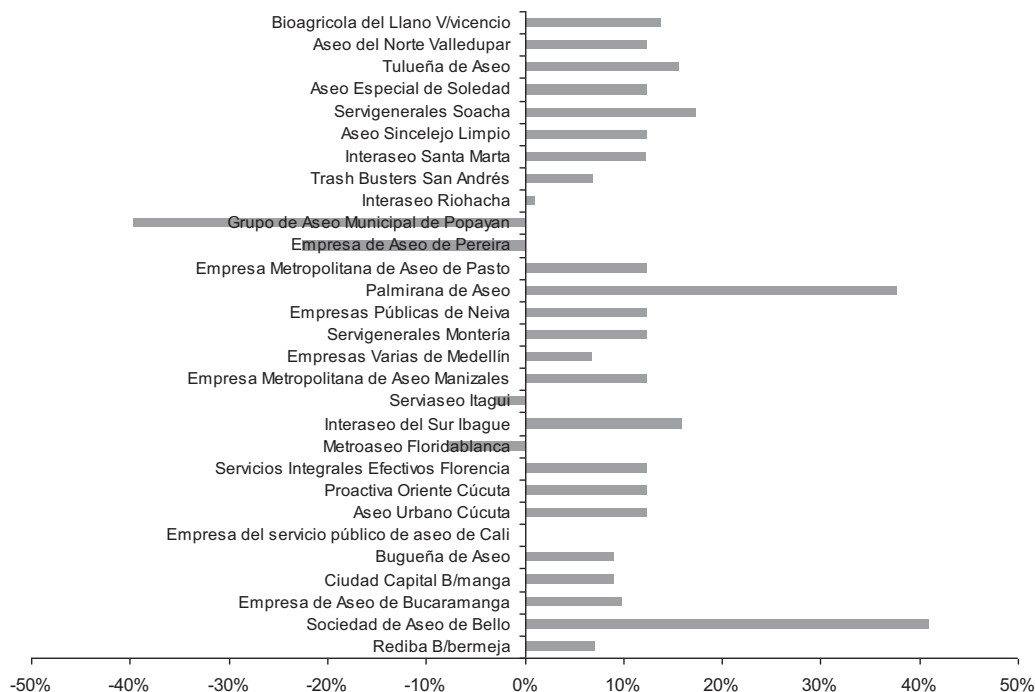
Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali	Resolución CRA 220 de 2002
Serviaseo de Itagüí	Resolución CRA 212 de 2002
Empresas Varias de Medellín	Resolución CRA 326 de 2005
Palmirana de Aseo	Resolución CRA 218 de 2002
Empresa de Aseo de Pereira	Resolución CRA 222 de 2002

Fuente: CRA.

La Gráfica 21 presenta la variación porcentual del CRT generada con el cambio de metodología para las empresas de la muestra. Se puede ver que en la mayoría de las ciudades

este costo ha aumentado en 11% promedio. En contraste, en Popayán, Empresa de Aseo de Pereira, Serviaseo de Itagüí y Metroaseo de Floridablanca, este costo ha disminuido.

**Gráfica 21. Variación CRT.**



Fuente: Cálculos CRA. (Porcentaje)

De otra parte, las estadísticas descriptivas del CRT se presentan en la Tabla 12.

**Tabla 12. Estadísticas descriptivas para el CRT (\$/tonelada)**

Variable	Obs	Media	Desv.	Min	Max
CRT_351	34	68,305.44	7,889.08	54,009	91,612
CRT_151	30	61,836.93	7,400.98	58,611	85,723

Fuente:SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La Gráfica 22. (Gráfica de caja), permite verificar que el menor valor del CRT de la metodología tarifaria vigente corresponde a la empresa Metroaseo en el municipio de Floridablanca, valor que se encuentra en la barrera exterior inferior de la caja (\$54,009), y que a su vez, es menor que el valor más bajo del CRT de la metodología tarifaria anterior para las empresas que se dispone información.

Igualmente, esta gráfica demuestra que el CRT de la metodología tarifaria vigente presenta una distribución que tiende a la normalidad, por lo que se exhibe mayor simetría en la distribución de los datos, debido a que la mediana se encuentra en el medio de la caja. En contraste en la metodología tarifaria anterior, el valor de la mediana coincide con el primer cuartil.

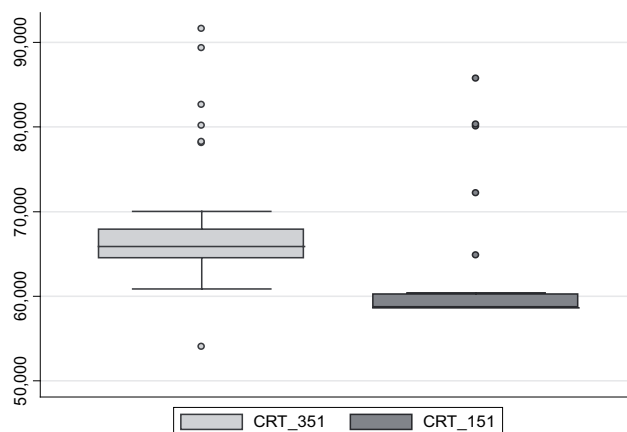
Así mismo, se destaca que con ambas metodologías existen valores que se encuen-

tran en la barrera exterior superior de la caja. En relación con la metodología tarifaria anterior, se explica ya que la aprobación de modificaciones particulares del CRT, dada la existencia de particularidades que no se reflejaban en el valor techo establecido por la metodología. Este es el caso para Empresas Varias de Medellín (\$85,723), Empresa de Aseo de Pereira (\$80,310), Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali (\$80,078), Serviaseo Itagüí (\$72,184) y Palmirana de Aseo (\$64,814).

Entre tanto los valores de la barrera exterior superior de la caja de la metodología tarifaria vigente hacen referencia a aquellos prestadores que enfrentan Costo de Tramo Excedente como son: Aseo Ambiental, Limpieza y Servicios Públicos<sup>18</sup> y Empresa del servicio público de aseo de Cali, Empresas Varias de Medellín y Palmirana de Aseo, tal y como se mencionó anteriormente.

<sup>18</sup> No es posible comparar el valor del CRT para las empresas Aseo Ambiental y Limpieza y Servicios Públicos que operan en el municipio de Cali, dado que estas empresas ingresaron recientemente al mercado.

**Gráfica 22. Caja de valores extremos para el CRT (\$/Tonelada)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

### 5.3.1.2. Costo de Disposición Final y Tratamiento (CDT)

La disposición final de residuos es una actividad que presenta altos costos hundidos debido a los elevados costos para adecuar, construir, operar, mantener, incluso después de su clausura, los sitios donde se disponen los residuos, teniendo en cuenta los requerimientos sanitarios, técnicos y ambientales. Como consecuencia, se derivan ventajas de la regionalización de estos sitios para los usuarios, en particular, aquellos ubicados en municipios menores<sup>19</sup>.

La metodología establecida en la Resolución CRA 151 de 2001, reconocía tres valores de disposición final según el tipo: botadero a cielo abierto, enterramiento o relleno sanitario; en contraste la metodología vigente la cual establece el costo de disposición final como una función decreciente con la cantidad de toneladas dispuestas. Con estas diferencias

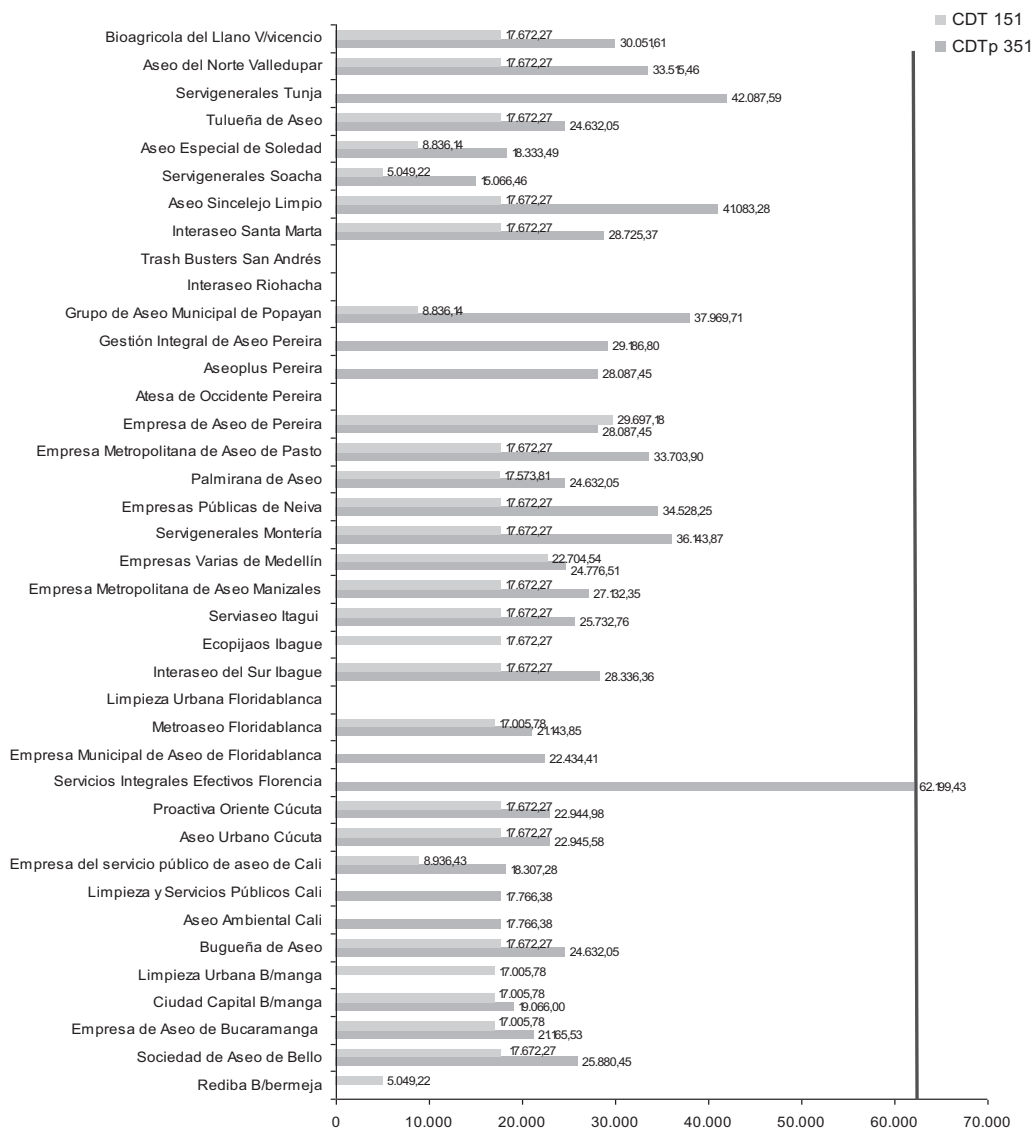
se puede ver que la variación en este componente ha sido notable, lo cual se evidencia en el análisis presentado a continuación.

El CDT se ha incrementado en relación con la metodología tarifaria anterior en todas las ciudades de la muestra, con excepción de la Empresa de Aseo de Pereira, para la cual se redujo el valor de este componente. Esta variación se debe principalmente a la implementación y cumplimiento de las políticas del Gobierno Nacional dentro de las cuales se estableció que los residuos sólidos generados debían ser dispuestos en rellenos sanitarios. Dado que la metodología anterior reconocía tarifariamente otras formas de disposición tales como enterramiento y botadero a cielo abierto, con tarifas inferiores, se evidencia un aumento en el CDT en las ciudades de la muestra, especialmente aquellas que realizaban su actividad de disposición final en formas diferentes a rellenos sanitarios, tales como la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali, Grupo de Aseo Municipal de Popayán, Servigenerales de Soacha y Aseo Especial de Soledad, las cuales presentan aumentos superiores al 100% (191% promedio).

<sup>19</sup> Econometría (2004). Estudio Diseño de Regulación Tarifaria de Aseo.



**Gráfica 23. Disposición Final y Tratamiento**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/T).

De la gráfica también se puede observar que la empresa Servicios Integrales Efectivos de Florencia es la única que se encuentra en el techo máximo permitido por la Resolución CRA 351, y que prestadores como Trash Busters, Interaseo de Riohacha, Atesa de Occidente de Pereira y Limpieza Urbana de Floridablanca no

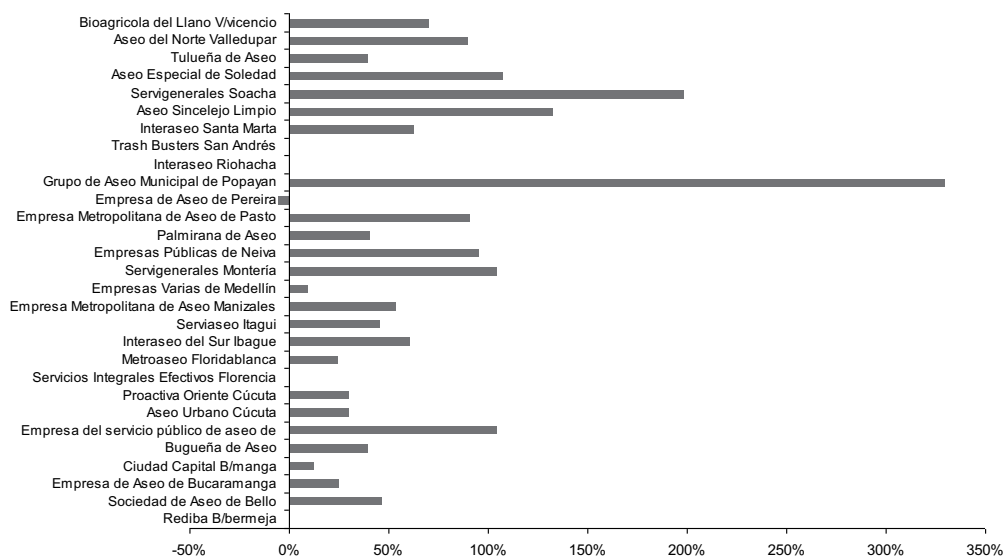
reportan valores para CDT con ninguna de las metodologías.

La Gráfica 24 muestra la variación porcentual del CDT que han presentado las empresas. Tal y como se mencionó anteriormente, en todas las ciudades se observa un aumento de

este costo (73% en promedio), a excepción de la Empresa de Aseo de Pereira. El prestador con el mayor aumento es Grupo de Aseo Municipal

de Popayán, ya que es uno de los municipios que pasó de disponer sus residuos en enterramientos, a realizarlo en relleno sanitario.

**Gráfica 24. Variación CDT**



Fuente: Cálculos CRA. (Porcentaje).

La Tabla 13 presenta las estadísticas descriptivas de este costo.

**Tabla 13. Estadísticas descriptivas para el CDT (\$/Tonelada)**

Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
CDT_351	31	27,422.32	9,276.48	15,066	62,199
CDT_151	27	16,615.63	4,862.17	5,049	29,697

Fuente: SUI. Cálculos CRA Pesos de diciembre de 2008.

La gráfica de caja presentada en la Gráfica 25, permite inferir que si bien con la metodología tarifaria vigente existe una mayor dispersión de los datos, se encuentra mayor simetría en los mismos, con una distribución que se aproxima a la normalidad.

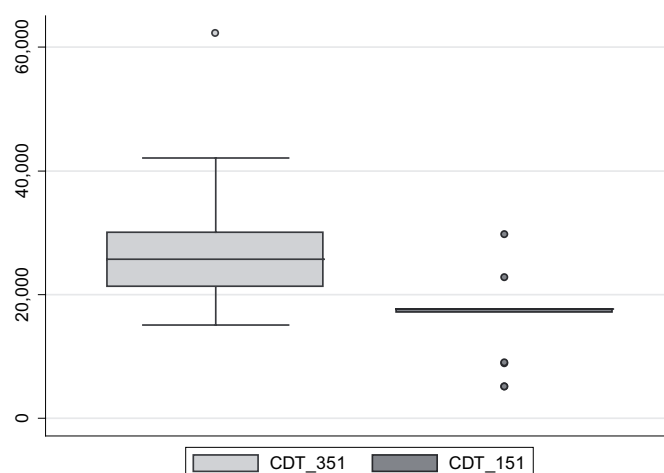
Además, se verifica que con la metodología tarifaria anterior el CDT tenía menor

dispersión, y por ende, los prestadores tendían a establecer el costo techo para este componente. Sin embargo, existen valores ubicados por fuera de la caja. Aquellos valores que se encuentran en la barrera exterior superior de la caja hacen referencia a modificaciones particulares de costo en los rellenos sanitarios donde disponían los prestadores, como es el caso del relleno sanitario “La

Pradera” para Empresas Varias de Medellín y “La Glorita” relleno a donde se dirigía la Empresa de Aseo de Pereira. Entre tanto, los valores ubicados en la barrera exterior inferior se explican debido a la disposición de residuos con tecnologías diferentes a

rellenos sanitarios, como es el caso de botaderos a cielo abierto (Rediba prestador de Barrancabermeja con un valor de \$5,049) y enterramientos (Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali con \$8,936 y Aseo Especial de Soledad con \$ 8,836).

**Gráfica 25. Caja de valores extremos para el CDT (\$/T)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

### 5.3.1.3. Costo de Barrido y Limpieza (CBL)

La actividad de barrido y limpieza de vías y áreas públicas tiene características de bien público puro debido a sus propiedades de “no rivalidad” y “no exclusión”<sup>20</sup>. A diferencia de otros componentes del servicio de aseo, la actividad de barrido y limpieza tiene costos hundidos bajos debido a que la tecnología de

producción se caracteriza por emplear una alta proporción de mano de obra. No obstante, teniendo en cuenta la presencia de economías de continuidad, resulta más eficiente que un único operador ejerza esta actividad al menos en algunas zonas del municipio.

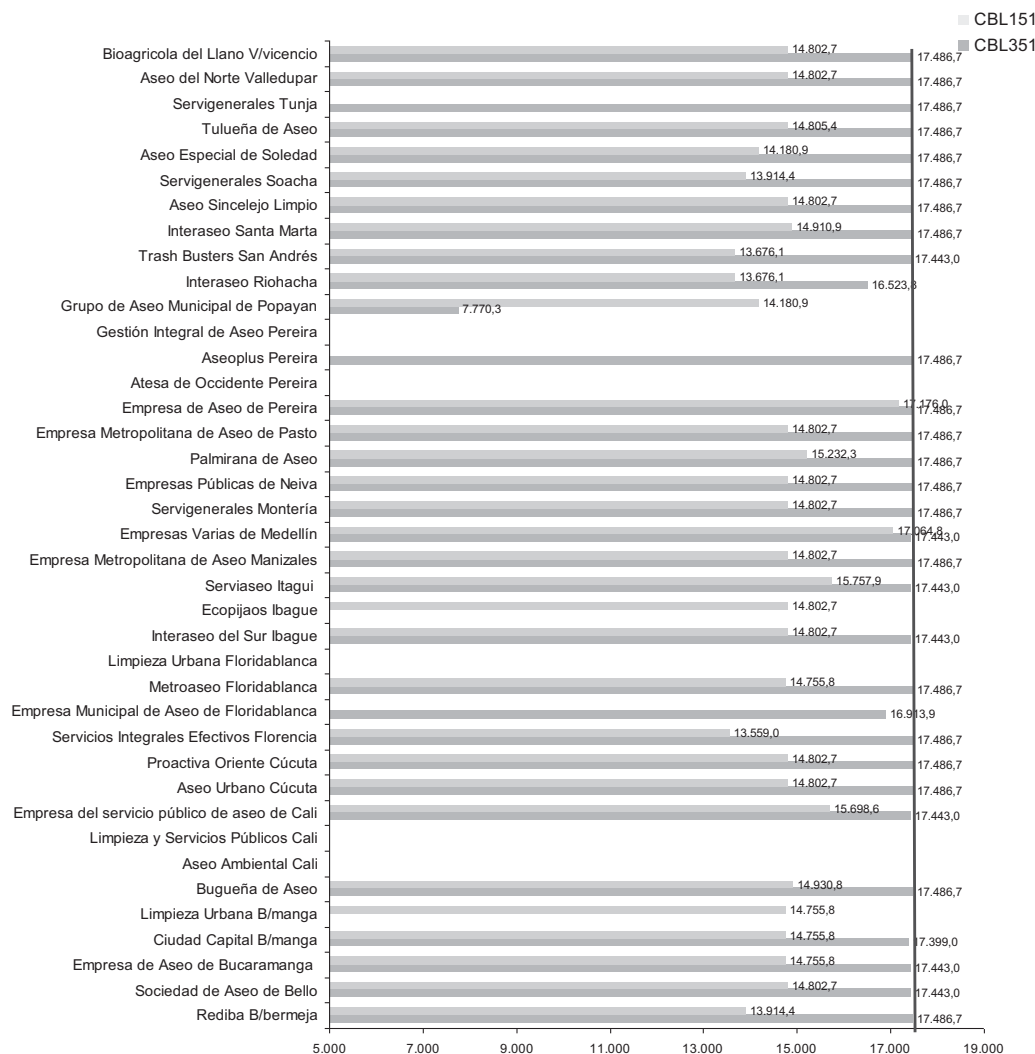
Como se comentó con anterioridad el CBL no es un costo explícito en la Resolución CRA 151 de 2001, por lo que fue necesario realizar un cálculo adicional que permitiera obtener un costo de barrido y limpieza comparable con el CBL reportado con la Resolución CRA 351 de 2005, a pesar que las unidades de referencia son diferentes<sup>21</sup>, la intención es comparar los

<sup>20</sup> Esta actividad tiene características de “no exclusión” porque no es posible que el prestador del servicio al barrer y limpiar las calles de un municipio pueda excluir a un usuario de este servicio. Entre tanto, se dice que esta actividad tiene propiedad de “no rivalidad” porque cuando un usuario está recibiendo el servicio, en otras palabras, haciendo el consumo del mismo, no impide a otro usuario recibir dicho servicio.

<sup>21</sup> El CBL de la Resolución CRA 151 se expresa en pesos por tonelada, mientras que en la Resolución CRA 351 se expresa en pesos por kilómetro barrido.

valores que se cobraban al usuario. Como consecuencia la información que se presenta en esta sección debe tomarse como referencia únicamente.

**Gráfica 26. Barrido y Limpieza**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (€/T: Res CRA 151/01; €/km: Res CRA 351/05).

En lo referente al CBL, se puede ver en la Gráfica 26 que la mayoría de los prestadores se ha acogido al techo máximo permitido por la Resolución CRA 351 de 2005 (€17,486.7), el cual se encuentra representado por la línea vertical; a excepción de las empresas Interaseo de Riohacha y la Empresa Municipal de

Aseo de Floridablanca. Este costo presenta un aumento en relación con el CBL calculado para la Resolución CRA 151 de 2001, en toda la muestra, con excepción del Grupo Municipal de Aseo de Popayán, quien ha reportado un valor del CBL inferior al establecido con la metodología anterior.

**Gráfica 27. Variación CBL**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. (Porcentaje).

En la Gráfica 27 se puede observar la variación porcentual del CBL de la metodología vigente respecto a la metodología anterior. Como se observa, este costo aumentó para la mayoría de las empresas de la muestra, en un porcentaje promedio de 14%. En contraste el CBL se redujo para el Grupo Municipal de Aseo de Popayán, con una disminución del 45%. Prestadores como la Empresa de Aseo de Pereira y Empresas Varias de Medellín, son

quienes han presentado el menor porcentaje de aumento (2%).

Las estadísticas descriptivas del CBL presentadas en la Tabla 14 y la Gráfica 28 permiten concluir que existe una baja dispersión de este costo entre los prestadores del servicio, lo cual implica que los prestadores han tendido a fijar el costo techo de este componente bajo las dos metodologías que se están comparando.

**Tabla 14. Estadísticas descriptivas para el CBL (\$/Km. y \$/T)**

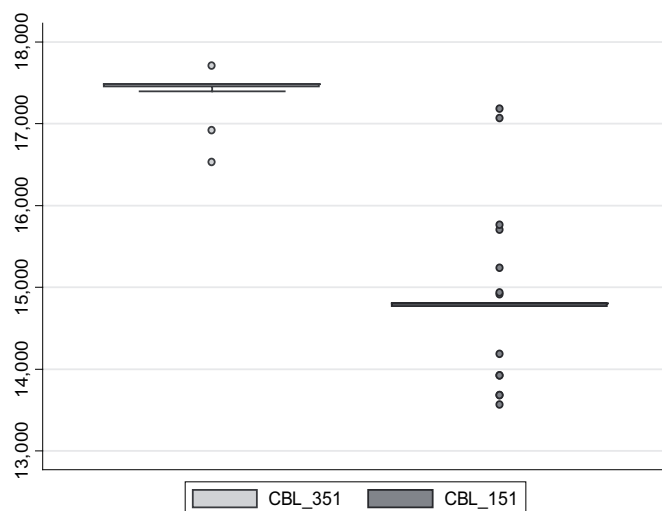
Variable	Obs	Media	Desv. Est.	Min	Max
CBL_351	31	17,431.61	202.3	16,524	17,702
CBL_151	30	14,838.57	803.0	13,559	17,176

Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La existencia de valores atípicos en el caso de la metodología tarifaria anterior se sustenta en la forma implícita como se obtiene este

costo, dado que al deducirse del CRT refleja la existencia de costos de recolección y transporte extremos.

**Gráfica 28. Caja de valores extremos para el CBL (\$/km. y \$/T)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Los valores que se encuentran en la barrera exterior inferior de la caja con la metodología tarifaria vigente corresponden a la Empresa Municipal de Aseo de Floridablanca (\$16,914) e Interaseo de Riohacha (\$16,524). Entre tanto, el valor que se ubica en la barrera exterior superior de la caja corresponde a la empresa Metroaseo de Floridablanca (\$17,702).

#### 5.3.1.4. Costo de Tramo Excedente (CTE)

El costo de tramo excedente se encuentra explícito en la Resolución CRA 351 de 2005, mientras que en la Resolución CRA 151 de 2001, se encontraba representado por una variable denominada Ho que reflejaba el valor del tiempo medio de viaje no productivo que debían hacer los prestadores hasta el sitio de disposición final; se medía en horas y cada prestador podía determinar su tiempo medio de viaje no productivo; no obstante, esta dis-

posición fue modificada mediante Resolución CRA 130 de 2001, en la cual se estableció que el Ho debía ser igual a 1 hora para todos los prestadores, y quienes consideraban que su valor podía ser superior, podían solicitar una modificación particular a la Comisión.

Para efectuar la comparación del componente de tramo excedente entre las metodologías de aseo, se tomó el valor de CRT reportado para la metodología tarifaria vigente, y se comparó con el valor que se deduce de la metodología anterior al restar del valor reportado para el CRT, el valor del techo máximo permitido por la metodología, igual a \$ 58.611,4.

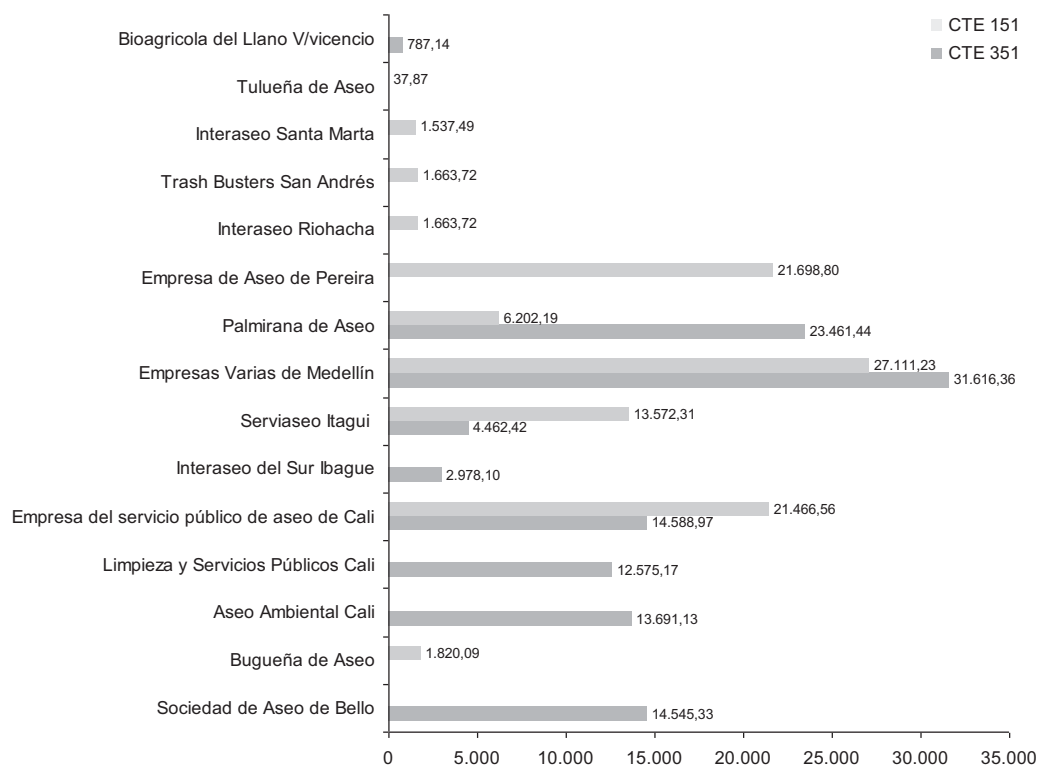
Se puede observar en la Gráfica 29 que prestadores como Palmirana de Aseo, Empresas Varias de Medellín, Serviaseo de Itagüí, y la Empresa del Servicio Público de Aseo de

Cali, han incluido un costo adicional en su CRT, perteneciente al costo de tramo excedente en las dos metodologías.

En el caso de Palmirana de Aseo y Empresas Varias de Medellín, se ha encontrado un

aumento en el valor del CTE con el cambio de metodología, en tanto que Serviaseo de Itagüí y la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali, han tenido una disminución del mismo.

**Gráfica 29. Tramo Excedente**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/T).

También se observan prestadores como Bioagropecuaria del Llano, Interaseo del Sur y la Sociedad de Aseo de Bello, los cuales no reportaban costo de tramo excedente con la metodología anterior, pero sí reportan con la metodología de la Resolución CRA 351 de 2005. Por el contrario, se observa que Interaseo de Santa Marta, Trash Busters de San Andrés, Interaseo de Riohacha y Bugueña de Aseo reportaban costo de tramo excedente con la metodología anterior, mas no con la vigente.

Es importante destacar que Empresas Varias de Medellín y la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali, modificaron su sitio de disposición final, junto con el cambio de metodología, lo cual explica parte de la variación en el CTE.

Las estadísticas descriptivas de este costo se muestran en la Tabla 15.



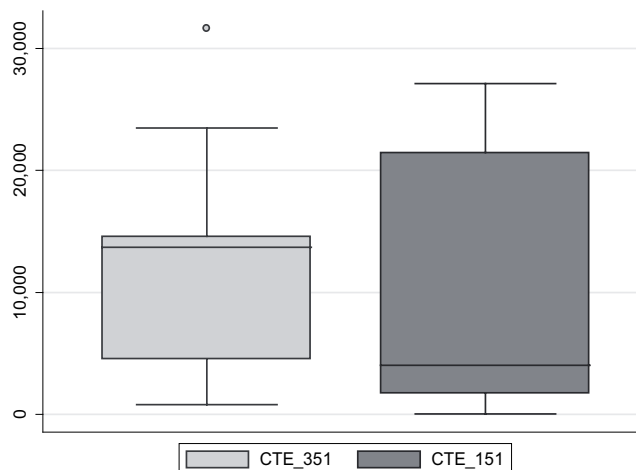
**Tabla 15. Estadísticas descriptivas para el CTE (\$/T)**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min.	Máx.
CTE_351	9	13,189.3	9,897.8	787	31616
CTE_151	10	9,677.4	10,349.7	38	27111

Fuente: SUI. Cálculos CRA Pesos de diciembre de 2008.

La gráfica de caja permite concluir que el valor del componente de tramo excedente presenta mayor dispersión con la metodología tarifaria anterior.

Para el caso de la metodología tarifaria vigente se exhibe un valor extremo ubicado en la barrera exterior superior de la caja, el cual corresponde a Empresas Varias de Medellín, con un costo de \$31,616.

**Gráfica 30. Caja de valores extremos para el CTE (\$/T)  
Resoluciones CRA 151 de 2001 y 351 de 2005**

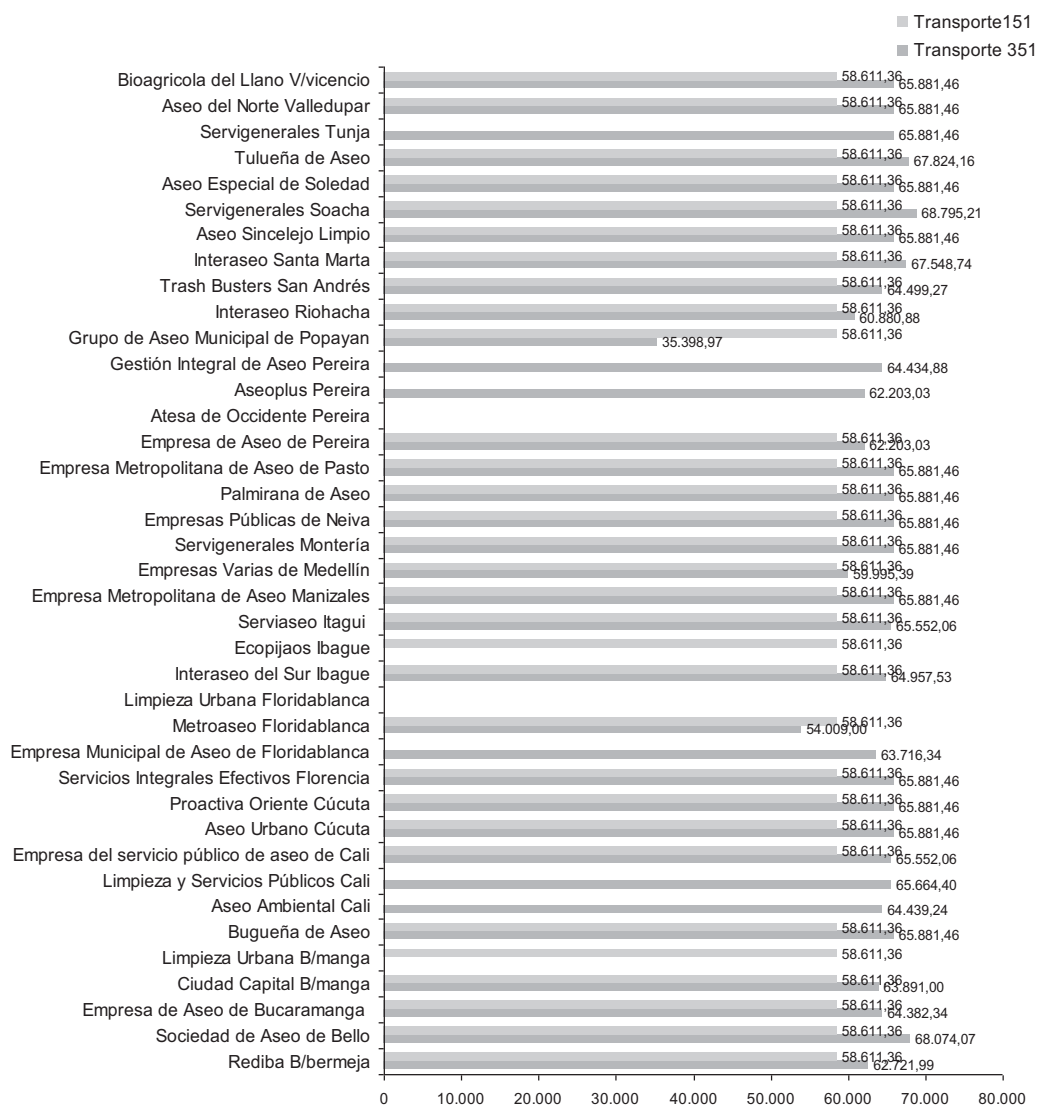
Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Costo de Recolección y Transporte hasta una distancia promedio, sin tener en cuenta el tramo excedente.

Con el objeto de aislar los efectos del tramo excedente sobre el CRT, se calculó un costo de transporte para las dos metodologías, que permita comparar el valor real de este componente. El cálculo de este valor se realizó restando el CTE del CRT reportado por cada uno de los prestadores.

Con este cálculo se puede observar que para la Resolución CRA 151 de 2001, aislando el efecto del Ho, todos los prestadores se acogieron al máximo valor permitido por la Resolución (\$ 58,611.3), mientras que en la metodología vigente se observa que 17 prestadores se encuentran en el valor techo (\$ 65,881.4) y 8 prestadores se ubican por debajo de este valor.

Gráfica 31. Transporte



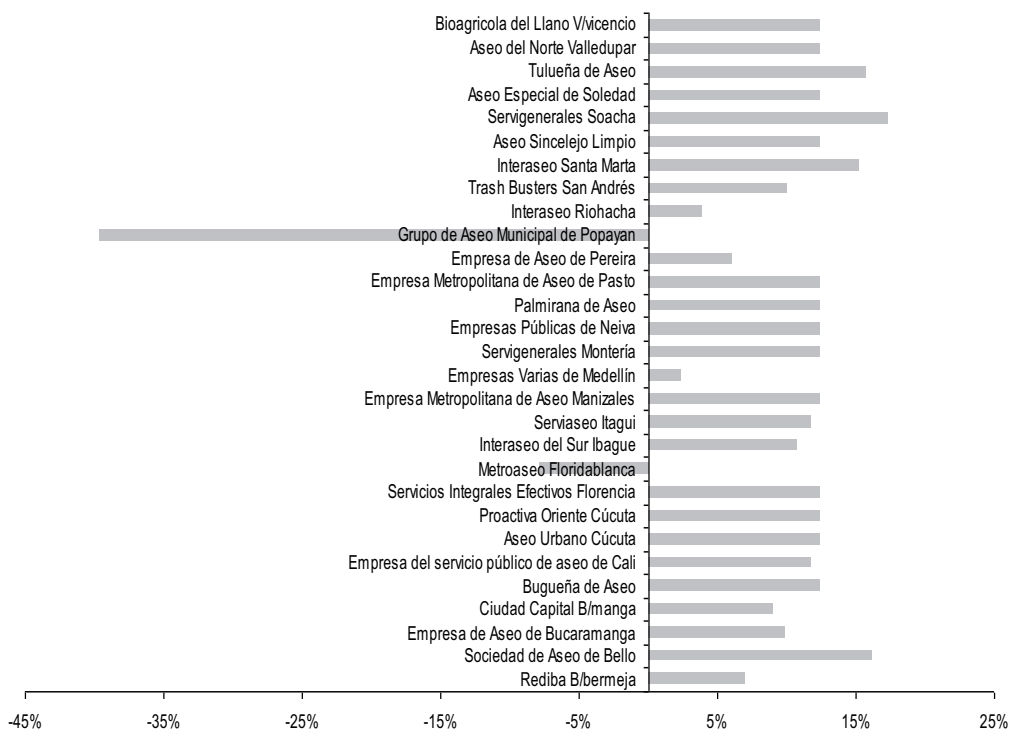
Fuente: SUI. Cálculos CRA. Pesos diciembre de 2008. (\$/T).

En la Gráfica 31 se puede ver el establecimiento de los costos techo para este componente, dado que al aislar el efecto del tramo excedente se observa que la mayoría de los prestadores se acogen al valor máximo en las dos metodologías, especialmente en los resultados de la Resolución CRA 151 de 2001. Las barras que indican los valores para la metodo-

logía vigente, presentan algunos prestadores como Tulueña de Aseo, Servigenerales de Soacha, Interaseo de Santa Marta y la Sociedad de Aseo de Bello superiores al techo, los cuales han presentado particularidades tales como ser mercados aislados, factor de ajuste por costas, o modificación por valor de los peajes; variables que modifican el valor del CRT.

Como se puede ver en la Gráfica 32, la variación del valor del transporte entre una metodología y la otra ha sido positiva en la mayoría de los casos, con un valor promedio de 2%.

**Gráfica 32. Variación Transporte**



Fuente: SUI. Cálculos CRA. (Porcentaje).

#### 5.4. Medición de residuos

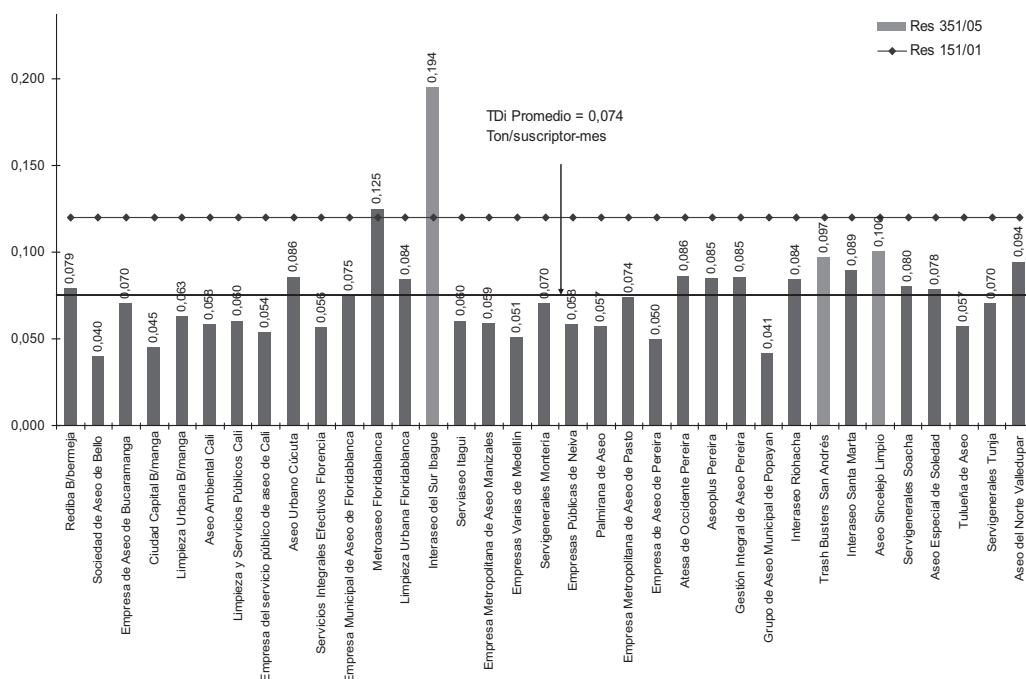
De acuerdo con los resultados que han sido presentados anteriormente, se ha demostrado la influencia de la variable de producción de residuos sólidos por suscriptor – TDi, dentro del valor final de la factura que llega a cada usuario.

En este sentido, resulta relevante conocer cuál ha sido la variación de los TDi de cada empresa, respecto al valor que se incluía en las tarifas de la metodología anterior, 120 kilogramos/suscriptor/mes. La Gráfica 33 presenta los TDi reportados por los prestadores

de la muestra para el mes de octubre de 2008. Se puede ver que la producción promedio de residuos sólidos para los prestadores elegidos, es de 74 Kilogramos/suscriptor/mes, cifra inferior a la cobrada con la metodología anterior.

La mayoría de los prestadores (90% de la muestra) han presentado valores de TDi inferiores a 120 Kilogramos/suscriptor/mes. Únicamente dos empresas Metroaseo de Floridablanca e Interaseo de Ibaguë, presentan una medición de residuos superior al valor establecido anteriormente, 120 Kilogramos/suscriptor/mes.

**Gráfica 33. TDi reportado (Res. CRA 351 de 2005)  
vs. PPU (Res. CRA151 de 2001)**



Fuente: SUI. Datos Octubre de 2008.

La Tabla 16 presenta un resumen con las estadísticas descriptivas del TDi para los años 2007 y 2008.

**Tabla 16. Estadísticas descriptivas para la TDi (Kilogramos/suscriptor)**

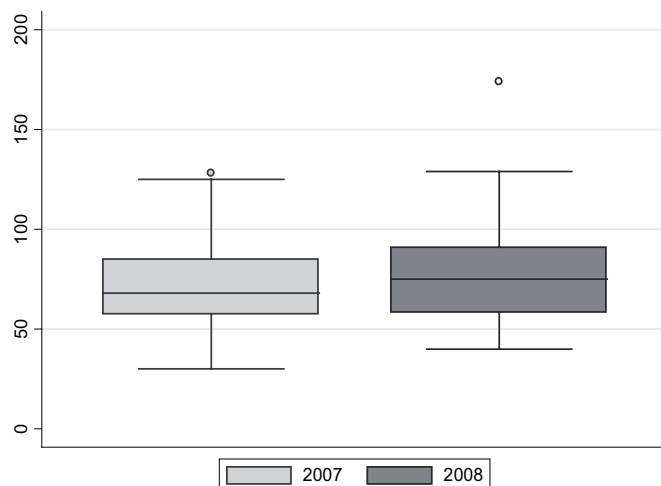
Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
TDi_2007	29	72.62069	25.3904	30	128
TDi_2008	31	78.70968	27.51023	40	174

Fuente: SUI Cálculos CRA.

La gráfica de caja para estas variables permite afirmar que los datos de producción de residuos sólidos por suscriptor exhiben una distribución que se aproxima a la normalidad. Además, el TDi del año 2008 presenta mayor homogeneidad en los datos en comparación al año 2007.

Sin embargo, para ambos años existen valores extremos ubicados en la barrera exterior superior de la caja. En el caso del año 2007 este dato corresponde a la empresa Servigenerales de Montería (128 Kilogramos/suscriptor/mes), mientras que en el año 2008, este dato hace referencia a la empresa Interaseo del Sur de Ibagué (194 Kilogramos/suscriptor/mes).

**Gráfica 34. Caja de valores extremos para el TDi (Kilogramos/suscriptor)**

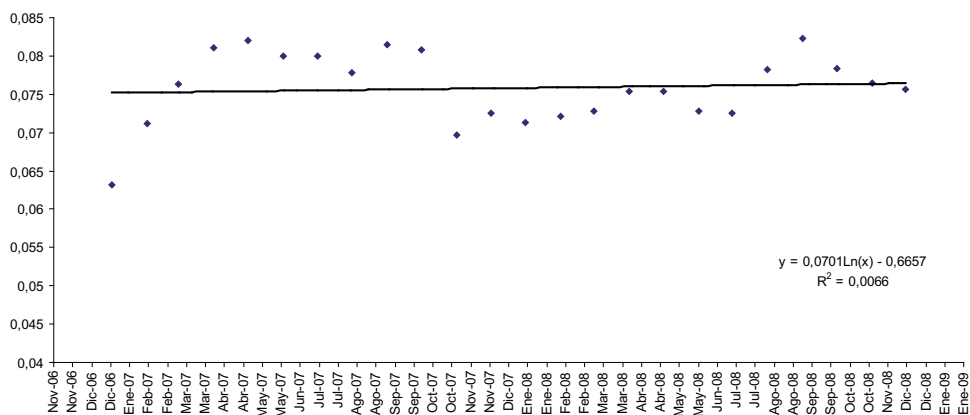


Fuente: SUI. Cálculos CRA.

Adicionalmente, resulta de utilidad analizar la variación mensual de esta variable. En la Gráfica 35 se presenta la variación mensual de las toneladas de residuos sólidos presentados por cada suscriptor desde enero de 2007 hasta

diciembre de 2008. Se encuentra que para esta muestra de empresas en particular la tendencia de producción permanece constante, no crece ni decrece.

**Gráfica 35. TDi mensual reportado Res. CRA 351 de 2005 (Kilogramos/suscriptor)**



Fuente: SUI. Cálculos CRA.

#### 5.4.1. Efecto de la medición en las facturas

Con el propósito de derivar conclusiones adicionales en relación con la implementación de la metodología tarifaria de las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005, en particular, con el efecto de la medición de residuos sólidos por área de prestación, se realizó un ejercicio de comparación entre la tarifa para estrato 4 actualmente aplicada por los prestadores del servicio de aseo, y aquella que resultaría de aplicar los costos de la Resolución CRA 351 de 2005 con el parámetro fijo de producción de residuos (PPU) señalado en la Resolución CRA 151 de 2001. Como resultado de este ejercicio se obtiene una tarifa hipotética que al ser contrastada con la tarifa actual permitirá concluir la variación porcentual de la tarifa que es explicada únicamente por la medición de residuos.

El desarrollo de este ejercicio implicó realizar los siguientes cálculos:

- La tarifa para los componentes de recolección y transporte, transporte por tramo excedente y disposición final, se obtuvo del producto de dos variables: el parámetro fijo de producción de residuos de la metodología tarifaria anterior (PPU = 120 Kilogramos/suscriptor/mes) y el costo respectivo de cada componente.

Para el cálculo de estas tarifas no fue posible adicionar el costo asociado a la recolección, transporte y disposición de las toneladas recogidas de barrido y limpieza, debido a que esta información no se encuentra disponible.

Como consecuencia, las tarifas para los tres componentes mencionados, así como aquella que hace referencia al componente de comercialización y recaudo variable, pueden ser menores que aquellas cobradas por los prestadores en el municipio<sup>22</sup>.

- La tarifa para el componente de barrido y limpieza se obtuvo de la información reportada por el prestador, por lo que esta variable incluye además del costo de barrido y limpieza adoptado por este, el factor del costo promedio para barrido y limpieza de vías y áreas públicas en los eventos en que existe más de un prestador.

Igualmente, debe señalarse que este ejercicio se realizó con aquellos prestadores que disponían de información para todos los costos y tarifas del servicio, y que a su vez reportan valores de toneladas presentadas para recolección por suscriptor (TDi) menor a 120 Kilogramos/suscriptor/mes, con el fin de asegurar la verificación entre datos comparables.

Los resultados de este ejercicio se presentan en la Tabla 17. Esta información permite señalar que si la expedición de la Resolución CRA 351 de 2005 no se hubiera implementado con una política de aproximación a la medición de los residuos sólidos presentados por suscriptor, tal y como está establecida en la Resolución CRA 352 de 2005, las tarifas finales percibidas por el suscriptor hubieran sido en promedio 54,2% más altas.

<sup>22</sup> La Tarifa del Manejo de Recaudo Variable se calcula como  $TMR_v = (TRT + TTE + TDT) * 0.075$

Tabla 17. Comparación de factura para el estrato 4, con PPU vs. TDi

MUNICIPIO	EMPRESA	Ti con 120 Kilogramos/suscriptor/mes	Ti reportada	Porcentaje de variación
Bello	Sociedad de Aseo de Bello	16.310,3	6.953,3	134,6%
Bucaramanga	Empresa de Aseo de Bucaramanga	15.761,0	12.052,0	30,8%
Bucaramanga	Ciudad Capital	14.482,2	7.940,0	82,4%
Cali	Empres del Servicio Público de Aseo de Cali	16.892,7	10.440,6	61,8%
Cúcuta	Aseo Urbano	15.118,0	11.713,0	29,1%
Florencia	Servicios Integrales Efectivos	18.868,1	9.893,0	90,7%
Floridablanca	Empresa Municipal de Aseo de Floridablanca	14.043,6	9.850,0	42,6%
Itagüí	Serviaseo Itagüí	15.018,3	8.822,9	70,2%
Manizales	Empresa Metropolitana de Aseo	17.348,8	11.127,4	55,9%
Medellín	Empresas Varias de Medellín	19.030,6	10.451,0	82,1%
Montería	Servigenerales	15.912,4	10.858,2	46,5%
Neiva	Empresas Públicas de Neiva	14.992,3	8.162,1	83,7%
Palmira	Palmirana de Aseo	19.167,4	11.843,3	61,8%
Pasto	Empresa Metropolitana de Aseo de Pasto	16.911,4	11.792,5	43,4%
Pereira	Empresa de Aseo de Pereira	16.600,0	9.854,9	68,4%
Pereira	Aseoplus Pereira	16.134,5	12.803,8	26,0%
Santa Marta	Interaseo	16.861,4	14.046,0	20,0%
Sincelejo	Aseo Sincelejo Limpio	17.412,4	14.931,0	16,6%
Soacha	Servigenerales	12.878,6	8.485,0	51,8%
Soledad	Aseo Especial de Soledad	13.266,6	9.681,2	37,0%
Tuluá	Tulueña de Aseo	15.615,3	9.697,1	61,0%
Tunja	Servigenerales	18.293,3	12.613,2	45,0%
Valledupar	Aseo del Norte	15.813,0	12.782,8	23,7%
Villavicencio	Bioagrícola del Llano	15.932,1	11.709,7	36,1%
	<b>Promedio</b>	<b>16.194,4</b>	<b>10.771,0</b>	<b>54,22%</b>

Fuente: SUI. Cálculos CRA.



## 6. COMPETENCIA

Este capítulo presenta algunos ejercicios analíticos con el propósito de obtener conclusiones relacionadas con el efecto de la competencia en el mercado del servicio de aseo.

En primer lugar, se desarrolló un análisis de varianza (ANOVA)<sup>23</sup> para determinar si existen diferencias en las tarifas fijadas entre aquel grupo de empresas que enfrentan competencia de otros operadores, frente a aquellos operadores que son únicos en el municipio.

Adicionalmente, se calcularon índices de concentración para el mercado relevante del servicio de aseo y se analizó su correlación con los costos fijados por las empresas, con el fin de determinar si existe alguna tendencia entre estas variables.

Al respecto, debe mencionarse que uno de los aspectos esenciales desde el punto de vista económico para desarrollar análisis de competencia es la definición del mercado relevante, es decir, aquel sobre el cual recae el comportamiento objeto de interés, o aquel que podría distorsionarse por la realización de prácticas anticompetitivas. En los términos previstos por la Comisión Europea de la Competencia (97/C372/03) el mercado relevante comprende “la totalidad de los productos y servicios que los consumidores consideran intercambiables o sustituibles en razón de sus características, su precio o el uso que se prevea hacer de ellos.”

El mercado relevante se define a nivel de producto o servicio y a nivel geográfico. La identificación del mercado del producto o servicio implica analizar el nivel de sustituibilidad desde la demanda y la oferta del mismo. Por

el lado de la demanda, se tiene en cuenta la satisfacción por parte del consumidor de la misma necesidad a través de diferentes bienes o servicios. Por el lado de la oferta, se verifica si el bien o servicio puede ser provisto no sólo por los oferentes actuales, sino también por proveedores potenciales.

Desde el punto de vista geográfico, la definición del mercado relevante comprende analizar las posibilidades de sustitución en la demanda y en la oferta teniendo en cuenta referentes geográficos. En el caso de la demanda se examina la facilidad con la que los consumidores de un área determinada pueden abastecerse de productores que operan en otras áreas, mientras que la sustitución por el lado de la oferta implica evaluar la posibilidad de que algunos oferentes pueden proveer el bien o servicio en áreas distintas a aquellas en las que operan habitualmente.

Al tener en cuenta estas consideraciones, se concluyó que el mercado relevante para el análisis de competencia en el servicio aseo es el mercado de recolección y transporte a nivel municipal<sup>24</sup>.

En efecto, la evaluación de otros componentes del servicio de aseo permitió concluir que no era necesario considerar su incorporación. El componente de disposición final tiene

<sup>23</sup> Este análisis hace referencia a la comparación de las medias (promedios) entre grupos teniendo en cuenta la dispersión que existe entre las variables. Para ello, el ANOVA parte de descomponer la variación total de la muestra en dos componentes: Variación entre grupos y Variación intragrupos.

<sup>24</sup> El estudio de “Concentración de la Propiedad en el Mercado del Servicio de Aseo” contratado por la SSPD señala que la comercialización es la actividad que recoge la relación entre el prestador y el usuario, la cual incluye las actividades de recolección y transporte y barrido y limpieza y, por ende, se define la comercialización como el mercado relevante desde el punto de vista del producto. Desde el punto de vista geográfico se define el mercado relevante el conformado por municipios y en algunos casos a conjuntos “conurbados” que conforman áreas metropolitanas. Sin embargo, a pesar de estas consideraciones, en este estudio la medición de la concentración y el análisis de competencia se hace sobre mercados de dimensión geográfica más amplia, en particular, sobre mercados departamentales. La actividad de disposición final se excluye dado que no hay un servicio sustituto a la misma.

características de monopolio natural debido a la presencia de costos hundidos elevados. El componente de comercialización se asocia directamente al componente de recolección y transporte dado que en general los operadores que efectúan la recolección y transporte de residuos son aquellos que gestionan la facturación del mismo. Por otra parte, si bien la actividad de barrido y limpieza puede ser efectuada por varios operadores en el municipio, para el suscriptor del servicio esta actividad es de algún modo indiferente, dado que el suscriptor asocia de manera directa la prestación del servicio de aseo con el operador que recoge los residuos frente a su predio. Como consecuencia, se concluye que para el usuario final el operador de recolección y transporte se convierte en el referente natural de prestación del servicio<sup>25</sup>.

### 6.1. Análisis de varianza

Como se mencionó anteriormente, el análisis de varianza permite comprobar la hipótesis acerca de que no existen diferencias entre grupos de observaciones. En este caso, el análisis se desarrolló para dos grupos de empresas: i) Prestadores del servicio de recolección que enfrentan competencia. Este grupo quedó conformado por los municipios

de Bucaramanga, Cali, Cúcuta, Floridablanca, Pereira e Ibagué; y ii) Prestadores del servicio de recolección sin competencia, es decir, únicos en el mercado. Por tanto, la hipótesis nula ( $H_0$ ) que se verificó mediante el análisis ANOVA es la igualdad de medias (promedios) para algunas variables que han sido objeto de estudio entre los dos grupos de empresas.

Debido a que el análisis de varianza se sustenta en el supuesto de normalidad de los datos, se desarrolló el análisis de varianza con base en aquellas variables que mostraron cumplir con este supuesto de normalidad. Los resultados de la prueba de normalidad de las variables incorporadas, se presentan en el Anexo 1. Adicionalmente, se excluyeron aquellas variables que si bien mostraron tener una distribución normal, no debían incorporarse dada la definición de mercado relevante, como es el caso de la Tarifa de Disposición Final. Como consecuencia, el ANOVA se desarrolló sobre cuatro variables: Tarifa de Recolección y Transporte (TRT), la Tarifa de Barrido y Limpieza (TBL), la Tarifa de Tramo Excedente (TTE) y la Tarifa Final de Estrato 4 asociadas a la metodología tarifaria vigente. El resumen de los resultados del análisis de varianza se presenta en la Tabla 18<sup>26</sup>.

**Tabla 18. Resultados del análisis ANOVA**

Variable	F	Prob>F	Resultado
TRT_351	1.30	0.2623	No rechazar $H_0$
TBL_351	1.96	0.1722	No rechazar $H_0$
TTE_351	0.30	0.5992	No rechazar $H_0$
Tarifa E4_351	2.91	0.0972	No rechazar $H_0$

Fuente: SUI. Cálculos CRA.

<sup>25</sup> Además se debe señalar que en general el operador del servicio de recolección de residuos sólidos no coincide con el operador del sitio de disposición final.

<sup>26</sup> Debe señalarse que si bien la tarifa del componente de disposición final de la metodología tarifaria vigente (TDT\_351) cumple con el criterio de normalidad, se decidió no incorporar esta variable en el análisis de varianza debido a que la actividad de disposición final se caracteriza por funcionar como un monopolio y no como un mercado en competencia. Además, en ocasiones el operador de la actividad de disposición final no corresponde con el operador de las actividades de recolección y transporte, y barrido y limpieza.

Los resultados permiten concluir que no existen diferencias en los valores de las variables analizadas entre los dos grupos de empresas que se compararon. En otras palabras, es posible afirmar que los valores promedio de las variables que se analizaron entre los dos grupos (Prestadores con competencia y Prestadores sin competencia) son estadísticamente iguales, y por tanto, no existe diferencia

significativa entre ellas. Como consecuencia, estos resultados permiten señalar que las tarifas entre prestadores no están influenciadas por la competencia que enfrentan.

De otra parte, la Tabla 19 presenta los valores promedio para los costos y tarifas de la aplicación de la metodología tarifaria vigente, para los prestadores de la muestra.

**Tabla 19. Valores promedio de la muestra de prestadores que tienen competencia vs. prestadores que no tienen competencia**

Variables de análisis	Valores promedio para Prestadores en Competencia	Valores promedio para Prestadores sin Competencia
CRT_351 (\$/T.)	67.003,8	69.111,5
CBL_351 (\$/km.)	17.429,1	17.432,5
CDT_351 (\$/T.)	22.864,5	30.714,3
CTE_351 (\$/T.)	10.958,3	14.974,5
TBL_351 (\$/Suscriptor)	2.688,6	2.191,9
TRT_351 (\$/Suscriptor)	4.282,6	4.708,8
TDT_351 (\$/Suscriptor)	1.675,5	2.249,6
TTE_351 (\$/Suscriptor)	559,6	751,1
TFR_351 (\$/Suscriptor)	1.439,0	1.650,3
TARIFA_351 (\$/Suscriptor)	9.520,2	10.766,4

Fuente: SUI. Cálculos CRA.

Las cifras de la tabla permiten verificar que no existen diferencias importantes en el valor promedio de los costos y tarifas derivadas de las Resoluciones CRA 351 y CRA 352 entre grupos de prestadores, lo cual es consistente con el procedimiento del análisis de varianza ANOVA.

## 6.2. Nivel de concentración

El análisis del nivel de concentración se desarrolló por medio del cálculo del índice de

*Herfindal Hirschmann* -HHI<sup>27</sup>, el cual permite medir el grado de concentración de cualquier mercado. Este índice es mayor en la medida en la que sea menor el número de operadores en el mercado y cuanto más desiguales sean sus participaciones. Por tanto, en la medida en la que este índice se acerque a 10.000,

<sup>27</sup> El índice HHI se calcula como el producto de la suma del cuadrado de las participaciones de cada una de las empresas que participan en el mercado.

implica que la estructura de mercado es más concentrada.

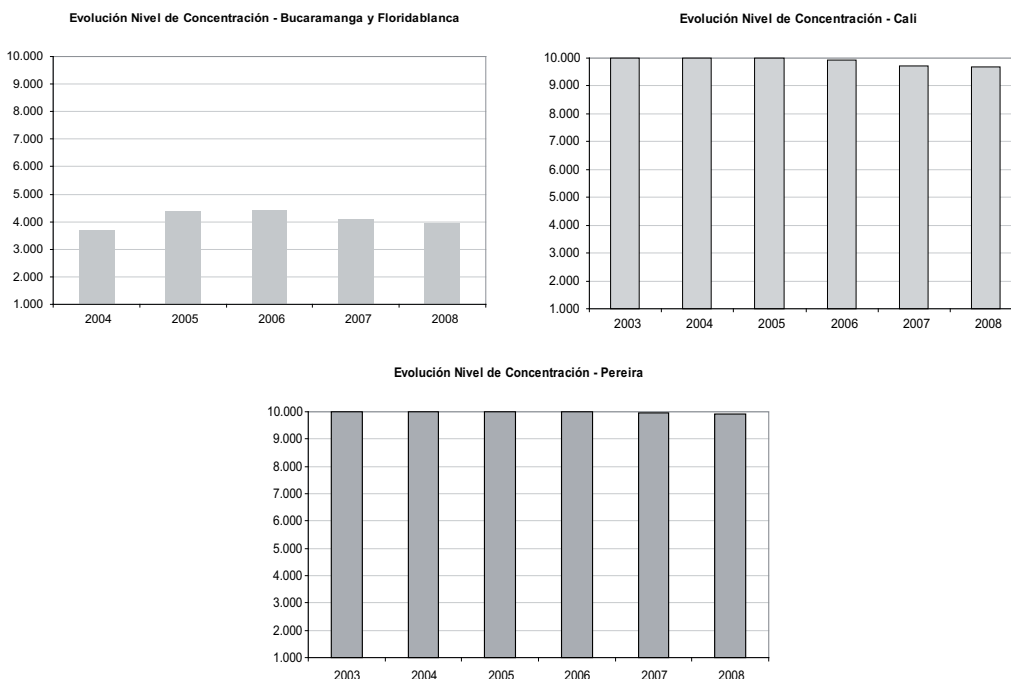
El valor del HHI permite clasificar los mercados en tres segmentos: i) Mercados competitivos o no concentrados, con un HHI menor a 1.000; ii) Mercados moderadamente concentrados con un valor de HHI entre 1.000 y 1.800; y iii) Mercados altamente concentrados, en los cuales el HHI es superior a 1.800<sup>28</sup>.

Para analizar el nivel de concentración del mercado en el servicio de aseo se calculó el HHI con base en el número total de suscriptores del servicio de recolección y transporte. En aquellas ciudades donde solo existe un prestador del servicio de recolección, el HHI es igual

a 10,000 e implica que no existe competencia en el mercado.

Las gráficas que se muestran a continuación muestran la evolución del HHI en el período 2003-2008 para las ciudades de la muestra que enfrentan competencia. Los resultados del cálculo del HHI permiten concluir que el nivel de concentración en los mercados municipales sigue siendo relativamente alto, lo cual implica que los mercados se encuentran altamente concentrados a pesar de la existencia de más de un prestador del servicio de recolección. El área de Bucaramanga y Floridablanca es la que exhibe mayor nivel de competencia, mientras que Cali y Pereira muestran un nivel de competencia menor.

**Gráfica 36. Índice de Concentración HHI para las ciudades en las cuales se presenta más de un prestador**



Fuente: SUI. Cálculos CRA.

<sup>28</sup> "Horizontal Merger Guidelines" .

Vale señalar que para el caso de Cúcuta, el valor del HHI para el año 2008 es 5,554.7. Sin embargo, debe recordarse que este municipio tenía dos áreas de servicio exclusivo hasta el año 2008, razón por la cual este valor debe considerarse como un valor de referencia exclusivamente.

En general se espera que aquellos mercados que se caracterizan por exhibir un menor nivel de concentración presenten menores costos de prestación del servicio, dado la competencia que se generaría entre los prestadores por mantener un mayor número de suscriptores. Como consecuencia, se esperaría encontrar una relación directa (o positiva) entre nivel de concentración y nivel de costos. Para evidenciar esta hipótesis se graficó el nivel de concentración en relación con el costo de recolección y transporte y el costo de comercialización.

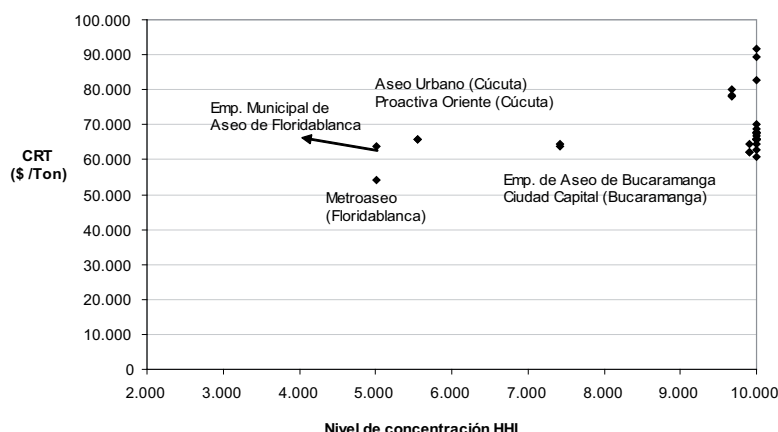
Se evidencia que no existen mayores diferencias en los costos fijados entre aquellos prestadores del servicio de recolección y transporte que son los únicos en el mercado (con un HHI cercano o igual a 10,000), de los costos fijados por los operadores que enfrentan competencia en el mercado. Sin embargo,

se destaca que el menor valor del CRT para las empresas de la muestra corresponde a la empresa Metroaseo en Floridablanca.

Según la Gráfica 37 no se observa una relación positiva entre el grado de concentración y el nivel de costos para las ciudades de la muestra. En efecto, se evidencia que no existen mayores diferencias en los costos fijados entre aquellos prestadores del servicio de recolección y transporte que son los únicos en el mercado (con un HHI igual a 10,000), de los costos fijados por los operadores que enfrentan competencia en el mercado. Sin embargo, se destaca que el menor valor del CRT para las empresas de la muestra corresponde a la empresa Metroaseo en Floridablanca. Además, se observa que las empresas Aseo Urbano y Proactiva de Oriente, prestadores de Cúcuta aplican el mismo costo para esta actividad.

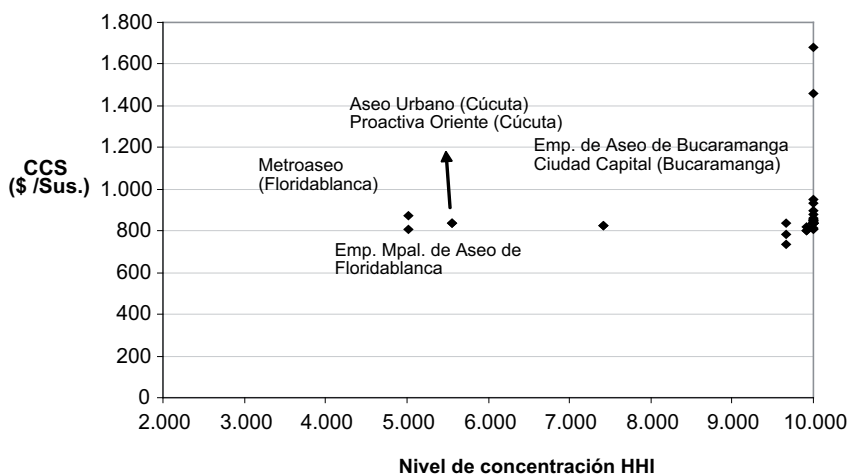
De igual modo la Gráfica 38 permite evidenciar que los costos de comercialización por factura entre los prestadores no se diferencian entre los prestadores que enfrentan competencia en el mercado, de aquellos que son los únicos proveedores del servicio de recolección.

**Gráfica 37. Costo de Recolección y Transporte vs. Nivel de Concentración (Pesos dic. 2008)**



Fuente: Cálculos CRA.

**Gráfica 38. Costo de Comercialización por Factura vs. Nivel de Concentración (Pesos dic. 2008)**



Fuente: SUI. Cálculos CRA.

Adicionalmente, y con el objeto de verificar la relación entre el grado de concentración y los costos de los prestadores (costo de recolección y transporte y costo de comercialización por factura), se calculó la correlación entre estas variables. Los resultados de este análisis confirman la no existencia de relación entre estas<sup>29</sup>.

### 6.3. Análisis comparativo entre prestadores

Con el propósito de complementar el análisis presentado en el numeral anterior, a continuación se presenta una comparación entre las variables relevantes dentro de la

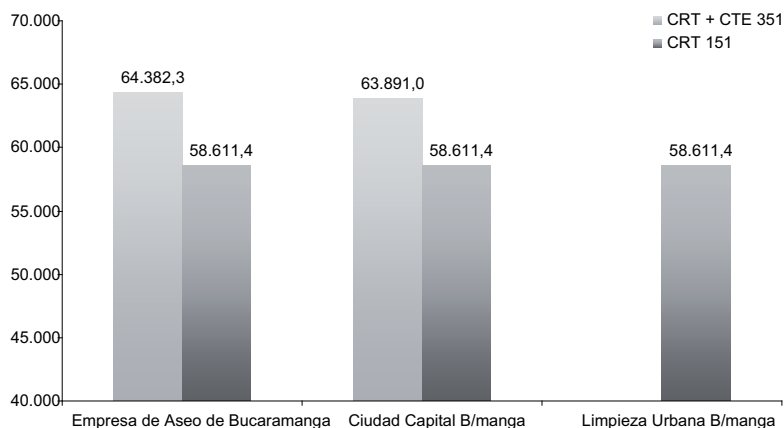
metodología para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo, de los prestadores que se enfrentan en competencia en el municipio. En particular, se realiza la comparación de costos, tarifas y TDi de los prestadores.

#### 6.3.1. Bucaramanga

En la ciudad de Bucaramanga actualmente se encuentran prestando el servicio las empresas Ciudad Capital, Limpieza Urbana y Empresa de Aseo de Bucaramanga, las cuales reportaron información para las dos metodologías objeto de comparación en este documento, lo cual indica que su presencia en el mercado es anterior al año 2005.

<sup>29</sup> La prueba de correlación de Pearson efectuada entre el HHI y el costo de recolección, y entre el HHI y el costo de comercialización por factura determinó que no es posible rechazar la hipótesis nula de que las variables no están correlacionadas. En ambos casos el p-valor fue mayor al 0.05. Para el costo de recolección fue del 0.0755 y para el costo de comercialización fue de 0.6796.

**Gráfica 39. CRT Prestadores de la ciudad de Bucaramanga (\$/T)**

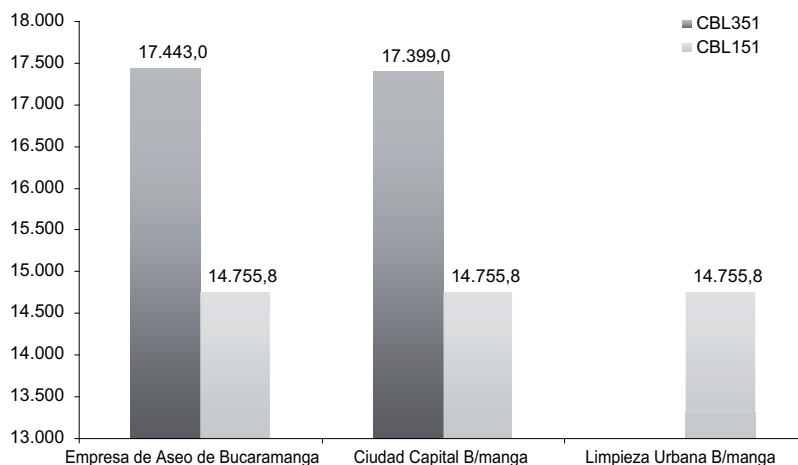


Fuente: SUI; Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La comparación del CRT muestra que con la entrada en vigencia de la metodología contenida en la Resolución CRA 351 de 2005, el costo de recolección y transporte ha aumentado para Ciudad Capital y Empresa de Bucaramanga. Asimismo, al hacer la compara-

ción entre las empresas, se puede ver que con la metodología anterior, los tres prestadores presentaban el mismo valor de CRT, mientras que con la metodología actual Ciudad Capital presenta un valor inferior a la Empresa de Aseo de Bucaramanga.

**Gráfica 40. CBL Prestadores de la ciudad de Bucaramanga (\$/km y \$/T)**



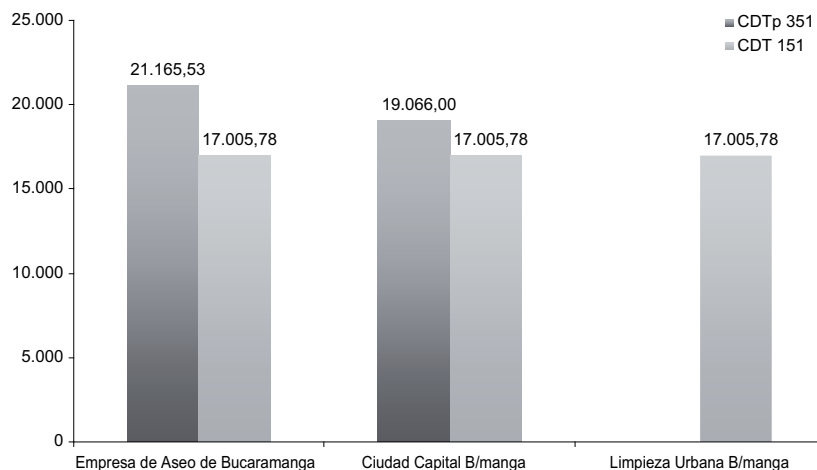
Fuente: SUI; Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Para el CBL se observa que, al igual que en el CRT, el costo ha aumentado con la entrada en vigencia de la metodología CRA 351 de 2005. Sin embargo, debe tenerse en cuenta

que, como se mencionó anteriormente, estos costos no son comparables directamente debido a la diferencia entre unidades. Igualmente se observa que con la aplicación de la

metodología tarifaria anterior todos los prestadores mantenían el mismo costo, mientras que con la metodología vigente Ciudad Capital presenta un valor inferior que Empresa de Aseo de Bucaramanga.

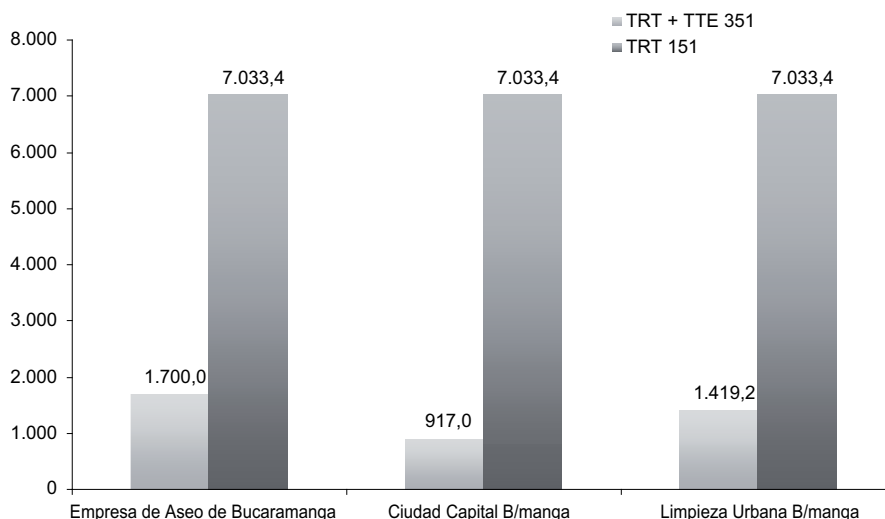
**Gráfica 41. CDT Prestadores de la ciudad de Bucaramanga (\$/T)**



Fuente: SUI; Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto al CDT se observa el mismo efecto que con los costos anteriores, puesto que con la metodología anterior, todos los prestadores reportaban el mismo valor de CDT, mientras que con la metodología vigente este valor es inferior para Ciudad Capital.

**Gráfica 42. TRT Prestadores de la ciudad de Bucaramanga (\$/suscriptor)**



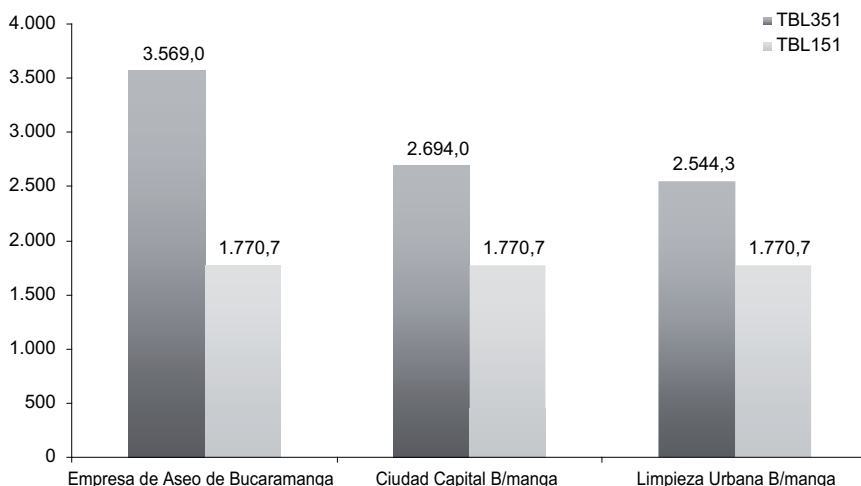
Fuente: SUI; Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008



La TRT presenta una disminución con la entrada en vigencia de la metodología de la Resolución CRA 351 de 2005, a diferencia del CRT presentado. Esta disminución se debe a la inclusión de la medición de los residuos sólidos

presentados por cada grupo de suscriptores. También se observa que el prestador que menor valor presenta es Ciudad Capital, mientras que la Empresa de Aseo de Bucaramanga exhibe el mayor costo.

**Gráfica 43. TBL Prestadores de la ciudad de Bucaramanga (\$/suscriptor)**

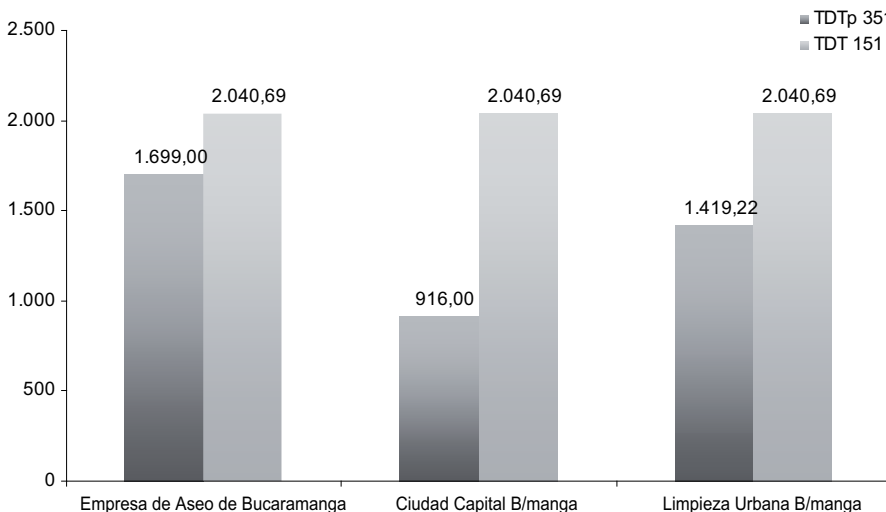


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TBL presenta valores superiores bajo la metodología actual. No obstante, se presentan diferencias entre los prestadores, siendo

Limpieza Urbana la empresa que menor valor de TRT ha reportado, y Empresa de Aseo de Bucaramanga la de mayor valor.

**Gráfica 44. TDT Prestadores de la ciudad de Bucaramanga (\$/suscriptor)**

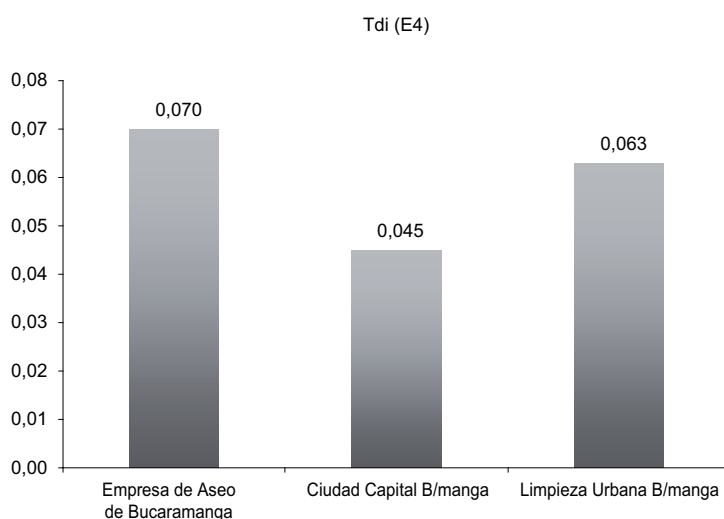


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto a la TDT se presenta una disminución para todos los prestadores con la entrada en vigencia de la Resolución CRA 351 de 2005. La Empresa de Aseo de Bucaramanga

es la que mayor valor de TDT ha presentado, mientras que Ciudad Capital es la que menor valor establece.

**Gráfica 45. TDi Estrato 4  
Prestadores de la ciudad de Bucaramanga (Ton/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

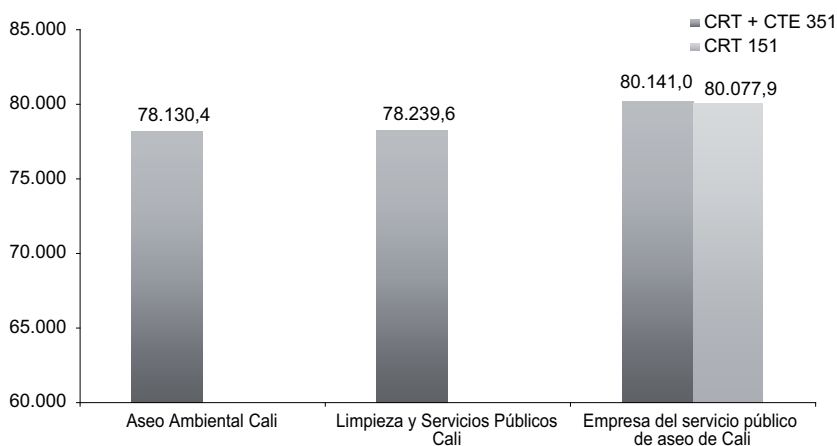
Ahora bien, al observar la variación entre los costos de referencia y las tarifas presentadas, es importante tener en cuenta la influencia de la producción de residuos sólidos de los suscriptores –TDi, medida por cada prestador, ya que esta variable es determinante en el valor final de las tarifas y la factura que llega al usuario. Ciudad Capital es el presentador que presenta la menor medición de residuos sólidos (0.045 T/suscriptor); mientras que la Empresa de Aseo de Bucaramanga presenta el mayor valor (0.07 T/suscriptor).

### 6.3.2. Cali

En la ciudad de Cali actualmente se encuentran prestando el servicio las empresas Aseo Ambiental, Limpieza y Servicios Públicos, y la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali; las cuales han reportado información para la metodología contenida en la Resolución CRA 351 de 2005, mientras que solamente la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali ha reportado información para la Resolución CRA 151 de 2001. Lo anterior indica que antes del año 2005 la Empresa del Servicio Público

de Aseo de Cali era la única empresa que se encontraba prestando el servicio de aseo y las demás empresas han entrado después de esta fecha.

**Gráfica 46. CRT Prestadores de la ciudad de Cali (\$/T)**

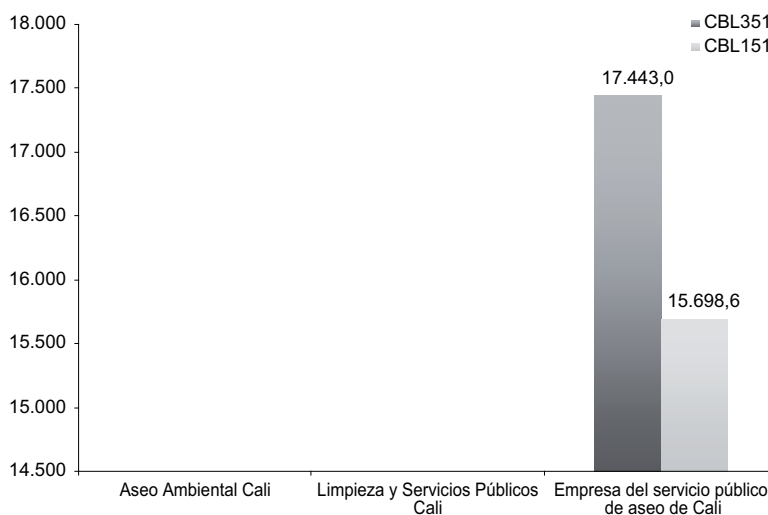


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En la Gráfica 46 se presenta la comparación del CRT para los prestadores de la ciudad de Cali; para la metodología anterior solamente presenta datos la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali, la cual no ha presentado

variación por el cambio de metodología. Al comparar los datos de la metodología vigente se encuentra que los tres prestadores mantienen valores muy similares, con diferencias de máximo \$ 1.947.

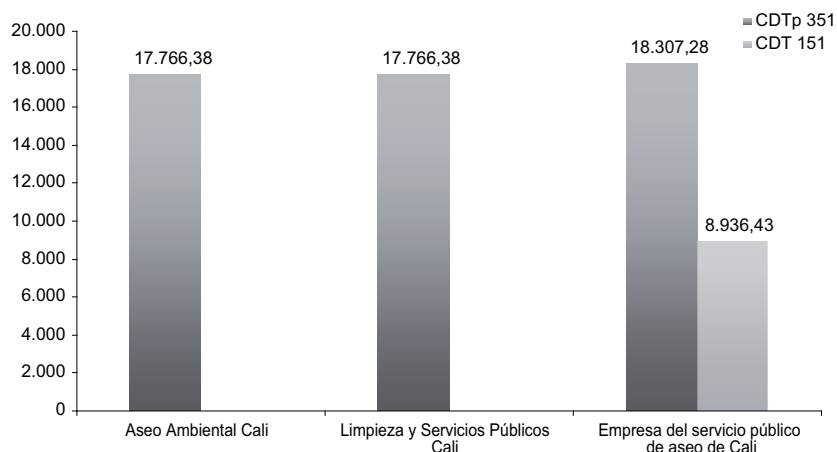
**Gráfica 47. CBL Prestadores de la ciudad de Cali (\$/km y \$/T)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Para el CBL solamente se encuentran datos de la Empresa del Servicios Público de Aseo de Cali, debido a que es esta quien presta esta actividad en la ciudad. Ahora bien, en cuanto al valor, se puede ver que con el cambio de metodología se presenta un incremento del CBL.

**Gráfica 48. CDT Prestadores de la ciudad de Cali (\$/T)**

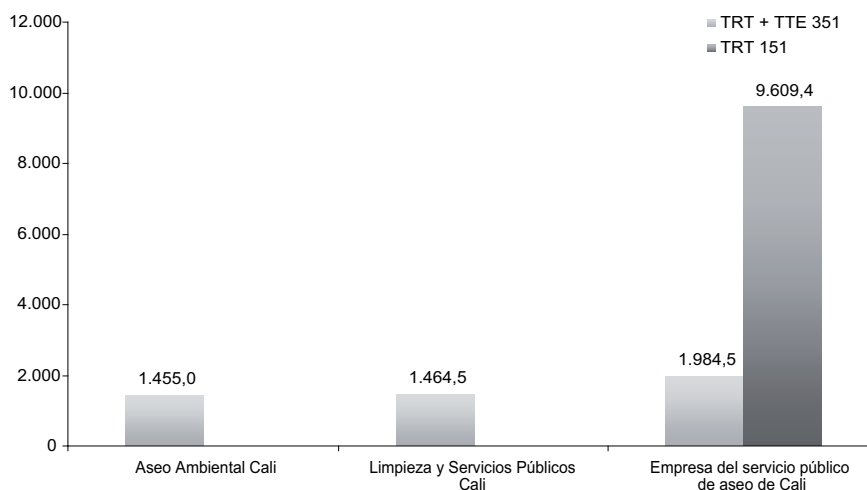


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto al CDT se observa el mismo efecto que con los costos anteriores, puesto que con la metodología anterior, solamente reporta información la Empresa del Servicios Público de Aseo de Cali. Al hacer el análisis de los valores de CDT reportados para la Re-

solución CRA 351 de 2005, se puede ver que Aseo Ambiental y Limpieza y Servicios Públicos reportan el mismo valor; mientras que la Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali tiene un valor más alto.

**Gráfica 49. TRT Prestadores de la ciudad de Cali (\$/suscriptor)**

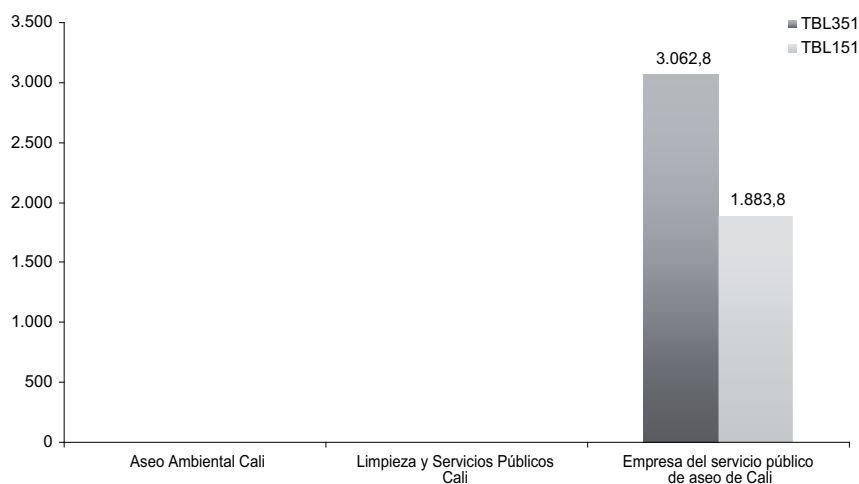


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TRT presenta una disminución con la entrada en vigencia de la metodología de la Resolución CRA 351 de 2005, en el caso de la Empresa del Servicio Público de Aseo, a diferencia del CRT presentado. Esta disminución se debe a la inclusión de la medición

de los residuos sólidos presentados por cada grupo de suscriptores. También se puede ver que nuevamente Aseo Ambiental y Limpieza y Servicios Públicos, presentan un valor muy similar entre ellas, e inferior al presentado por la Empresa del Servicio Público de Aseo.

**Gráfica 50. TBL Prestadores de la ciudad de Cali (\$/suscriptor)**

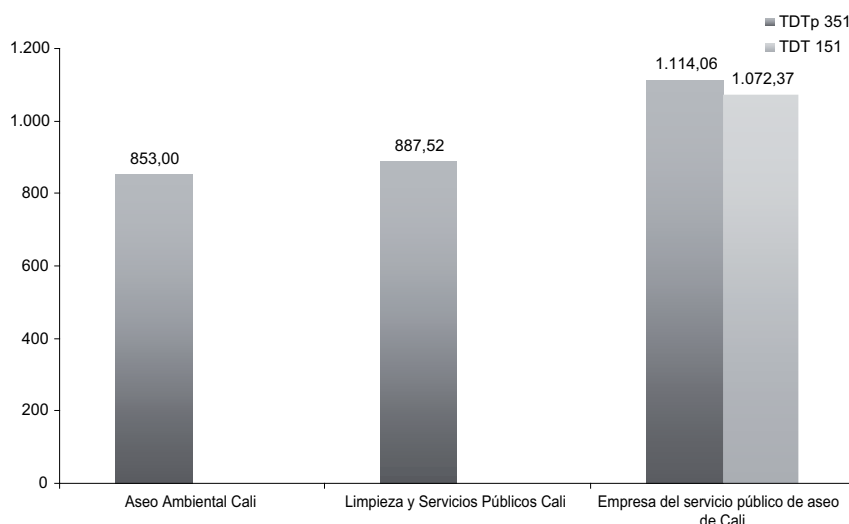


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TBL presenta valores superiores bajo la metodología actual, para la Empresa del

Servicio Público de Aseo, que es la única que reporta información sobre esta actividad.

**Gráfica 51. TDT Prestadores de la ciudad de Cali (\$/suscriptor)**

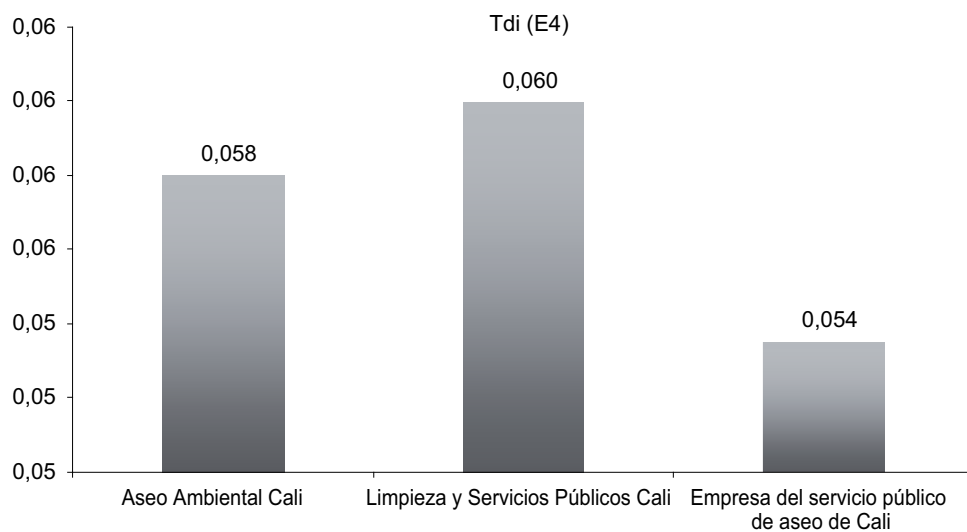


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto a la TDT se presenta disminución para Aseo Ambiental y Limpieza y Servicios Públicos con respecto al valor que se cobraba antes de la entrada en vigencia de la Resolución

CRA 351 de 2005. No obstante, nuevamente, al igual que con las demás tarifas, la Empresa del Servicio Público de Aseo reporta un valor alto.

**Gráfica 52. TDi Estrato 4  
Prestadores de la ciudad de Cali (T/suscriptor)**



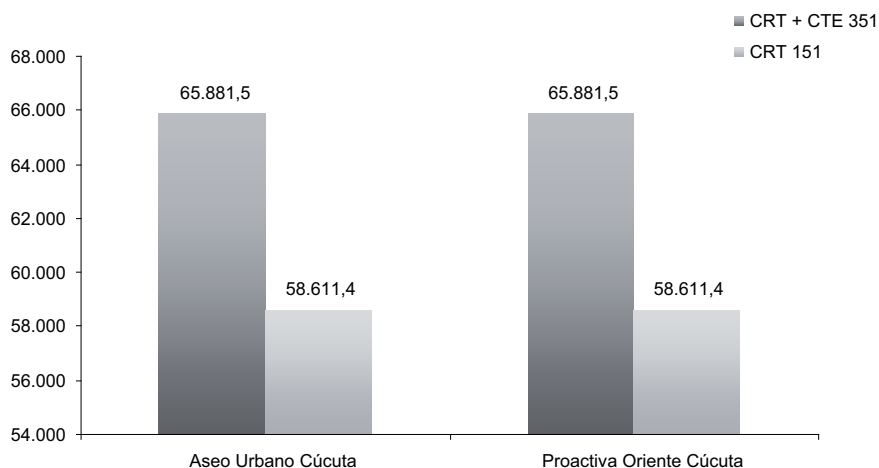
Fuente: SUI; Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

### 6.3.3. Cúcuta

Con respecto al TDi reportado por los prestadores en el municipio de Cali para el estrato 4, se puede ver que Limpieza y Servicios Públicos es quien reporta el mayor valor (0,06 T/suscriptor); mientras que los dos prestadores restantes presentan valores similares de 0,058 y 0,054 T/suscriptor).

En la ciudad de Cúcuta actualmente se encuentran prestando el servicio las empresas Aseo Urbano y Proactiva de Oriente; las cuales han reportado información para las dos metodologías objeto de análisis. Estas empresas se encuentran prestando el servicio en la ciudad desde el año 2000, en el cual se concedieron Áreas de Servicio Exclusivo, que terminaron en el año 2008.

**Gráfica 53. CRT Prestadores de la ciudad de Cúcuta (\$/T)**

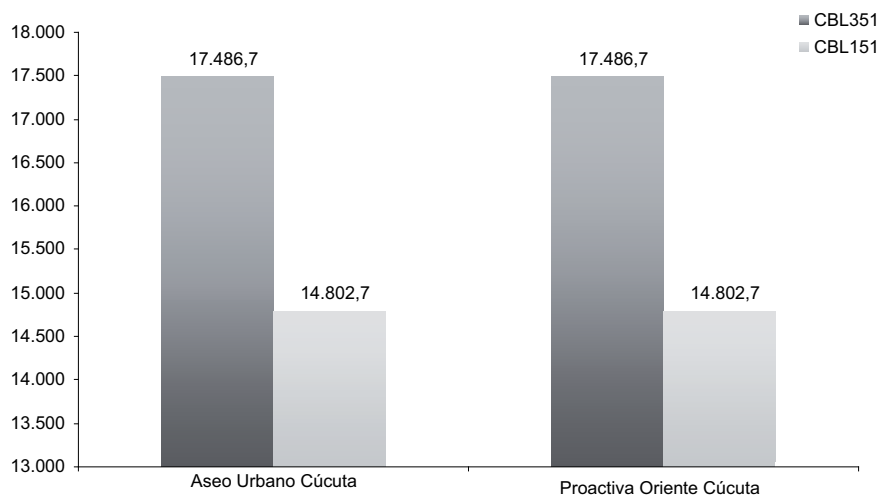


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En la Gráfica 53 se presenta la comparación del CRT para los prestadores de la ciudad de Cúcuta. Se puede ver que con la entrada en vigencia de la Resolución CRA 351 de 2005, el

CRT presentó un aumento considerable, manteniendo el mismo costo los dos prestadores de la ciudad.

**Gráfica 54. CBL Prestadores de la ciudad de Cúcuta (\$/km y \$/T)**

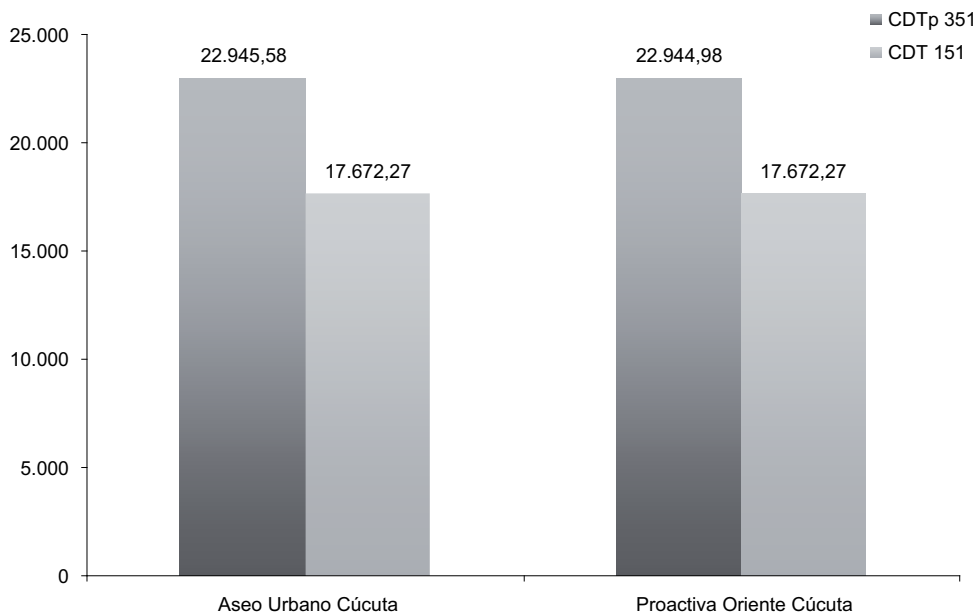


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Para el CBL se observa que el costo obtenido con la metodología vigente es superior al que reportan los prestadores con la Resolución

CRA 151 de 2001. Sin embargo, es de anotar que para las dos metodologías, los prestadores reportan valores iguales entre ellos.

**Gráfica 55. CDT Prestadores de la ciudad de Cúcuta (\$/T)**

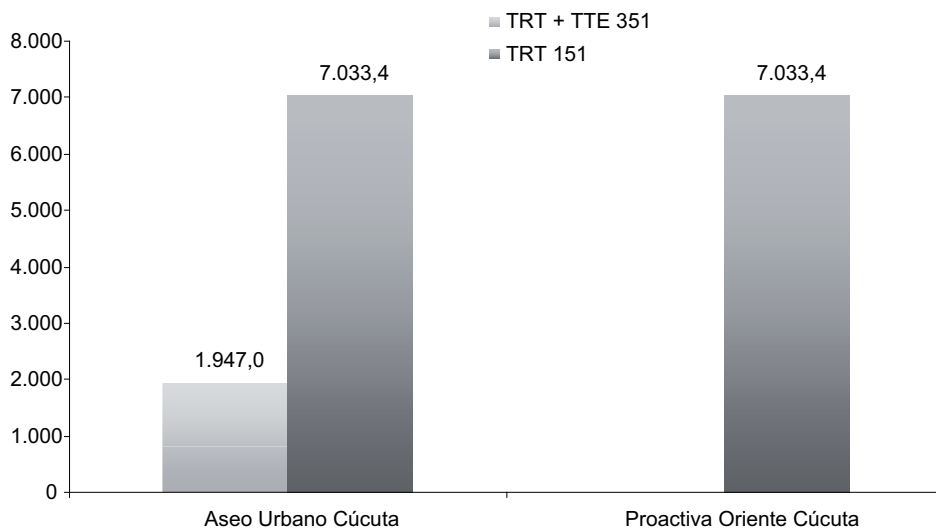


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto al CDT se observa que el costo calculado con la metodología vigente es superior al obtenido con la metodología anterior.

Nuevamente se puede ver que las empresas reportan valores iguales entre ellas, para las dos metodologías.

**Gráfica 56. TRT Prestadores de la ciudad de Cúcuta (\$/suscriptor)**



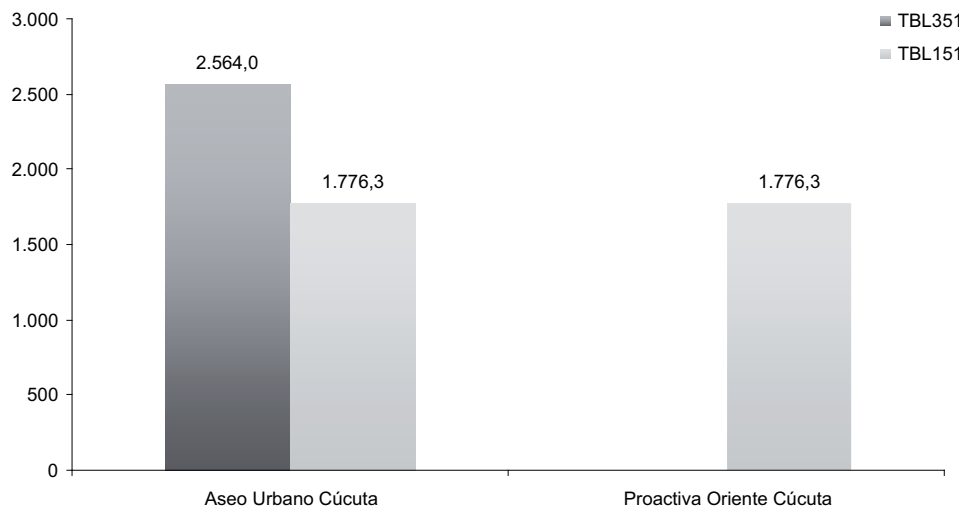
Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.



La TRT presenta una disminución con la entrada en vigencia de la metodología de la Resolución CRA 351 de 2005. Es importante

anotar que Proactiva de Oriente no ha reportado información de tarifas en el SUI, razón por la cual estos espacios aparecerán vacíos.

**Gráfica 57. TBL Prestadores de la ciudad de Cúcuta (\$/suscriptor)**

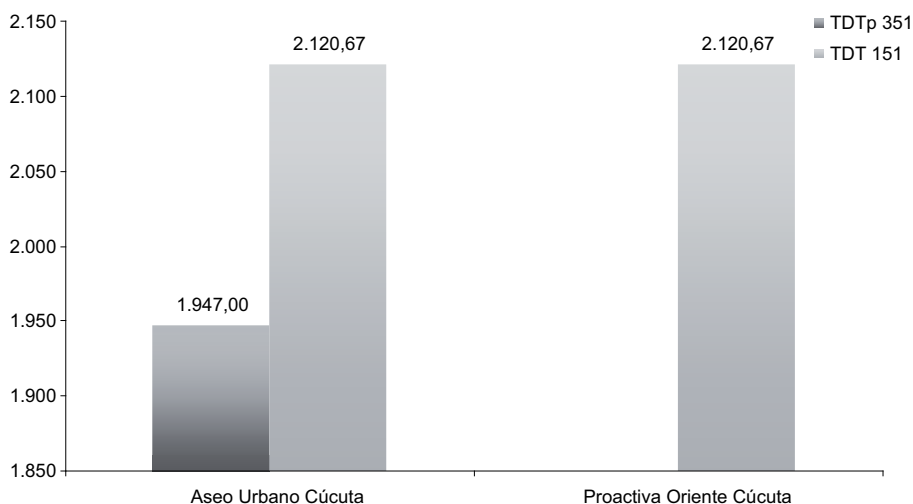


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TBL de Aseo Urbano presenta un aumento con el cambio de metodología, cabe destacar que los valores reportados con la

metodología anterior son los mismos para las dos empresas.

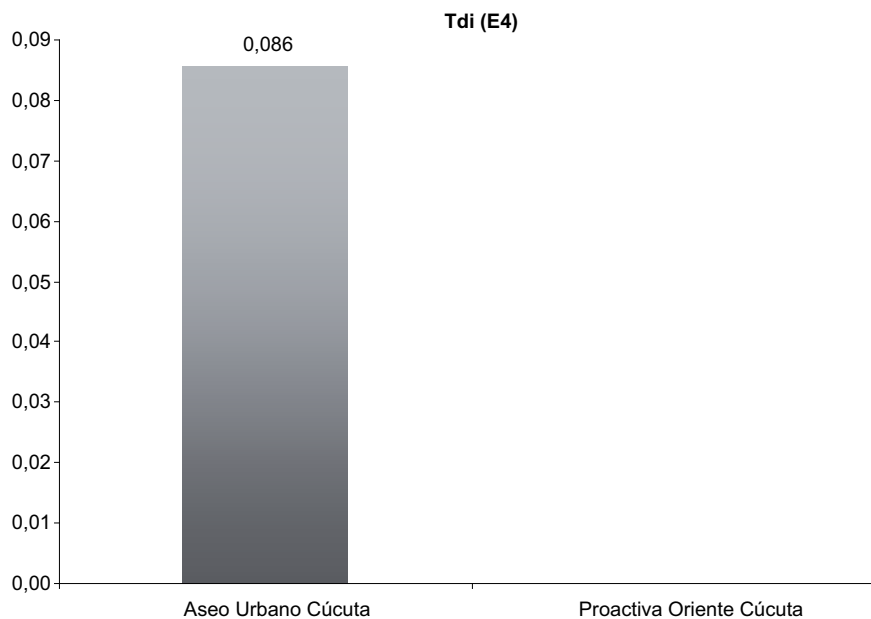
**Gráfica 58. TDT Prestadores de la ciudad de Cúcuta (\$/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto a la TDT se presenta disminución reportados por Aseo Urbano. con la metodología vigente, según los datos

**Gráfica 59. TDi Estrato 4  
Prestadores de la ciudad de Cúcuta (T/suscriptor)**



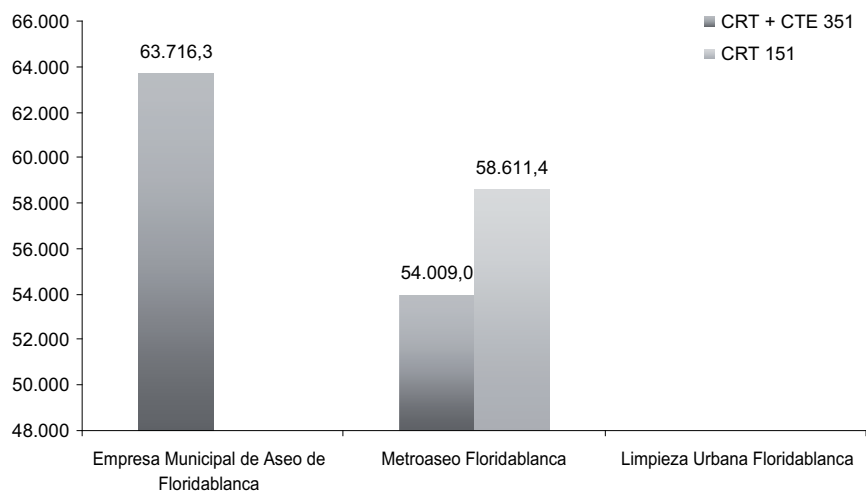
Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Con respecto al TDi reportado por los prestadores Aseo Urbano presenta un valor inferior al PPU que se cobraba anteriormente, lo que explica la disminución en las tarifas de este prestador.

#### 6.3.4. Floridablanca

En la ciudad de Floridablanca actualmente prestan el servicio la Empresa Municipal de Aseo, Metroaseo y Limpieza Urbana. Los tres prestadores han reportado información para la metodología vigente; no obstante, Metroaseo es la única empresa que reporta información de la metodología anterior.

**Gráfica 60. CRT Prestadores de la ciudad de Floridablanca (\$/T)**

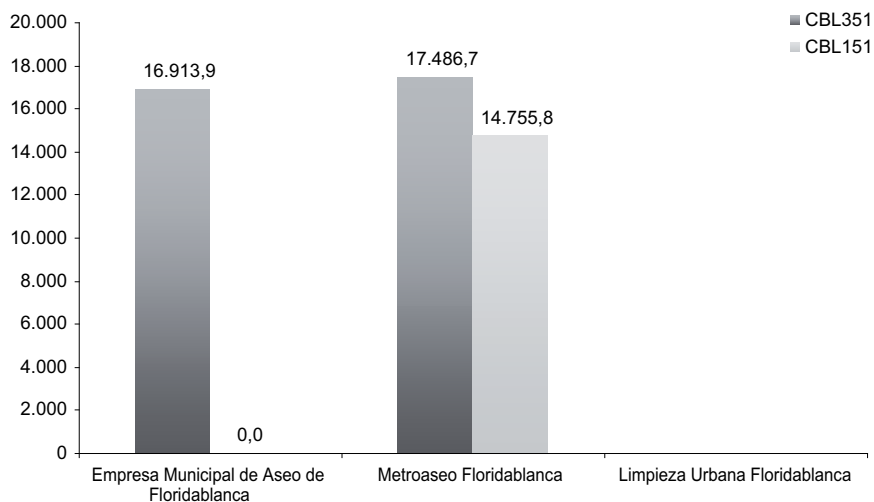


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

El CRT para Metroaseo presenta una disminución, lo cual podría ser resultado de la entrada al mercado de los otros dos pres-

tadores; asimismo se observa que el costo de Metroaseo es inferior al reportado por la Empresa Municipal de Aseo.

**Gráfica 61. CBL Prestadores de la ciudad de Floridablanca (\$/km. y \$/T)**

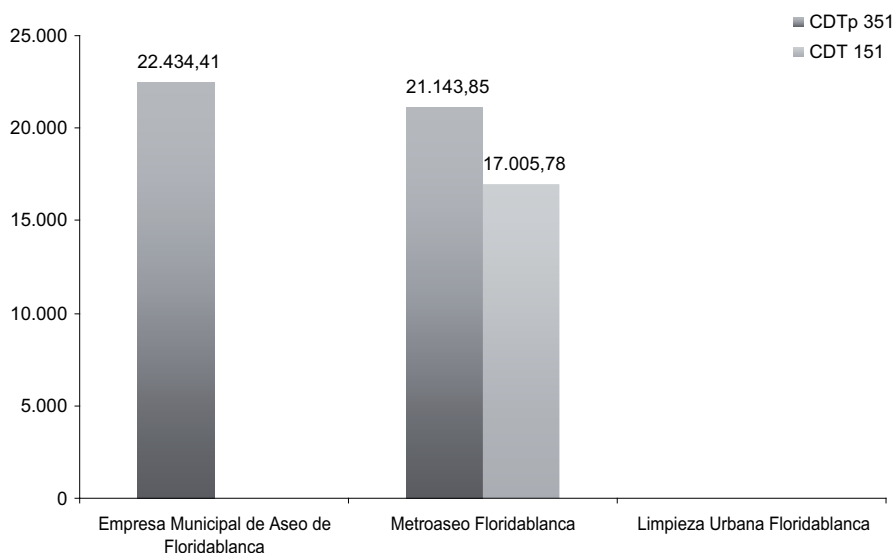


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Para el CBL se observa que el costo obtenido con la metodología vigente es superior al reportado por Metroaseo con la metodología anterior. Al hacer la comparación entre pres-

tadores para la Resolución CRA 351 de 2005, se puede ver que la Empresa Municipal de Aseo reporta un valor del CBL inferior al de Metroaseo.

**Gráfica 62. CDT Prestadores de la ciudad de Floridablanca (\$/T)**

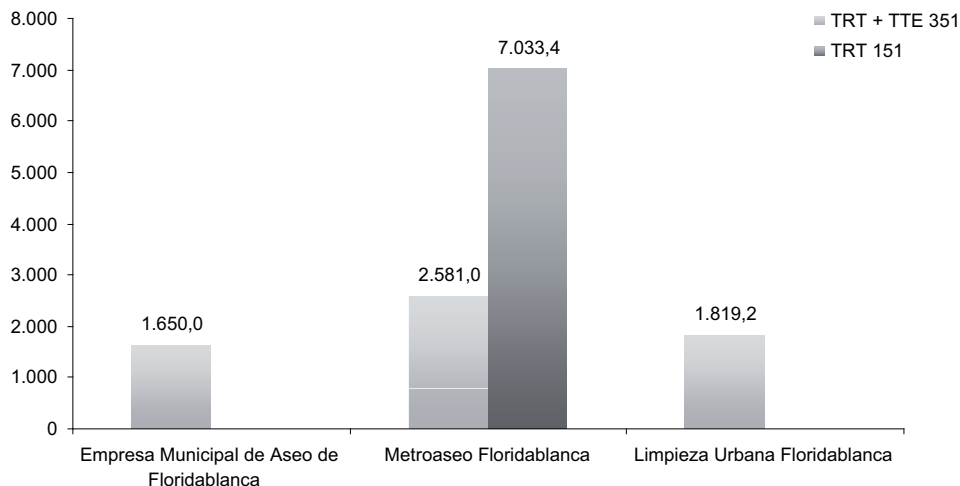


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto al CDT se observa que el costo calculado con la metodología vigente es superior al obtenido con la metodología anterior. Se

puede ver que la Empresa Municipal de Aseo reporta un valor superior al de Metroaseo.

**Gráfica 63. TRT Prestadores de la ciudad de Floridablanca (\$/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

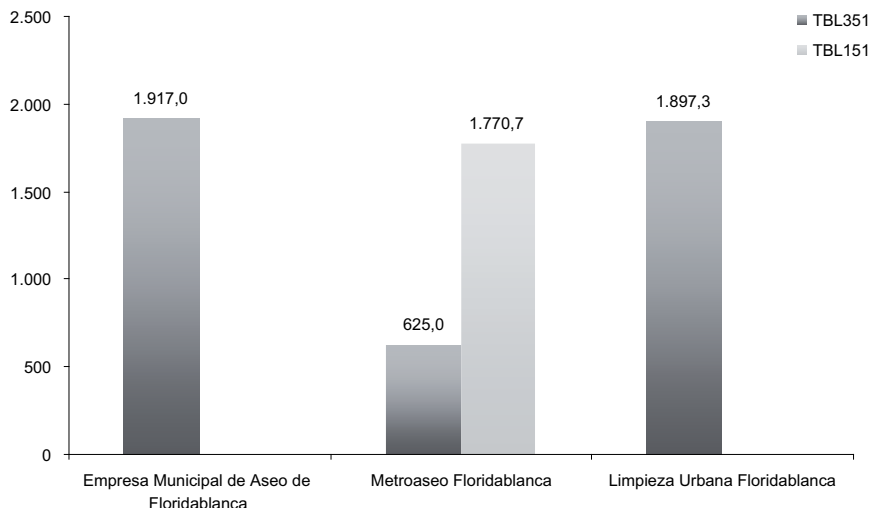
La TRT presenta una disminución con la entrada en vigencia de la metodología de la

Resolución CRA 351 de 2005. Es importante anotar que esta disminución es consecuencia

de la medición de los residuos. Se puede ver también que Metroaseo presenta disminución de la tarifa al encontrarse compitiendo con los otros dos prestadores. Al hacer la com-

paración de tarifas de los tres prestadores se puede ver que la Empresa Municipal de Aseo es la que menor valor reporta, mientras que Metroaseo presenta el mayor valor.

**Gráfica 64. TBL Prestadores de la ciudad de Floridablanca (\$/suscriptor)**

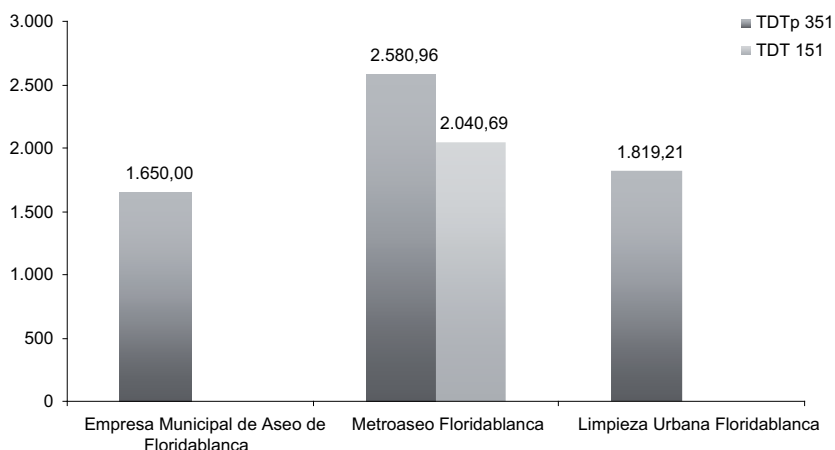


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TBL reportada por la Empresa Municipal de Aseo y Limpieza Urbana es superior a la reportada por Metroaseo con las dos metodologías. Esta disminución de tarifa podría

deberse a la entrada al mercado de la Empresa Municipal y Limpieza Urbana, razón por la cual Metroaseo trata de competir con tarifas.

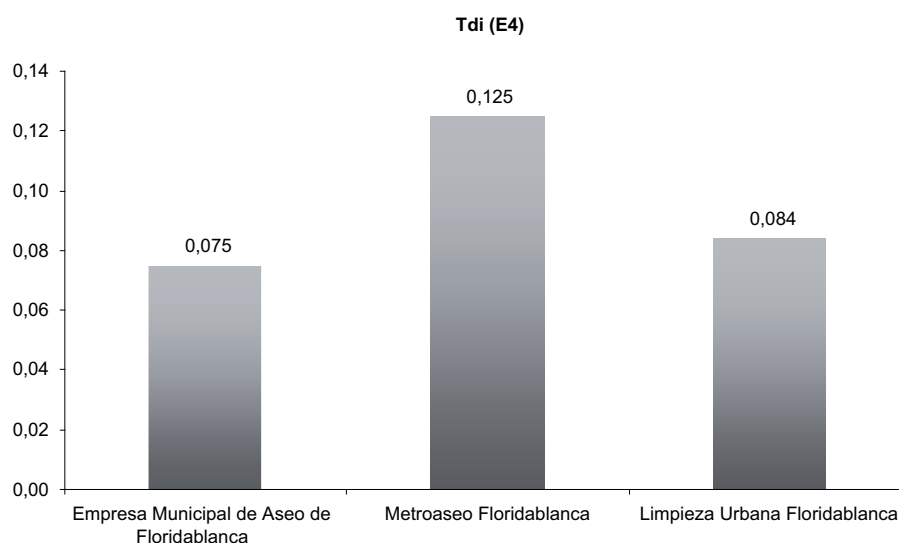
**Gráfica 65. TDT Prestadores de la ciudad de Floridablanca (\$/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto a la TDT se presenta disminución con la metodología vigente, para Limpieza Urbana y la Empresa Municipal; mientras que Metroaseo, por su parte, presenta un aumento en la TDT.

**Gráfica 66. TDi Estrato 4  
Prestadores de la ciudad de Floridablanca (T/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

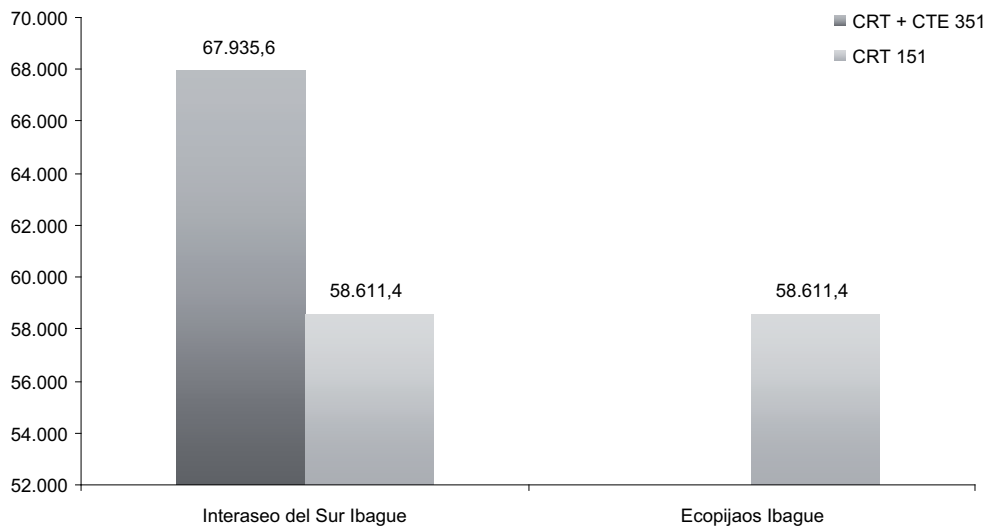
Con respecto al TDi reportado por los prestadores Metroaseo presenta un valor superior a los otros dos prestadores; mientras que la Empresa Municipal es quien menor TDi presenta.

Ecopijaos. Los dos prestadores reportan información para la metodología contenida en la Resolución CRA 151 de 2001, mientras que solamente Interaseo del Sur reporta para la metodología vigente.

#### 6.4.5. Ibagué

En la ciudad de Ibagué existen actualmente dos prestadores: Interaseo del Sur y

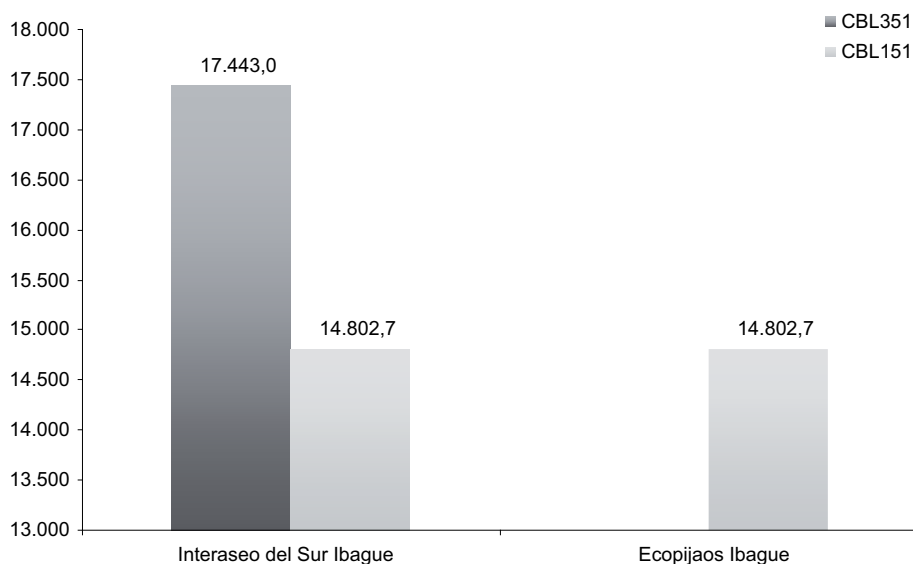
**Gráfica 67. CRT Prestadores de la ciudad de Ibagué (\$/T)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

El CRT reportado por Interaseo del Sur es superior al reportado para la metodología anterior por las dos empresas.

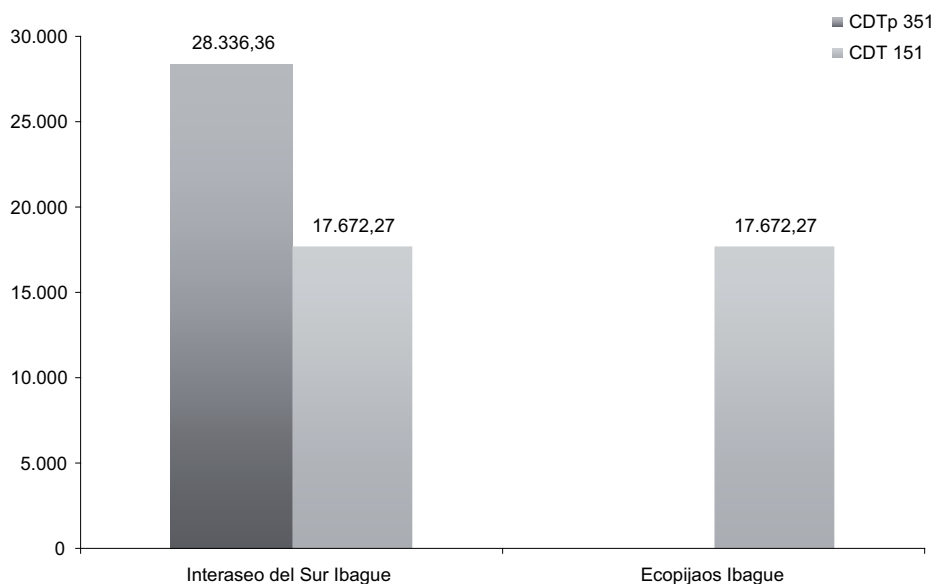
**Gráfica 68. CBL Prestadores de la ciudad de Ibagué (\$/km y \$/T)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Para el CBL se observa que el costo obtenido con la metodología vigente es superior al reportado por los dos prestadores con la metodología anterior.

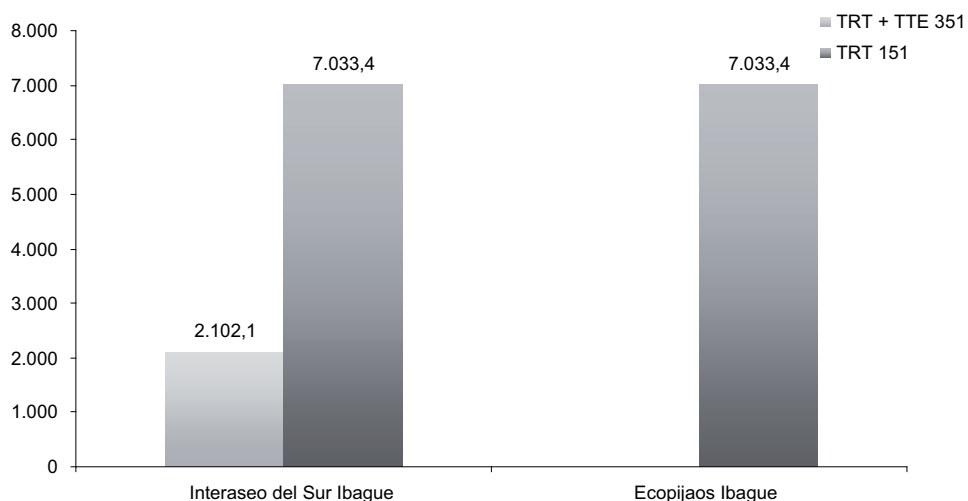
**Gráfica 69. CDT Prestadores de la ciudad de Ibagué (\$/T)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto al CDT se observa que el costo calculado con la metodología vigente es superior al obtenido con la metodología anterior.

**Gráfica 70. TRT Prestadores de la ciudad de Ibagué (\$/suscriptor)**

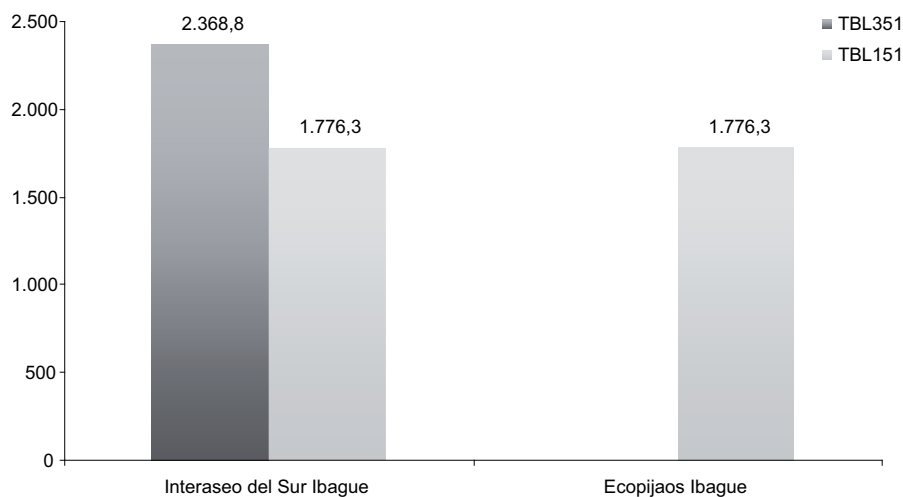


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.



La TRT presenta disminución para la metodología de la Resolución CRA 351 de 2005, según los reportes de Interaseo y Ecopijaos.

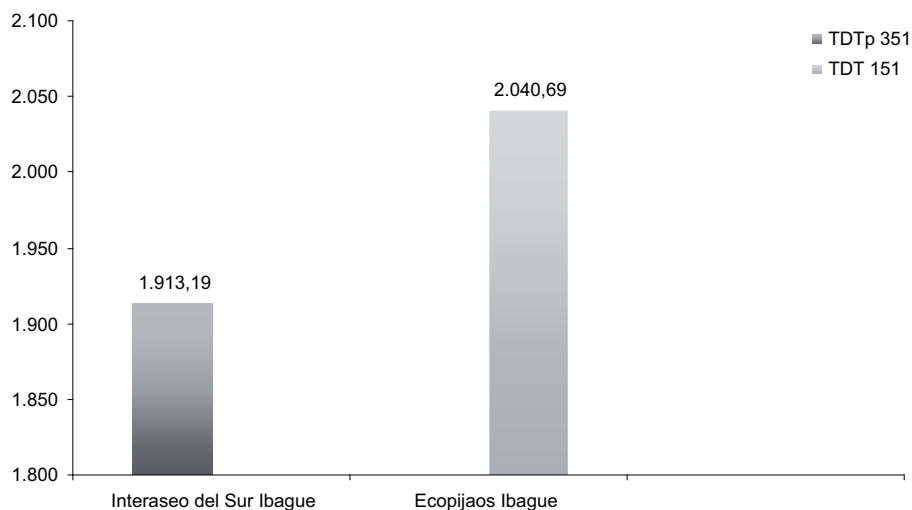
**Gráfica 71. TBL Prestadores de la ciudad de Ibagué (\$/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TBL reportada por Interaseo del Sur con la metodología vigente resulta superior a la metodología anterior.

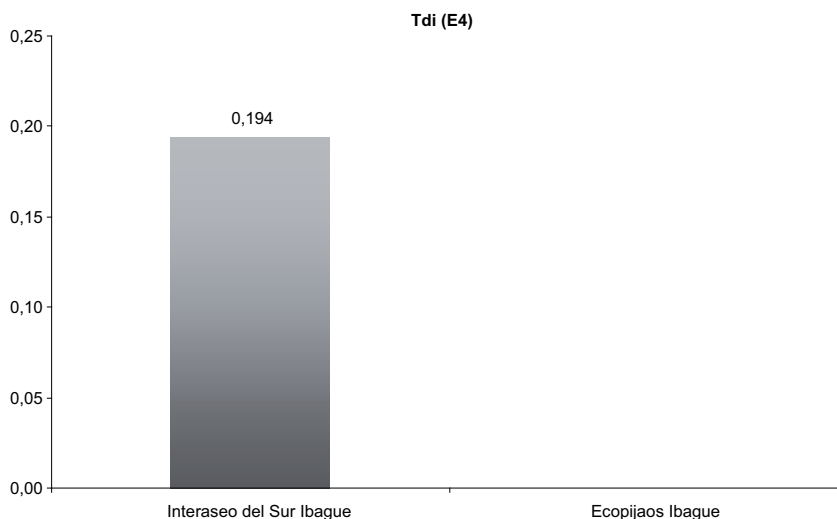
**Gráfica 72. TDT Prestadores de la ciudad de Ibagué (\$/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto a la TDT se presenta disminución si se compara lo reportado por Interaseo con la metodología vigente, versus el reporte de Ecopijaos para la metodología anterior.

**Gráfica 73. TDi Estrato 4  
Prestadores de la ciudad de Ibagué (T/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

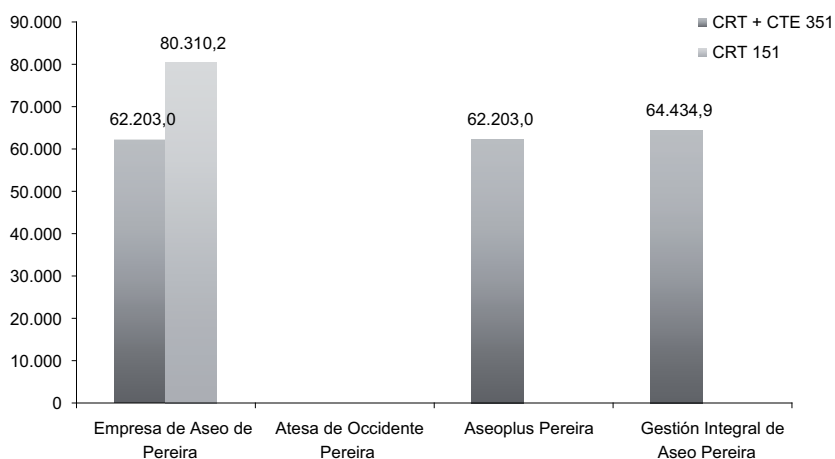
Con respecto al TDi reportado por Interaseo, se presenta un valor más alto que el contemplado por la metodología anterior.

### 6.3.6. Pereira

En la ciudad de Pereira existen actualmente cuatro prestadores: Empresa de Aseo

de Pereira, Atesa de Occidente, Aseoplus, Gestión Integral de Aseo. La Empresa de Aseo de Pereira es el único prestador que reporta información de la Resolución CRA 151 de 2001, los demás reportan para la metodología vigente.

**Gráfica 74. CRT Prestadores de la ciudad de Pereira (\$/T)**

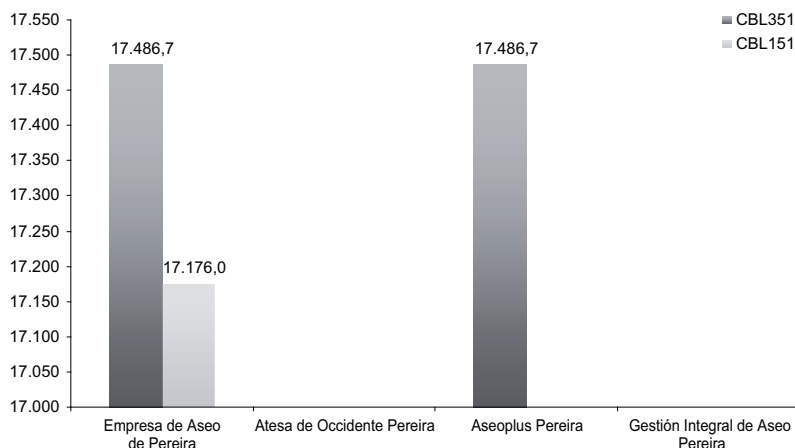


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

El CRT reportado por los prestadores de Pereira, presenta un valor inferior al reportado para la metodología anterior, esta dismi-

nución es probablemente debida a la entrada al mercado de prestadores adicionales al ya existente.

**Gráfica 75. CBL Prestadores de la ciudad de Pereira (\$/km y \$/T.)**

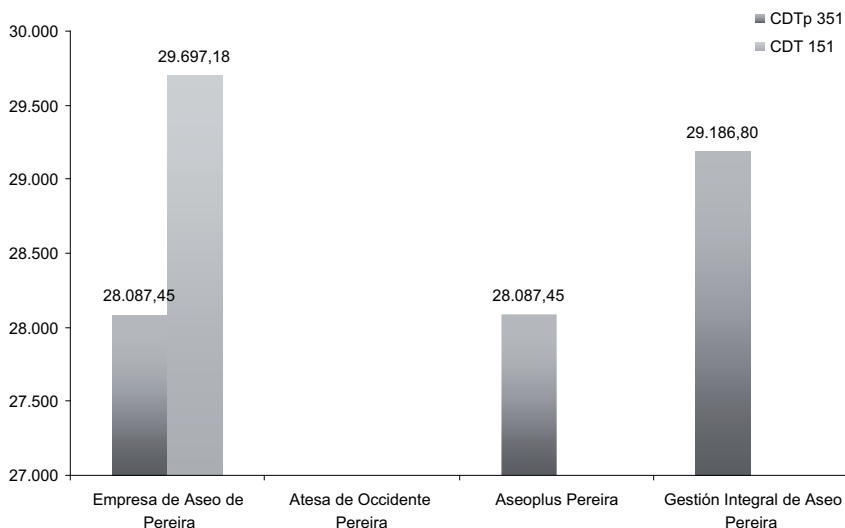


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Para el CBL se observa que solamente reportan información dos prestadores, Empresa de Aseo de Pereira y Aseoplus, los dos prestadores reportan valores superiores al reportado por Empresa de Aseo con la metodología

anterior. La diferencia del CBL reportado para la metodología vigente, por los dos prestadores es pequeña y no presenta mayores diferencias.

**Gráfica 76. CDT Prestadores de la ciudad de Pereira (\$/T)**

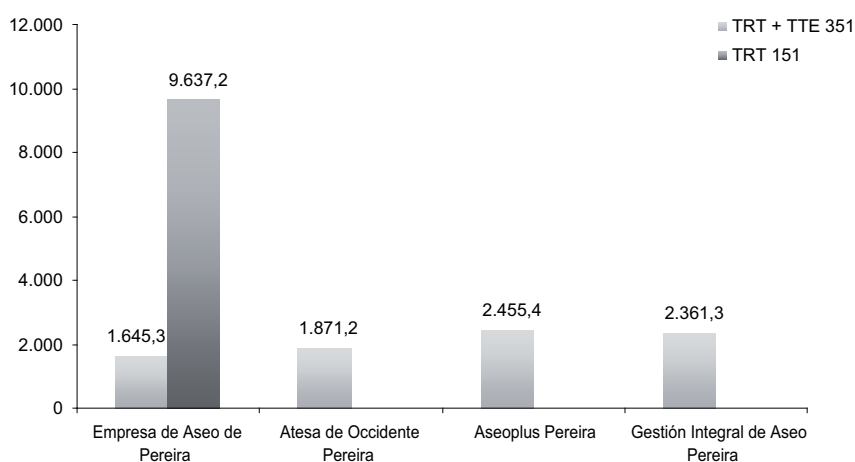


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto al CDT se observa que el costo calculado con la metodología vigente es inferior al obtenido con la metodología anterior, para todos los prestadores que reportan. La comparación entre los prestadores para la

metodología vigente permite ver que Empresa de Aseo de Pereira y Aseoplus reportan el mismo valor, mientras que Gestión Integral de Aseo, reporta un valor superior al de estas dos empresas.

**Gráfica 77. TRT Prestadores de la ciudad de Pereira (\$/suscriptor)**

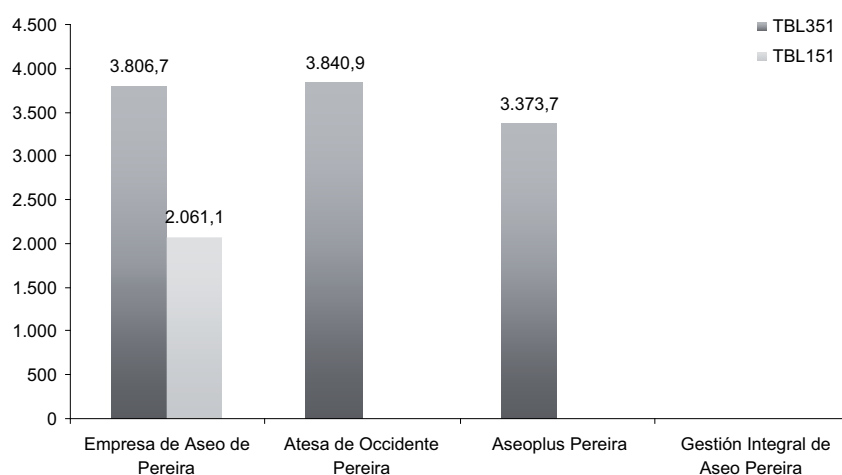


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TRT presenta disminución para todos los prestadores de la ciudad de Pereira, con la metodología vigente, en comparación con la metodología anterior. Al hacer comparación

entre los prestadores, se observa que la Empresa de Aseo de Pereira es la que ofrece la menor TRT, en contraste con Aseoplus, quien ofrece la tarifa más alta.

**Gráfica 78. TBL Prestadores de la ciudad de Pereira (\$/suscriptor)**

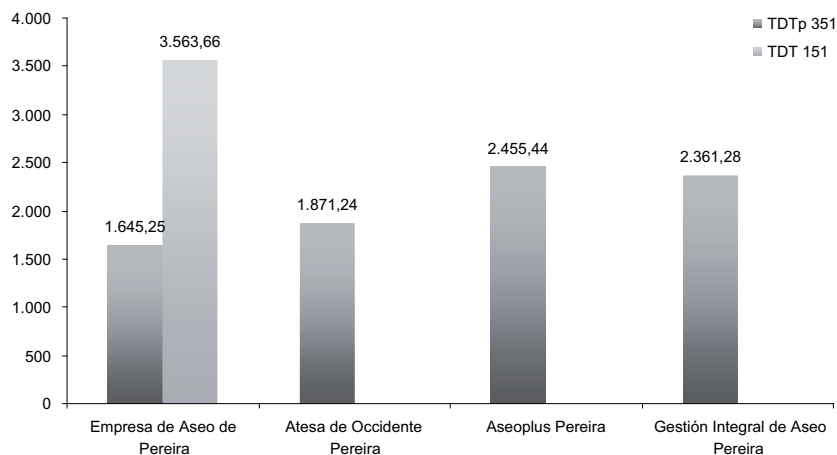


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

La TBL reportada para Pereira, es en todos los casos, superior a la reportada por la Empresa de Aseo de Pereira con la metodología anterior. Al comparar los valores reportados entre los prestadores para la metodología

contenida en la Resolución CRA 351 de 2005, se puede ver que Aseoplus es la empresa que menor tarifa ofrece para la actividad de barrido; mientras que Atesa de Occidente presenta el mayor valor.

**Gráfica 79. TDT Prestadores de la ciudad de Pereira (\$/suscriptor)**

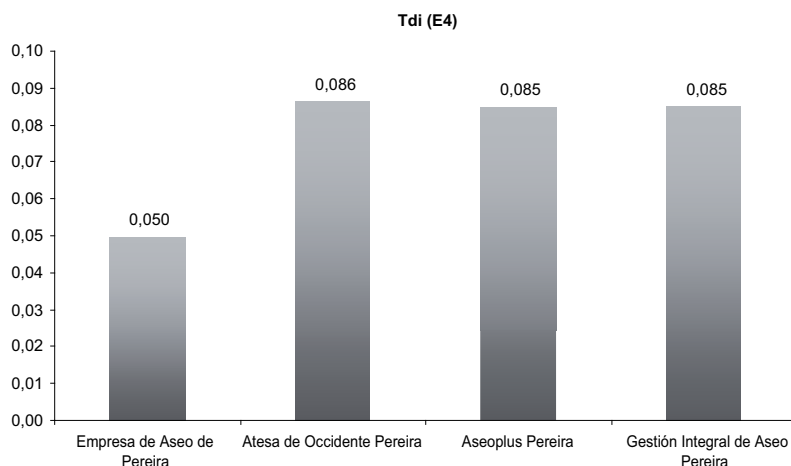


Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

En cuanto a la TDT se presenta disminución en contraste con la metodología anterior; no obstante, existen diferencias de tarifas entre los prestadores, puesto que Aseoplus reporta

un valor superior a las demás empresas, mientras que la Empresa de Aseo de Pereira es la que reporta el menor valor.

**Gráfica 80. TDi Estrato 4 Prestadores de la ciudad de Pereira (T/suscriptor)**



Fuente: SUI: Cálculos CRA. Pesos de diciembre de 2008.

Con respecto al TDi reportado por los cuatro prestadores de la ciudad de Pereira, se puede observar que Atesa de Occidente, Aseoplus y Gestión Integral de Aseo reportan valores similares; mientras que la Empresa de Aseo de Pereira reporta un valor notoriamente inferior a las demás.

## 7. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los valores reportados por los prestadores de la muestra, se puede afirmar que el valor de la factura promedio para estrato 4, obtenido con la metodología vigente (\$10,276 suscriptor-mes), es 6% inferior al promedio de factura con la metodología anterior (\$10,956 suscriptor-mes).
- La medición de los residuos sólidos ha resultado ser la variable influyente en el valor de la factura final obtenida, y de cada uno de los componentes tarifarios.
- Al hacer el cálculo de las facturas con los costos de referencia reportados para la metodología vigente, y la producción de residuos de la metodología anterior PPU, se encuentra que la factura promedio sería superior si no existiese la obligación de medir los residuos sólidos.
- En promedio todos los componentes tarifarios presentan disminución con la metodología vigente, como consecuencia de la medición de los residuos sólidos presentados por cada suscriptor, a excepción de la Tarifa de Barrido y Limpieza.
- Se destaca que la participación en el total de la factura, de la tarifa del componente de recolección y transporte disminuyó de 68% al 25%. Entre tanto, la participación de la tarifa de barrido y limpieza aumentó de 16% a 28%, mientras que la tarifa de disposición final se incrementa de 14% a 23%.
- En promedio para las empresas que conforman la muestra, la tarifa de barrido y limpieza ha aumentado en 14,7%.
- En los análisis de la TRT se ha encontrado que en las ciudades de la muestra este componente tarifario presenta disminución promedio de 73.3% en comparación con la metodología anterior.
- La TDT ha tenido cambios significativos entre una metodología y otra, puesto que la metodología anterior reconocía tres tipos de disposición final: botadero a cielo abierto, enterramiento y relleno sanitario con valores diferenciales para cada uno. La metodología vigente, por el contrario, solamente reconoce vía tarifa el costo de disposición final en relleno sanitario.
- La TDT ha disminuido en promedio el 30% para 13 prestadores de la muestra, mientras que para 11 esta tarifa ha aumentado.
- La TRT de la metodología tarifaria vigente se ha reducido en comparación con la metodología anterior para todas las ciudades de la muestra, reducción que en promedio corresponde a -73,3%
- Por el contrario, al observar los costos de referencia se observa aumento con la metodología actual, la mayor parte de los prestadores se han acogido al techo máximo permitido por la Resolución, a excepción del Costo de Disposición Final y Tratamiento.
- Con la implementación de las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005, los componentes del servicio tienen una participación más similar entre ellos, en comparación con la distribución observada para la metodología anterior.
- El CDT se ha incrementado 73% en promedio en relación con la metodología tarifaria anterior, debido principalmente a la

disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios, a diferencia de la metodología anterior que reconocía otras formas como enterramiento y botadero a cielo abierto, con tarifas inferiores.

- Con la Resolución CRA 351 de 2005 se ha generado aumento (11% promedio) del CRT en el 82% de las ciudades de la muestra.
- El CBL aumentó para la mayoría de las empresas de la muestra, en un porcentaje promedio de 14%.
- La metodología anterior establecía una tasa de barrido en porcentaje, en función del CRT y del CDT, reconociendo el costo de barrer un kilómetro de cuneta multiplicado por la concentración de residuos sólidos en un kilómetro de cuneta; mientras que la metodología vigente reconoce el costo de barrer un kilómetro de cuneta, distribuido entre la cantidad de suscriptores, lo que hace este ejercicio simplemente informativo.
- Las variables asociadas a la metodología tarifaria vigente presentan una distribución que tiende a la normalidad en comparación con las variables de la metodología anterior. Este resultado se explica debido a la estructura tarifaria de la metodología vigente, la cual expresa el cálculo de cada uno de los costos en términos de una función matemática, en contraste con la metodología de la Resolución CRA 151 de 2001, para la cual algunos valores se establecieron como parámetros, como es el caso del Costo de Disposición Final y la producción de residuos sólidos PPU.
- De acuerdo con los TDi reportados por los prestadores de la muestra para el mes de Octubre de 2008, se puede ver que la

producción promedio de residuos, es de 74 Kilogramos/suscriptor/mes, cifra inferior a la cobrada con la metodología anterior.

- No se evidencia un efecto importante de la competencia sobre el nivel de tarifas fijadas por los prestadores. En general, los costos establecidos por los prestadores del servicio de recolección que enfrentan competencia en el mercado es muy similar a los costos establecidos por operadores que mantienen el monopolio de la recolección.
- Los resultados del cálculo del HHI permiten concluir que el nivel de concentración en los mercados municipales sigue siendo relativamente alto, lo cual implica que los mercados se encuentran altamente concentrados a pesar de la existencia de más de un prestador del servicio de recolección.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (2001). El Estado del Arte de la Regulación en el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico en Colombia. Bogotá.
- Econometría (2004). Estudio Diseño de Regulación Tarifaria de Aseo. Informe Final.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD. Informe de Disposición Final 2008.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD. Informe sectorial 2008.
- Uribe, Botero E, y Domínguez, Torres C. Evolución del servicio de aseo domiciliario durante la última década. Documento CEDE Marzo, 2005.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1: Información por componente reportada por los prestadores en cada una de las metodologías a diciembre de 2008

EMPRESA	RESOLUCIÓN CRA 351 DE 2005										RESOLUCIÓN CRA 151 DE 2001									
	CBL	K	NB	CCS	CRT	CRT_ costas	CRT_ aislado	CRT_ costas_ aislados	CTEp	CDTp	CRT	CDT	TB	PPU	Tipo de DF					
Rediba Bibernmeja	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	x	x	x	x	Botadero a cielo abierto					
Sociedad de Aseo de Bello	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Empresa de Aseo de Bucaramanga	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Ciudad Capital B/manga	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Limpieza Urbana B/manga	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Buena de Aseo	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Aseo Ambiental Cali	0,0	0,0	x	x	x	0,0	0,0	0,0	x	x										
Limpieza y Servicios Públicos Cali	0,0	0,0	x	x	x	0,0	0,0	0,0	x	x										
Empresa del servicio público de aseo de Cali	x			x	x	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	x	Enterramiento					
Aseo Urbano Cúcuta	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Proactiva Oriente Cúcuta	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Servicios Integrales Efectivos Florencia	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Botadero a cielo abierto					
Empresa Municipal de Aseo de Floridablanca	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Botadero a cielo abierto					
Metroaseo Floridablanca	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Limpieza Urbana Floridablanca	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Interaseo del Sur Ibagué	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Ecopijos Ibagué															Relleno Sanitario					
Serviaseo Ibagué	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Empresa Metropolitana de Aseo Manizales	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Empresas Varias de Medellín	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Servigenerales Montería	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Empresas Públicas de Neiva	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Palmirana de Aseo	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Empresa Metropolitana de Aseo de Pasto	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Empresa de Aseo de Pereira	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Atesa de Occidente Pereira	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Aseoplus Pereira	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x										
Gestión Integral de Aseo Pereira	0,0	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x										
Grupo de Aseo Municipal de Popayan	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Enterramiento					
Interaseo Riohacha	x	x	x	x	x	x	0,0	x	0,0	x	0	x	x	x	Botadero a cielo abierto					
Aguas de la Guajira																				
Trash Busters San Andrés	x	x	0,0	x	0,0	x	0,0	x	0,0	0,00	x	0,00	x	x	Botadero a cielo abierto					
Interaseo Santa Marta	x	x	x	x	x	x	0,0	x	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Aseo Sincelajo Limpio	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Servigenerales Soacha	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Botadero a cielo abierto					
Aseo Especial de Soledad	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Enterramiento					
Tuluén de Aseo	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Enterramiento					
Servigenerales Tunja	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Aseo del Norte Valledupar	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Bioagricola del Llano Vvencio	x	x	x	x	x	0,0	0,0	0,0	0,0	x	x	x	x	x	Relleno Sanitario					
Total Muestra por componente	35	34	34	35	35	35	35	35	35	35	31	31	31	31	31					



**Anexo 2: Prueba de normalidad**

Teniendo en cuenta que las pruebas estadísticas de igualdad de medias y análisis de varianza (ANOVA) se sustentan en el supuesto de normalidad de los datos, se realizó la prue-

ba de normalidad a cada una de las variables (costos, tarifas y producción de residuos) objeto de análisis en este documento. La Tabla que se presenta a continuación contiene los resultados de la prueba (Test de Shapiro-Wilk).

**Test de normalidad de los datos**

Variable	Obs.	Prob.	Resultado
crt_351	34	0.00003	No Normalidad
crt_151	30	0.00000	No Normalidad
cbl_351	31	0.00000	No Normalidad
cbl_151	30	0.00017	No Normalidad
cdt_351	31	0.00049	No Normalidad
cdt_151	27	0.00033	No Normalidad
cte_351	9	0.47275	Normalidad
cte_151	10	0.02419	No Normalidad
tbl_351	32	0.41838	Normalidad
tbl_151	30	0.00017	No Normalidad
trt_351	35	0.54643	Normalidad
trt_151	30	0.00000	No Normalidad
tdt_351	33	0.05484	Normalidad
tdt_151	27	0.00033	No Normalidad
tte_351	9	0.23101	Normalidad
tfr_351	35	0.00534	No Normalidad
tarifa_351	35	0.58288	Normalidad
tarifa_151	30	0.00011	No Normalidad
TDI_2007	29	0.29961	Normalidad
TDI_2008	31	0.00253	No Normalidad

La hipótesis nula de esta prueba es que la distribución es normal. Por tanto si el  $\alpha=0,05$  y el valor del p es menor la hipótesis de normalidad es rechazada. En contraste, si el valor del p es mayor a 0.05 no hay evidencia para rechazar la hipótesis nula de normalidad de los datos.

Como resultado, las variables que exhiben distribución normal son: CTE\_351, TBL\_351, TRT\_351, TDT\_351, TTE\_351, TARIFA\_351 y TDI\_2007.

**Anexo 3: Prestadores que solicitaron modificación particular con la metodología anterior.**

Prestador	Resolución	Modificación
Empresa del Servicio Público de Aseo de Cali	Res CRA 220 de 2002	Modificación CRT
Serviaseo Itagüi	Res CRA 212 de 2002	Modificación CRT
Empresas Varias de Medellín	Res CRA 326 de 2005	Modificación CRT
Empresas Varias de Medellín	Res CRA 387 de 2006	Modificación CDT
Empresas Públicas de Neiva	Res CRA 348 de 2005	Modificación CDT
Palmirana de Aseo	Res CRA 218 de 2002	Modificación CRT
Empresa de Aseo de Pereira	Res CRA 222 de 2002	Modificación CRT
Empresa de Aseo de Pereira	Res CRA 390 de 2006	Modificación CDT
Interaseo Santa Marta	Res CRA 328 de 2005	Modificación CDT
Aseo Sincelejo Limpio	Res CRA 249 de 2003	Modificación CDT



# COMPARACIÓN INTERNACIONAL DEL DESEMPEÑO DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DEL PAÍS

*Erika Bibiana Pedraza Guevara,  
Nelly Elizabeth Irreño Estrada,  
Julio César del Valle Rueda*

## 1. Introducción

Este documento presenta un ejercicio de comparación de indicadores de desempeño de una muestra de prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado del país en relación con prestadores de estos servicios a nivel internacional. El propósito de este ejercicio es evaluar la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado con base en una muestra de indicadores relacionados con aspectos técnicos y financieros de los mismos.

La información disponible para realizar este ejercicio de comparación proviene de la base de datos recopilada por el Grupo de Trabajo de Benchmarking de la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas –ADERASA– del año 2007. En consecuencia, el ejercicio analiza el desempeño relativo de varios prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado de América Latina para ese año en particular.

Una de las principales ventajas del presente ejercicio de comparación es disponer de una única fuente de información, la cual permite que los indicadores a comparar hagan referencia a conceptos técnicos y financieros estandarizados y a un mismo período de análisis, facilitando su comparación a nivel internacional.

No obstante, como se observará en secciones posteriores, la comparación de indicadores entre países puede resultar compleja debido a que una misma expresión técnica se define de manera diferente en cada país, y como consecuencia las conclusiones obtenidas del análisis deben tomarse con moderación. Adicionalmente, se presentan algunas restricciones teniendo en cuenta las diferencias en el marco normativo, institucional, financiero y regulatorio del sector de agua y saneamiento en cada país.

De otra parte, debe mencionarse que si bien la motivación inicial de desarrollar este

ejercicio de comparación surgió de un hallazgo del Plan de Mejoramiento de la entidad con la Contraloría General de la República para el período 2006 - 2007<sup>1</sup>, posteriormente se consideró relevante realizar un ejercicio de recopilación de indicadores tarifarios y de gestión a nivel internacional, con el objeto de disponer de información relevante para contar con referentes externos que permitieran evaluar la gestión de los operadores nacionales. Como resultado, en los estudios paralelos de la Agenda Regulatoria 2009 de la Comisión se incluyó el desarrollo del estudio “Estudio comparativo de los indicadores tarifarios y de gestión a nivel internacional”.

Este documento se desarrolla en cinco secciones, de los cuales esta es la primera. La segunda sección realiza una breve presentación de la información disponible, las áreas de comparación, así como los países y empresas que hicieron parte del ejercicio de comparación. Entre tanto, la tercera sección describe de modo general el régimen de los servicios de acueducto y alcantarillado aplicable en algunos países miembros de ADERASA, señalando las principales diferencias desde el punto de vista institucional y regulatorio. La cuarta sección presenta el ejercicio de comparación de los indicadores de desempeño, evidenciando patrones de comportamiento y relaciones claves entre variables. Finalmente, la quinta sección presenta las conclusiones.

## 2. Descripción de los datos

La información para desarrollar este ejercicio de comparación proviene de los datos

<sup>1</sup> Hallazgo 13. La descripción de este hallazgo es: “La Comisión carece de información e indicadores sobre el comportamiento tarifario a nivel internacional; sin embargo, se evidencia la asistencia a seminarios internacionales que tratan sobre la regulación entre otros temas por parte de los funcionarios de la CRA” y el objetivo del mismo es “Contar con referentes internacionales para expedir la regulación”.

recopilados por ADERASA para el año 2007. Esta Asociación realiza un ejercicio anual de Benchmarking entre empresas del sector agua potable y saneamiento, con el propósito de desarrollar análisis comparativos que les permitan a los países miembros, disponer de elementos de análisis para enriquecer los procesos de diseño e implementación de la política sectorial.

Con el fin de garantizar la comparación de la información recopilada por ADERASA con otros ejercicios que se desarrollan a nivel internacional, los indicadores de gestión obtenidos por esta Asociación se basan en aquellos definidos por la IWA –International Water Association–.

De otra parte, es importante señalar que si bien ADERASA busca recopilar información de cerca de más de 50 indicadores de desempeño, los indicadores analizados en el presente ejercicio se seleccionaron teniendo en cuenta la disponibilidad de información para el grupo de empresas que forma parte de la muestra.

Igualmente, debe considerarse que la base de datos de ADERASA se encuentra desbalanceada en relación con el número de operadores que presentan información por país, con un marcado sesgo a favor de Chile y Colombia, lo cual podría ser consecuencia de los esquemas de descentralización establecidos, así como el fomento al reporte de información sectorial en estas economías. Por tanto, si bien esta situación podría afectar la representatividad de la muestra no se constituye en un impedimento para la comparación y evaluación de indicadores de desempeño.

Los indicadores de gestión que se examinan en este documento hacen referencia a las siguientes tres áreas claves de análisis: indicadores de estructura del servicio, indicadores de operación e indicadores económicos-financieros. Un resumen de estos indicadores se presenta en la Tabla 1.

Finalmente, debe señalarse que en los indicadores de desempeño recopilados por ADERASA se le ha dado una baja prioridad a la comparación de indicadores tarifarios, teniendo en cuenta las diferencias en los esquemas de regulación y en las metodologías tarifarias implementadas por los países, las cuales no hacen comparables las tarifas finales entre operadores. Como consecuencia, ADERASA ha

optado por otorgar mayor relevancia a la evaluación de indicadores de desempeño de tipo técnico, que permitan caracterizar la estructura y operación del servicio, así como aquellos asociados al costo de producción de agua potable, como se hará evidente en el análisis desarrollado de los indicadores económicos-financieros.

**Tabla 1. Indicadores de Gestión**

Indicadores de estructura del servicio	Indicadores de operación	Indicadores económicos - financieros
Cobertura de acueducto Cobertura de alcantarillado Cobertura de micromedición	Empleados totales por conexión Consumo de agua potable por habitante	Costo unitario por cuenta Incidencia de la mano de obra Incidencia del costo de la energía Incidencia del costo de los productos químicos Endeudamiento sobre patrimonio neto Rendimiento sobre patrimonio neto

### 2.1. Indicadores de estructura del servicio

Estos indicadores se refieren básicamente al acceso de los servicios. De este grupo de indicadores se estudiará el siguiente:

- Cobertura de Acueducto

La cobertura de acueducto se obtiene a partir de la relación entre población que tiene conexión de agua potable respecto al total de la población residente en el área de responsabilidad del operador (%).

Este indicador mide el porcentaje de población que está conectada a la red de agua potable durante el período considerado.

- Cobertura de Alcantarillado

La cobertura de alcantarillado se calcula como el cociente entre la población que tiene conexión al servicio de alcantarillado sanitario, en relación con la población residente en el área de responsabilidad del operador (%).

El objetivo de este indicador es medir el porcentaje de población que está conectada a la red de alcantarillado sanitario durante el período considerado.

- Cobertura de Micromedición

La cobertura de micromedición se define como la cantidad total de medidores domiciliarios operativos respecto al total de las conexiones domiciliarias de agua potable (%).

El objetivo de este indicador es medir la cantidad de conexiones domiciliarias con medición.

### 2.2. Indicadores de operación

Estos indicadores están asociados directamente a la operación de los servicios. En este sentido, se analizarán dos indicadores:

- Empleados totales por conexión

Este indicador se obtiene como el cociente entre la cantidad total de empleados propios

(Tiempo Completo Equivalente –TCE–) por millar de conexiones de agua potable<sup>2</sup>.

El objeto de este indicador es medir la relación entre la cantidad de empleados y el tamaño del servicio.

- Consumo de agua potable por habitante

Este indicador se calcula como el promedio diario de agua comercializada relacionada a la cantidad total de habitantes servidos por conexión domiciliaria (litros/habitante/día).

Este indicador intenta medir la demanda de agua promedio por habitante.

### 2.3. Indicadores económicos - financieros

Estos indicadores buscan evaluar el desempeño económico y financiero de los prestadores del servicio. Se evaluará el siguiente grupo de indicadores:

#### 2.3.1. Costos operativos agua potable

- Costo unitario por cuenta

Este indicador se calcula como el cociente entre los costos operativos de agua potable y la cantidad total de agua comercializada en el período anual informado (USD/m<sup>3</sup>).

El objetivo de este indicador es medir el costo promedio de un metro cúbico de agua puesto en el domicilio del usuario, en el período anual considerado.

- Incidencia de la mano de obra

Este indicador se obtiene como el cociente entre el costo de la mano de obra operativa

propia y contratada para la provisión de agua potable y el costo operativo de agua potable (%).

Con este indicador se busca determinar la relevancia del costo de la mano de obra en el costo operativo total del servicio.

- Incidencia del costo de la energía

Este indicador se calcula como el cociente entre el costo de la energía operativa para la provisión de agua potable y el costo operativo de agua potable (%).

Este indicador mide la participación del costo de la energía en el costo operativo de proveer agua potable.

- Incidencia del costo de los productos químicos

La incidencia del costo de los productos químicos se calcula como el cociente entre el costo asociado a los productos químicos necesarios para proveer agua potable y el costo operativo de este servicio (%).

El objetivo de este indicador es medir la importancia del costo de estos insumos en el costo operativo de proveer agua potable.

- Endeudamiento sobre Patrimonio Neto

Este indicador, que busca medir el grado total de endeudamiento del operador, se define como la relación entre el pasivo total y el patrimonio neto.

- Rendimiento sobre Patrimonio Neto

Este indicador se define como la relación entre el rendimiento neto y el patrimonio neto.

Ahora bien, en relación con las empresas de la muestra, esta puede clasificarse en dos (2) grupos. El primero de ellos está conformado por los prestadores de acueducto y alcantarillado de otros países. Esta muestra hace referencia a un grupo de veinte (20) empresas

<sup>2</sup> El Tiempo Completo Equivalente se calcula como el número total de horas de trabajo de todos los empleados, dividido por el tiempo de la jornada normal de un empleado. La mayoría de los datos recibidos en este ejercicio solo está utilizando la nómina de personal, sin hacer esta reducción. Las conexiones de agua potable incluyen usuarios residenciales y no residenciales.

de doce (12) países de Latinoamérica. Las principales características de este grupo de prestadores se presentan en la Tabla 2.

Entre tanto, el segundo grupo corresponde a las empresas de acueducto y alcantarillado del país, y está formado por treinta y ocho (38) empresas. La Tabla 3 contiene un resumen de las características de estos operadores.

Es importante señalar que si bien se dispone de una muestra total de 58 prestadores de

acueducto y alcantarillado, en algunos casos se cuenta con un número menor de datos para realizar el ejercicio de comparación de indicadores de desempeño, debido a que no todos los prestadores reportan esta información. En consecuencia, el número disponible de observaciones varía para cada caso, por lo que en los análisis desarrollados se presentan estadísticas descriptivas que dan cuenta del número de observaciones y de los valores representativos.



**Tabla 2. Muestra de Empresas de Acueducto y Alcantarillado – Países de Latinoamérica**

PAIS	NOMBRE DEL REGULADOR	NOMBRE EMPRESA	ESTADO	NATURA-LEZA DEL ÁREA DE SERVICIOS	SERVICIOS ACUE-DUCTO Y ALCANTA-RILLADO SANITARIO	TIPO DE OPERA-DOR	NÚMERO DE SUSCRIP-CIONES
ARGENTINA	ERAS	Agua y Saneamiento Argentinos S. A.	Ciudad Autónoma de Buenos Aires	Urbano	Si	D	7.596.266
	Ente Regulador de los Servicios Públicos de Córdoba (ERSEP)	Aguas Cordobesas S.A.	Córdoba	Urbano	No Alcantarillado Sanitario	F	1.321.011
	Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS)	Obras Sanitarias Mendoza S.A.	Mendoza	Urbano	Si	E	1.060.631
	Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS)	Aguas Santafequinas S.A. (ASSA)	Provincia de Santa Fé	Urbano	Si	D	1.916.942
BRASIL	Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco-Arpe	Companhia Pernambucana de Saneamiento	Pernambuco	Urbano	Si	E	5.983.357
	Agência Goiana de Regulação, Controle e Fiscalização de Serviços Públicos-AGR	Saneamiento de Goiás S.A.	Goiás	Urbano	Si	C	4.767.408
CHILE	Superintendencia de Servicios Sanitarios (siss)	Aguas Andinas	Cuenca del Santiago - región metropolitana	Urbano	Si	E	5.241.316
	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)	Empresa de Servicios Sanitarios del Biobío S.A. ESSBIO	Región del libertador y región del Bio Bio	Urbano	Si	E	2.173.319
COSTA RICA	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP)	AyA	Costa Rica	Urbano-Rural	Si	B	1.869.249
	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP)	Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.	Heredia	Urbano-Rural	Si	D	179.656
ECUADOR	ECAPAG	Interagua	Guayaquil	Urbano-Rural	Si	F	1.882.843
MÉXICO	CAPA Comisión de Agua Potable y Alcantarillado	Desarrollos hidráulicos de Cancún	Quintana Roo (Cancún)	Urbano-Rural	Si	F	642.780
PANAMÁ	Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP)	Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales	Ciudad de Panamá	Urbano-Rural	Si	B	2.121.504
PARAGUAY	Ente regulador de Servicios Públicos (ERSSAN)	Empresa de servicios sanitarios del Paraguay (ESSAP) Asunción	Asunción	Urbano	Si	D	913.691
PERÚ	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)	SEDAPAL S.A.	Lima	Urbano	Si	D	7.010.861
	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS)	SEDAPAR S.A.	Arequipa	Urbano	Si	D	825.733
URUGUAY	Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA)	Obras Sanitarias del Estado (OSE)	Todo el país		Si	D	3.139.074
HONDURAS	E R L	Aguas del Puerto Cortés S.A.	Puerto Cortés	Urbano	Si	E	70.000
VENEZUELA	Hidrología Venezolana C.A. (HIDROVEN C.A.)	Hidrológico de la Región Suoreste	San Cristobal		Si	C	1.071.492
	Hidrología Venezolana C.A. (HIDROVEN C.A.)	Hidrolara C.A.	Barquisimeto		Si	C	1.424.277

**Tipo de Operador:**

- A. Departamento Local o Nacional Gubernamental del Agua (NO SEPARADA: los gastos de agua/alcantarillado no son informados separadamente de otras actividades del gobierno).
- B. Departamento Local o Nacional Gubernamental del Agua (SEPARADA: los gastos se informan separadamente de las otras actividades del gobierno).
- C. Cuerpo estatutario (DESCENTRALIZADO).
- D. Proveedor Local o Nacional de propiedad total del Gobierno, operando bajo ley comercial.
- E. Proveedor Local o Nacional de propiedad mixta entre el Estado y Privados, operando bajo ley comercial.
- F. Proveedor Privado operando bajo ley comercial.
- G. Operador sin fines de lucro operando bajo ley comercial (COOPERATIVAS).

Fuente: ADERASA

Tabla 3. Muestra de Empresas de Acueducto y Alcantarillado - Colombia

NOMBRE EMPRESA	ESTADO	NATURALEZA DEL ÁREA DE SERVICIOS	SERVICIOS ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO	TIPO DE OPERADOR	NÚMERO DE SUSCRIPTORES ACUEDUCTO
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ E.S.P.	Bogotá, D.C.	Urbano	Si	D	7.024.052
SOCIEDAD DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE BARRANQUILLA S.A. E.S.P.	Barranquilla y área metropolitana - Atlántico (Barranquilla, Galapa, Puerto Colombia, Soledad)	Urbano	Si	F	1.400.594
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E. E.S.P.	Valle del Cauca (Cali)	Urbano	Si	D	2.215.437
AGUAS DE CARTAGENA S.A. E.S.P.	Bolívar (Cartagena)	Urbano	Si	D	724.505
EMPRESA DE AGUAS DE GIRARDOT, RICAURTE Y LA REGIÓN S.A. E.S.P.	Cundinamarca (Girardot)	Urbano	Si	F	134.816
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	Medellín y área metropolitana - Antioquia (Medellín, Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardot, Itagüí, La Estrella, Sabaneta).	Urbano	Si	D	3.864.889
HIDROPACÍFICO S.A. E.S.P.	Valle del Cauca (Buenaventura)	Urbano	Si	F	183.267
EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO S.A. E.S.P.	Valle del Cauca (Cartago)	Urbano	Si	D	152.267
EMPRESA INDUSTRIAL Y COMERCIAL DE CUCUTA E.S.P.	Norte de Santander (Cúcuta)	Urbano	Si	D	586.157
SERVICIODAD E.S.P.	Dosquebradas - Risaralda	Urbano	Si	D	147.128
EMPRESA IBAGUEREÑA DE ACUEDUCTO ALCANTARILLADO S.A. E.S.P. OFICIAL	Tolima (Ibagué)	Urbano	Si	D	435.568
AGUAS DE MANIZALES S.A. E.S.P.	Caldas (Manizales)	Urbano	Si	E	387.327
EMPRESAS PÚBLICAS DE NEIVA E.S.P.	Huila (Neiva)	Urbano	Si	D	336.908
ACUAVIVA S.A. E.S.P.	Valle del Cauca (Palmira)	Urbano	Si	F	262.792
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PEREIRA S.A. E.S.P.	Risaralda (Pereira)	Urbano	Si	D	481.384
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A. E.S.P.	CAuca (Popayán)	Urbano	Si	E	256.362
COMPAÑÍA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO METROPOLITANO DE SANTA MARTA S.A.	Magdalena (Santa Marta)	Urbano	Si	F	313.951
CENTROAGUAS S.A. E.S.P.	Valle del Cauca (Tuluá)	Urbano	Si	F	190.659
SERA Q A - TUNJA E.S.P. S.A.	Boyacá (Tunja)	Urbano	Si	F	148.412
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE PASTO	Nariño (Pasto)	Urbano	Si	E	275.736
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE VALLEDUPAR S.A.	César (Valledupar)	Urbano	Si	D	270.529
EMPRESAS PÚBLICAS DE ARMENIA	Quindío (Armenia)	Urbano	Si	D	347.795
PROACTIVA AGUAS DE MONTERÍA S.A. E.S.P.	Córdoba (Montería)	Urbano	Si	F	246.110
SOCIEDAD DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS DEL VALLE DEL CAUCA S.A. E.S.P.	Alcalá, Andalucía, Ansermanuevo, Argelia, Bolívar, Bugalagrande, Caicedonia, Candelaria, Dagua, El Águila, El Cairo, El Cerrito, El Dovio, Florida, Ginebra, Guacán, Jamundí, La Cumbre, La Unión, La victoria, Obando, Pradera, Restrepo, Riofrio, Roldanillo, San Pedro, Sevilla, Toro, Trujillo, Ulloa, Vujes, Yotoco, Zarzal (Valle)	Urbano	Si	D	608.351
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE CALDAS S.A. EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS	Caldas (Aguadas, Anserma, Belalcazar, Chinchiná, Filadelfia, La Doreada, Manizales, Manzanares, Marquetalia, Marulanda, Neira, Palestina, Risaralda, Riosucio, Salamina, Samaná, San José, Supía, Victoria, Viterbo)	Urbano	Si	D	291.936
CONHYDRA S.A. E.S.P.	Antioquia (Santa Fe, Chigorodó, Marinilla, Mututá, Puerto Berrio, Rionegro, Sonsón, Turbo)	Urbano	Si	F	199.189
AGUAS DE BUGA S.A. E.S.P.	Valle del Cauca (Buga)	Urbano	Si	E	121.964
AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P.	Sucre (Sincelejo)	Urbano	Si	F	207.732
COMPAÑÍA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SOGAMOSO S.A. E.S.P.	Boyacá (Sogamoso)	Urbano	Si	E	134.402
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE YOPAL E.I.C.E. E.S.P.	Casanare (Yopal)	Urbano	Si	D	94.263
EMPRESA DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO DE ZIQAQUIRÁ E.A.A.Z. E.S.P.	Cundinamarca (Zipaquirá)	Urbano	Si	D	99.628
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE DUITAMA EMPODUITAMA LTDA.	Boyacá (Duitama)	Urbano	Si	E	107.901
EMPRESA DE SERVICIOS DE FLORENCIA S.A. E.S.P.	Caquetá (Florencia)	Urbano	Si	F	132.416
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE FUSAGASUGÁ E.S.P.	Cundinamarca (Fusagasugá)	Urbano	Si	D	114.242
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE OCAÑA S.A.	Norte de Santander (Ocaña)	Urbano	Si	F	90.072
EMPRESA MUNICIPAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ARAUCA E.S.P.	Arauca (Arauca)	Urbano	Si	D	51.969
EMPRESA SANITARIA DEL QUINDIO S.A. E.S.P.	Quindío (Buenavista, Circasia, Filandia, Génova, La Tebaida, Montenegro, Quimbaya, Salento)	Urbano	Si	D	137.147
INGENIERÍA TOTAL SERVICIOS PÚBLICOS S.A. E.S.P.	Antioquia (Andes, Bolívar, Jardín, Salgar, Segovia)	Urbano	Si	F	80.740

Fuente: ADERASA

### 3. Esquemas institucionales y regulatorios

Esta sección tiene como fin presentar un resumen de los esquemas institucionales y regulatorios existentes de algunos países miembros de ADERASA, y de los cuales se analiza indicadores de desempeño, con el propósito de establecer un marco de referencia que facilite la interpretación de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que los esquemas institucionales y regulatorios son determinantes para la operación de las empresas de acueducto y alcantarillado, en la medida en la que estos definen el conjunto de instituciones, agentes, responsabilidades, recursos e incentivos bajo la cual operarán dichos prestadores.

Durante la década de los noventa, varios países de Latinoamérica emprendieron una serie de reformas políticas e institucionales que buscaban mejorar y fortalecer el sector agua y saneamiento. Estas reformas, que se expresaron esencialmente a través del establecimiento de un nuevo marco legal, procuraron modificar el modelo de prestación de servicios, el cual se caracterizaba por responder a criterios políticos y no a estándares de tipo técnico y económico. En efecto, en la mayor parte de estos países los operadores de agua y saneamiento debían responder a favores políticos relacionados con contrataciones excesivas de personal, fijación de tarifas bajas que no cubrían el costo eficiente de proveer los servicios y adjudicación de obras sin garantizar procesos de contratación adecuados (Foster, 2005). Como consecuencia, el sector evidenciaba bajas coberturas de acceso a los servicios, deficiente calidad y un alto rezago de inversiones.

Frente a este escenario, el nuevo modelo establecido buscó la separación de las actividades de regulación y control, así como el diseño e implementación de políticas sectoriales, de la provisión directa de los servicios. Como resultado, en varios países se crearon entidades dedicadas a la regulación económica, mientras que la provisión de los servicios se delegó en empresas privadas y/o empresas oficiales que hubieran emprendido un proceso de modernización (Foster, 2005).

Los primeros países latinoamericanos en iniciar las reformas en el sector agua y saneamiento fueron Chile y Argentina. Posteriormente, se sumaron a este proceso países de la región andina (Colombia, Perú y Bolivia). A finales de los noventa, países de América Central y Brasil decidieron implementar estas reformas. Un resumen de esta información se muestra en la Tabla 4.

En relación con la regulación tarifaria del servicio, se destaca que en los países que son federales, como Argentina y Brasil, el ente regulador tiene jurisdicción a nivel de provincia o estado. Entre tanto, en el resto de países el ente regulador tiene jurisdicción a nivel nacional.

Otra característica importante de los procesos de reforma implementados en los países de la región, fue el proceso de descentralización desarrollado. En efecto, en varios países (Argentina, Chile, Colombia y Perú) existía un modelo de "monopolio nacional", en el cual el gobierno central prestaba directamente los servicios. Posteriormente a las reformas adoptadas en estos países se produjo un proceso de descentralización que generó una desagregación de la industria, como se observa en la Tabla 5.

**Tabla 4. Esquemas normativos e institucionales sector agua potable y saneamiento Latinoamérica**

País	Nuevo Marco Legal	Año de Inicio Reforma	Ente Regulador Creado	Descentralización
Argentina	Varios decretos a nivel provincial	1990	Varios a nivel provincial	Regional:Provincial y municipal
Bolivia	Ley SIRESE Ley Sectorial	1994	SISAB	Municipal
Brasil	Ley Sectorial	1990s	Varios a nivel estadual	Municipal
Chile	Ley Sectorial	1989	SISS	Regional
Colombia	Ley Servicios Públicos	1994	CRA	Municipal
Costa Rica	Ley Marco	1996	ARESEP	No
Nicaragua	Ley Sectorial	1998	INAA	No
Panamá	Ley Sectorial	1998	ERSP	No
Paraguay	Ley Sectorial	2000	ERSSAN	No
Perú	Ley Sectorial	1995	SUNASS	Municipal
Uruguay	Ley Marco	2002	URSEA	No

Fuente: ADERASA, Grupo de Tarifas y Subsidios. "Las Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en América Latina"

**Tabla 5. Esquemas de provisión de los servicios de agua potable y saneamiento Latinoamérica**

País	Forma de Provisión antes de las Reformas	Forma de Provisión después de las Reformas
Argentina	Monopolio nacional (OSN)	Regional: Provincial y municipal
Chile	Monopolio nacional (SENDOS)	Regional
Colombia	Monopolio nacional (INSFOPAL)	Municipal
Perú	Monopolio nacional (SENAPA)	Municipal

Fuente: ADERASA, Grupo de Tarifas y Subsidios. "Las Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en América Latina"

La Tabla 6 contiene algunas características de los esquemas de regulación tarifaria en los países miembros de ADERASA. La mayoría de países establecen metodologías tarifarias por medio de normas que ayudan a soportar la aplicación de las mismas (Leyes, Decretos y Reglamentos). Así mismo, se observa que la mayoría de esta normatividad aplica a nivel nacional, si bien para aquellos países que son federales, la aplicación de dicha normativa se

ajusta al Estado. Además en aquellos casos en los cuales se cuenta con contratos previos a la expedición del marco legal, la metodología se estableció por contrato.

De otra parte, en cuanto al tipo de regulación, se verifica que la regulación por precios techo es la característica común en estos países, si bien existen varias diferencias entre los modelos implementados.

**Tabla 6. Características Esquemas de Regulación Tarifaria**

País	Ciudad	Existencia metodología tarifaria	Establecimiento metodología	Alcance geográfico	Tipo de regulación
Argentina	Buenos Aires	SI	Decreto	Región	-
	Córdoba	SI	Decreto	Provincia	Precios techo
Bolivia		SI	Contrato	Local	Precios techo
Brasil	Pernambuco	SI	Decreto	Estado	
	Sao Paulo	SI	Decreto	Estado	N.A.
Chile		SI	Ley	Nacional	Precios techo
Colombia		SI	Reglamento	Nacional	Precios techo
Costa Rica		SI	Ley y Decreto	Nacional	Tasa de retorno
Nicaragua		SI	Ley y Decreto	Nacional	Precios techo
Panamá		NO		Nacional	Precios techo
Paraguay		SI	Reglamento	Nacional	Precios techo
Perú		SI	Ley y Decreto	Nacional	Precios techo
Uruguay		NO		Nacional	Precios techo contrato

N.A. No aplica

Fuente: ADERASA, Grupo de Tarifas y Subsidios. "Las Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en América Latina"

## 4. Indicadores

### 4.1. Indicadores de estructura del servicio

#### 4.1.1. Cobertura de acueducto

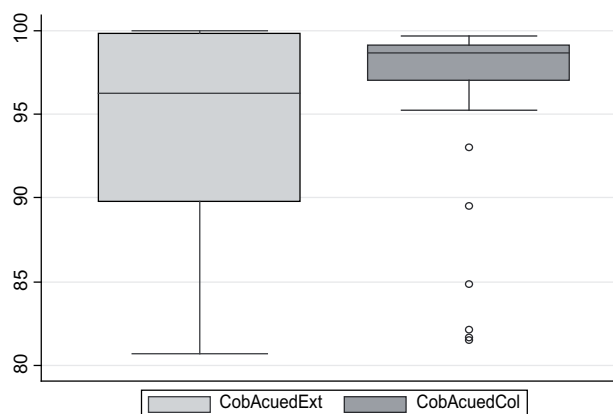
La Tabla 7 y el Gráfico de Caja<sup>3</sup> 1 describen las principales estadísticas del indicador de cobertura de acueducto para la muestra de empresas analizada.

**Tabla 7. Cobertura de acueducto (%)**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Cob Acueducto Ext.	20	93.95	6.59	80.73	100
Cob Acueducto Colombia	33	96.15	5.54	81.55	99.7

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico de Caja 1. Cobertura de acueducto (%)**



Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

De acuerdo con las estadísticas de este indicador, el grupo de empresas colombia-

nas exhibe, en promedio, mayor nivel de cobertura de acueducto que los operadores de otros países. Asimismo, se destaca que en el país se observa una menor dispersión de este indicador, si bien existen varios valores ubicados en el extremo inferior de la caja.

#### 4.1.2. Cobertura de alcantarillado

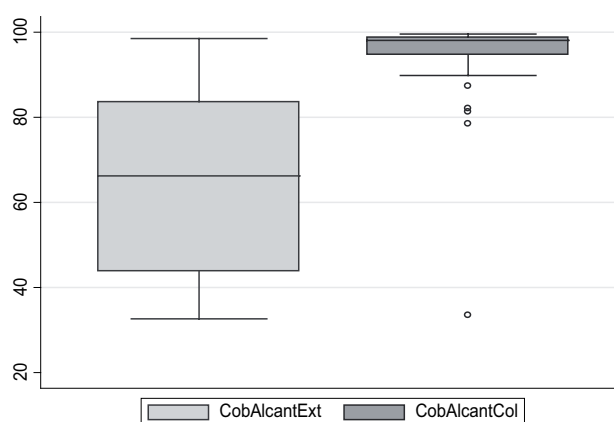
La Tabla 8 y el Gráfico de Caja 2 presentan las estadísticas descriptivas para el indicador de cobertura de alcantarillado.

<sup>3</sup> El gráfico de caja describe información de una variable con base en cinco estadísticas: i) valor máximo (límite superior), ii) tercer cuartil (extremo superior de la caja), iii) mediana (segmento dentro de la caja), iv) primer cuartil (extremo inferior de la caja) y v) valor mínimo (límite inferior). Los valores que se encuentran por fuera de la caja se consideran valores extremos o atípicos. Además, se concluye que si la mediana está en el centro de la caja o cerca de él, constituye un indicio de simetría de los datos. La ventaja de este tipo de gráfico es que permite resumir datos de manera simple con pocos elementos.

**Tabla 8. Cobertura de alcantarillado (%)**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Cob Alcantarillado Ext.	15	63.79	21.38	32.61	98.46
Cob Alcantarillado Colombia	32	93.42	12.29	33.44	99.6

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico de Caja 2. Cobertura de alcantarillado (%)**

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

La información estadística de esta variable permite evidenciar que los operadores nacionales poseen mayor nivel de cobertura del servicio de alcantarillado, y una menor dispersión de este indicador, en comparación al grupo de operadores de otros países.

Adicionalmente a los gráficos de caja, resulta útil considerar los indicadores de acueducto y alcantarillado de manera conjunta para la muestra de operadores. Los Gráficos 1 y 2 presentan esta información. El Gráfico 1 muestra los operadores con mayor cobertura de acueducto, superior al 96% para el año 2007, mientras que el Gráfico 2 incorpora aquellos operadores con cobertura de acueducto inferior a este valor.

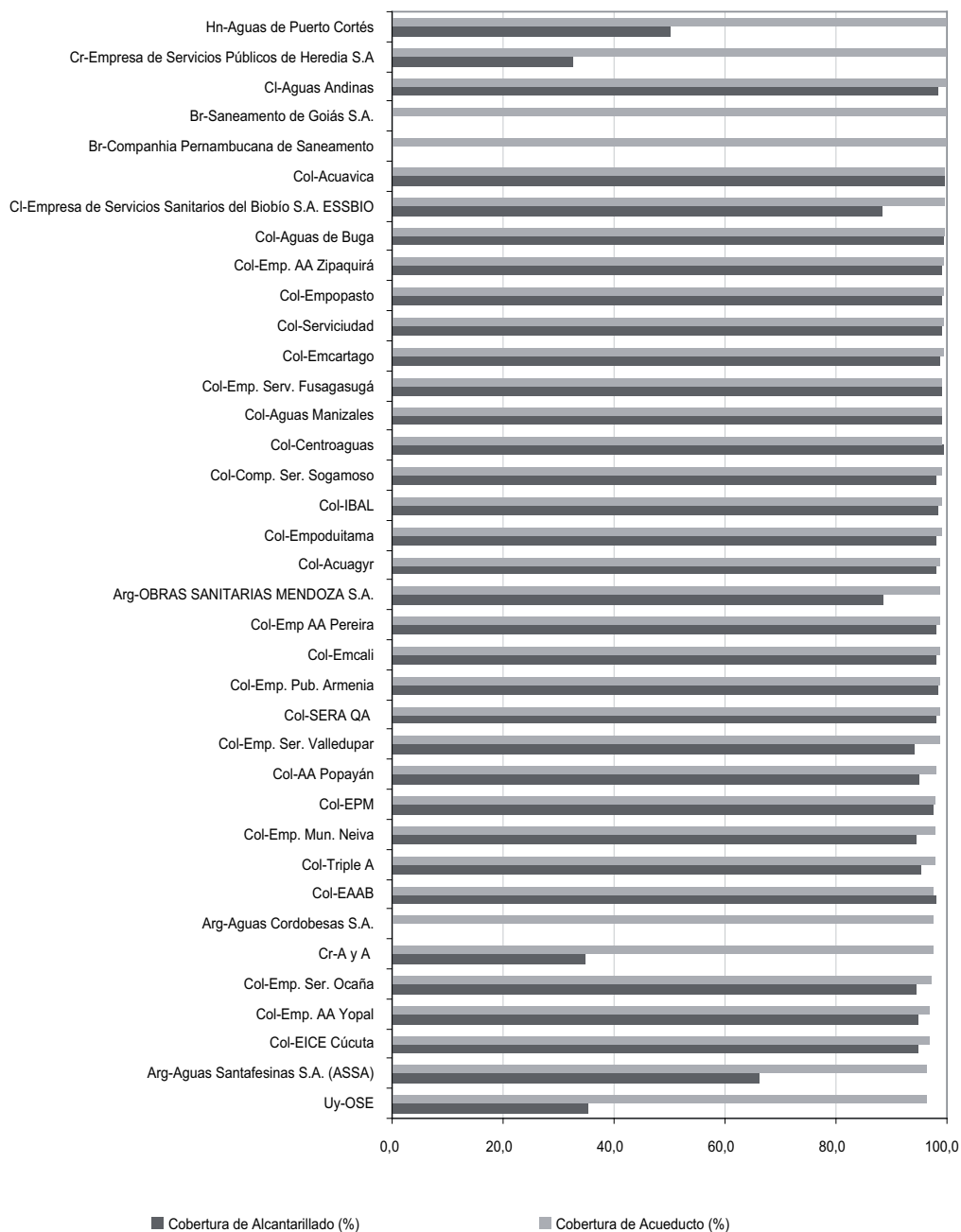
El Gráfico 1 permite evidenciar que, en términos generales, aquellos operadores con coberturas de acueducto altas también mues-

tran coberturas de alcantarillado altas. Sin embargo, se destacan algunas empresas, entre ellas la empresa OSE de Uruguay, las empresas A y A y Empresa de Servicios Públicos de Heredia S. A. de Costa Rica, con diferencias mayores a 50 puntos porcentuales.

Entre tanto, los operadores con coberturas de acueducto menores al 96% exhiben una mayor brecha entre la cobertura de acueducto y alcantarillado, con una diferencia promedio de 16 puntos porcentuales entre coberturas.

Igualmente se destaca que la mayor parte de operadores nacionales exhibe coberturas mayores que el grupo de operadores de otros países, por lo que las empresas nacionales evidencian un mejor desempeño relativo que algunas empresas de países como Perú, Venezuela, Panamá, Paraguay y México.

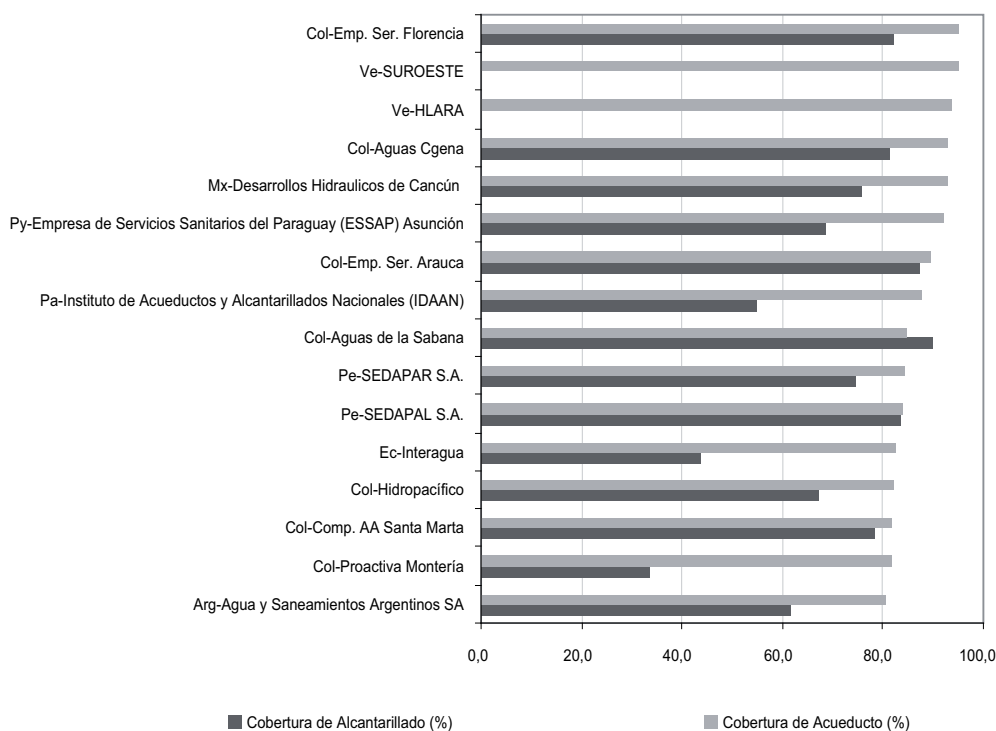
**Gráfico 1. Cobertura de acueducto y alcantarillado (%)  
Operadores con cobertura de acueducto superior al 96%**



Fuente: ADERASA.



**Gráfico 2. Cobertura de acueducto y alcantarillado (%)  
Operadores con cobertura de acueducto inferior al 96%**



Fuente: ADERASA.

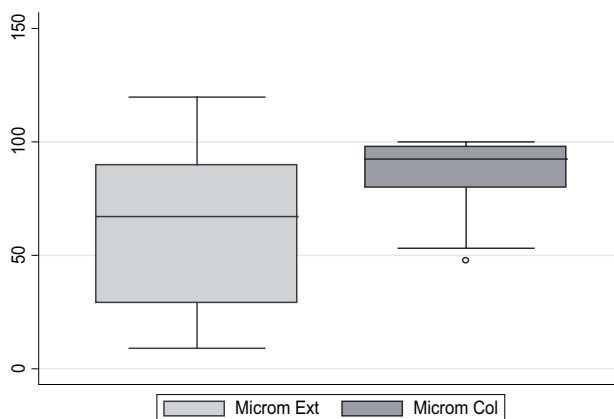
#### 4.1.3. Cobertura de micromedición

La Tabla 9 y el Gráfico de Caja 3 presentan las estadísticas descriptivas de la cobertura en la micromedición para la muestra de operadores analizados.

**Tabla 9. Cobertura de micromedición (%)**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Micromedición Ext.	18	62.99	34.56	9.02	119.71
Micromedición Colombia	38	86.49	15.11	47.6	99.93

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico de Caja 3. Cobertura de micromedición (%)**

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

Se observa que en promedio las empresas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado del país presentan una mayor cobertura de micromedición que aquella evidenciada por los prestadores de otros países. El valor promedio de esta cobertura es de 86,5% para los prestadores nacionales, mientras que este valor es cercano a 66% para el resto de países, reflejando la importancia que se ha dado en el país al tema de facturación del servicio con base en el consumo del usuario.

De otra parte, el Gráfico de Caja 3 permite inferir que existe mayor dispersión en la cobertura de micromedición del grupo de prestadores externos, en comparación con las empresas nacionales.

Vale la pena resaltar que la cobertura de micromedición de algunos prestadores de países Latinoamericanos es mayor al 100% debido a que en estos países resulta difícil diferenciar entre el concepto de “cuenta” (unidad objeto

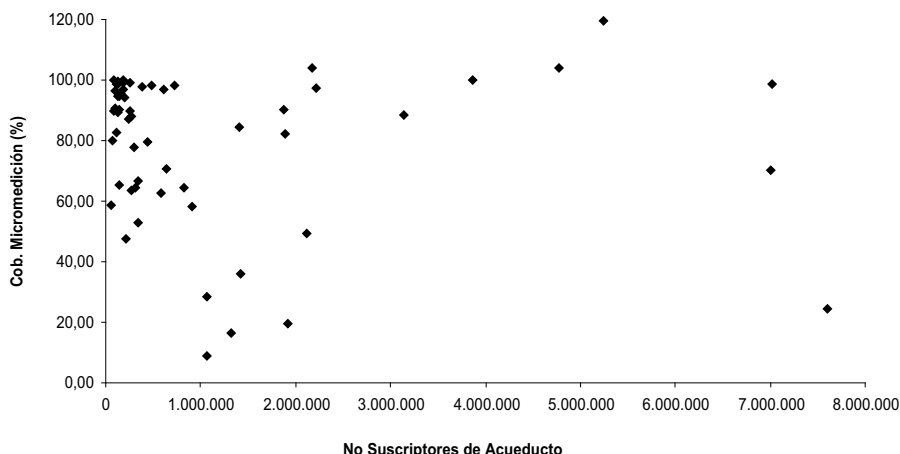
de facturación) y el de “conexión”. En contraste, en Colombia estos dos conceptos expresan una misma realidad, por lo que la cobertura de micromedición será siempre inferior o igual al 100%.

Teniendo en cuenta que se considera que la existencia de medidor promueve el consumo racional del recurso hídrico, es posible afirmar que en el país están dadas las condiciones para incentivar un uso racional del agua.

De otra parte, el Gráfico 3 intenta verificar la existencia de una relación entre el tamaño del operador, medido por el número de suscriptores con acceso al servicio de acueducto, y el nivel de micromedición.

Como se observa en este Gráfico, no hay una clara relación entre el tamaño de los prestadores y la cobertura de micromedición. En efecto, se observa que existen altos niveles de micromedición independientemente del número de prestadores del operador.

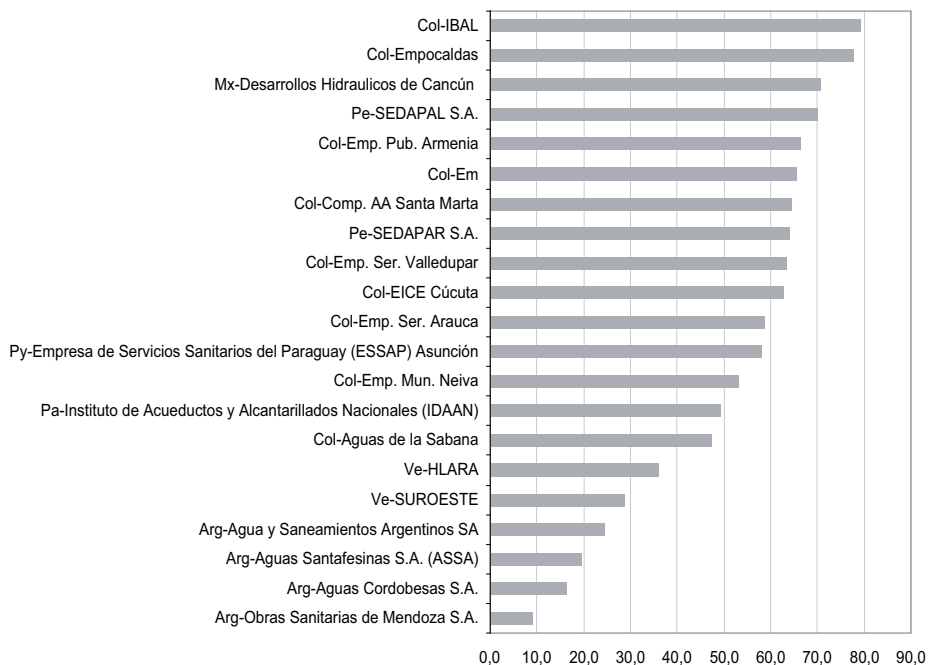
**Gráfico 3. Cobertura de Micromedición vs Tamaño de Empresa (No de Suscriptores)**



Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

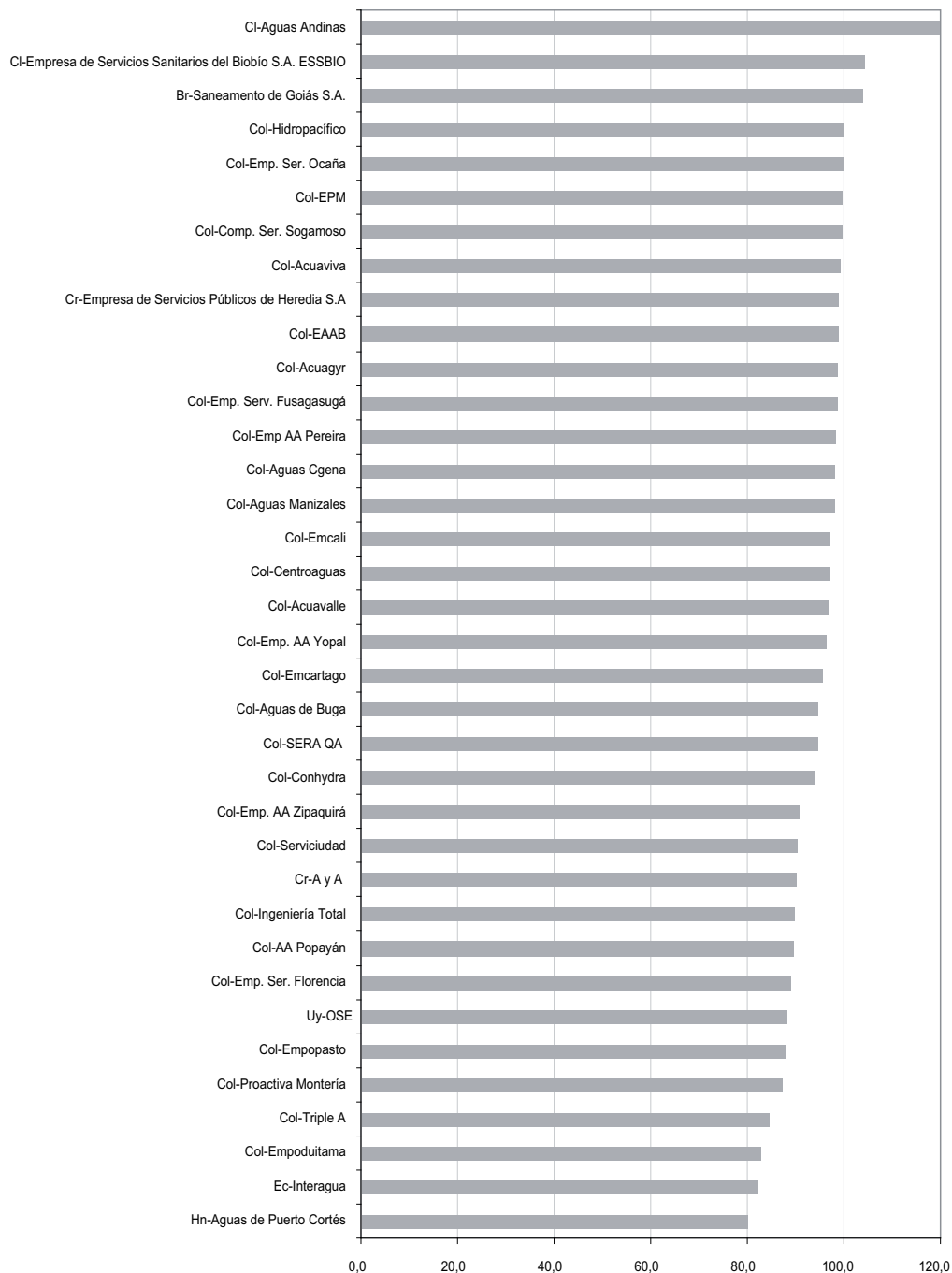
Por su parte, como se observa en los Gráficos 4 y 5, los operadores de acueducto y alcantarillado del país tienden a presentar altas coberturas de micromedición dentro de la muestra de empresas seleccionadas.

**Gráfico 4. Cobertura de micromedición (%) Operadores con cobertura inferior al 80%**



Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico 5. Cobertura de micromedición (%)  
Operadores con cobertura superior al 80%**



Fuente: ADERASA.

#### 4.1.4. Empleados totales por conexión

En cuanto a los empleados totales por conexión, se observa en la Tabla 7 y el Gráfico de Caja 4 que las empresas nacionales muestran un valor promedio mayor en comparación con los prestadores de otros países. Por lo tanto, estas cifras estarían indicando que los operadores nacionales estarían contratando

más empleados por conexión que el resto de operadores la muestra analizada.

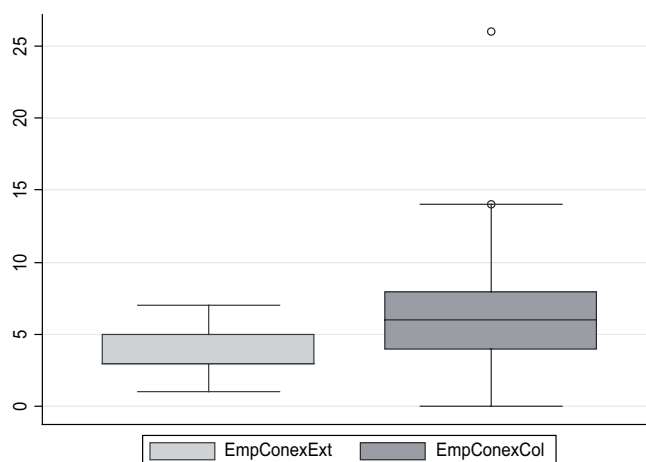
Asimismo, estas cifras demuestran que esta variable presenta mayor dispersión para los prestadores nacionales, incluyendo la existencia de valores extremos ubicados en la barrera exterior superior de la caja.

**Tabla 7. Empleados Totales por Conexión**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Personal Ext	19	3.68	1.56	1	7
Personal Colombia	38	6.63	4.29	1	26

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico de Caja 4. Empleados Totales por Conexión**



Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

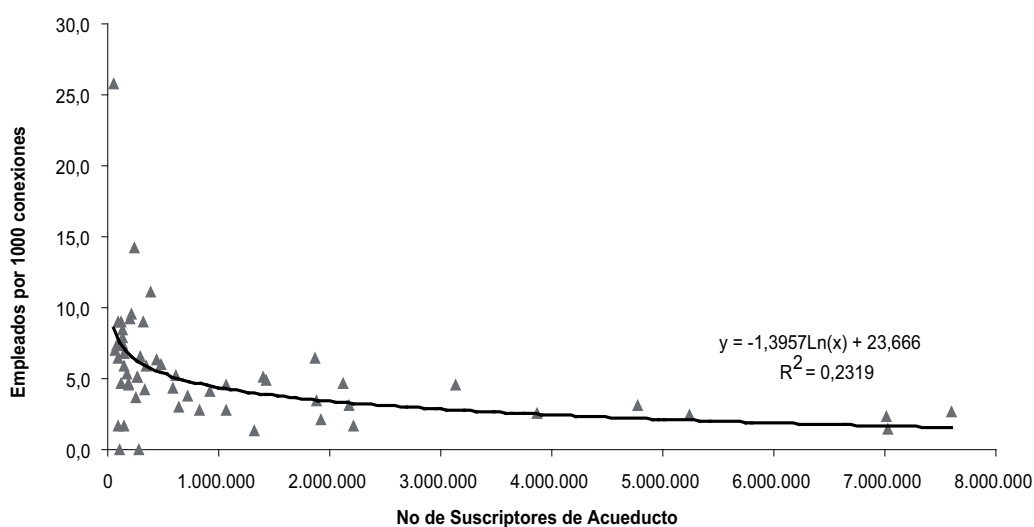
Sin embargo, estos resultados deben tomarse con precaución. Debido a que es una práctica común entre los operadores de los servicios de acueducto y alcantarillado la subcontratación con terceros de algunas actividades propias de la prestación de estos servicios, es posible que estos trabajadores no se estén incorporando en el cálculo del

indicador, el cual se define como el número de empleados de nómina que trabajan a “Tiempo Completo Equivalente”. En este sentido, no es posible obtener conclusiones adicionales sobre el comportamiento de esta variable, la cual suele asociarse al nivel de eficiencia de los prestadores.

Con el propósito de obtener mayor inferencia en relación con este indicador, el Gráfico que se presenta a continuación muestra la correlación entre el tamaño del prestador, medido a través del número de suscriptores con acceso al servicio de agua potable, y el número de empleados por 1.000 conexiones. Como se observa, existe una relación inversa

entre estas dos variables, lo cual podría ser un indicio de la existencia de economías de escala en la administración y operación de los sistemas de acueducto. De este modo, se evidencia que los prestadores de mayor tamaño requieren de un número menor de empleados por cada 1.000 conexiones.

**Gráfico 6. Empleados por 1.000 conexiones vs. Tamaño de Empresa (No. de Suscriptores)**



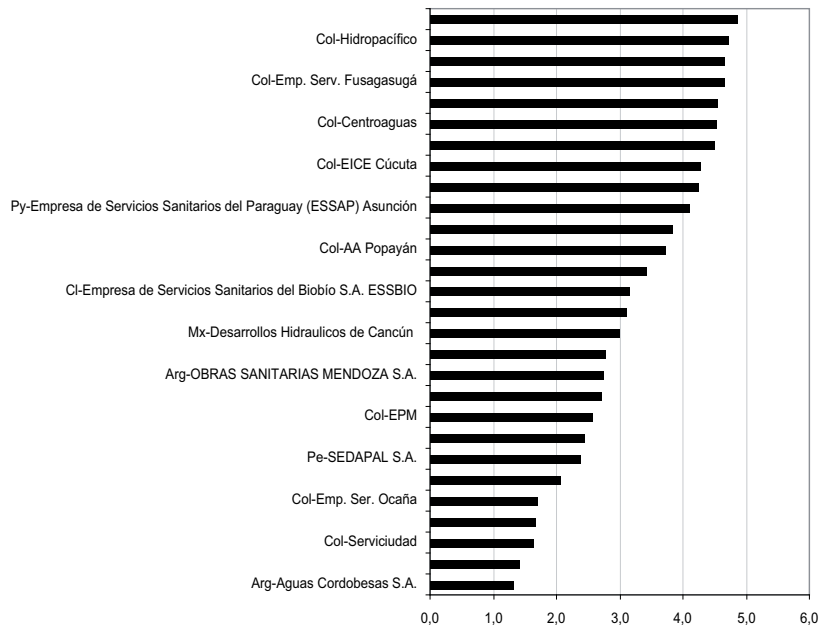
Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

Adicionalmente, los Gráficos 7 y 8 muestran el número de empleados por 1.000 conexiones para las empresas que hacen parte de la muestra. El Gráfico 7 corresponde a los operadores con un indicador menor a 5%, mientras que el Gráfico 8 presenta los operadores con un indicador mayor al 5%.

Se evidencia que los mayores valores corresponden a los operadores nacionales,

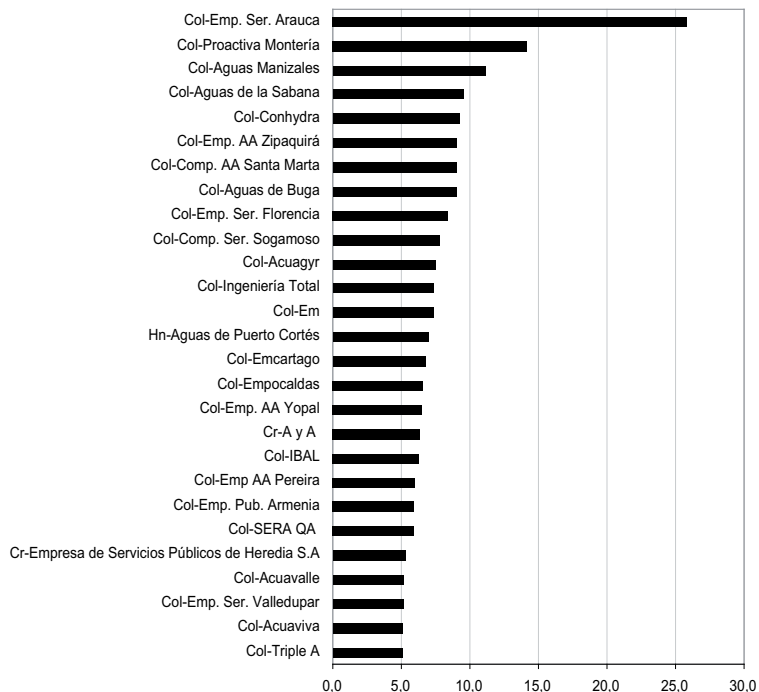
mientras que entre los valores más bajos se encuentran empresas de Argentina, una empresa chilena y algunas empresas nacionales. Sin embargo, debe recordarse que las cifras de este indicador podrían no estar revelando información en relación con el número de empleados subcontractados, por lo que no es posible obtener conclusiones robustas en relación con el desempeño relativo de los operadores.

**Gráfico 7. Empleados por 1.000 conexiones -Operadores con indicador menor a 5**



Fuente: ADERASA.

**Gráfico 8. Empleados por 1.000 conexiones - Operadores con indicador mayor a 5**



Fuente: ADERASA.

#### 4.1.5. Consumo de agua potable por habitante

Las estadísticas de la Tabla 8 y el Gráfico de Caja 7 permiten concluir que el consumo

promedio de agua potable por habitante tiende a ser superior en el grupo de operadores del servicio de acueducto de otros países en comparación con los operadores del país.

**Tabla 8. Consumo de Agua Potable por Habitante (litros/habitante/día)**

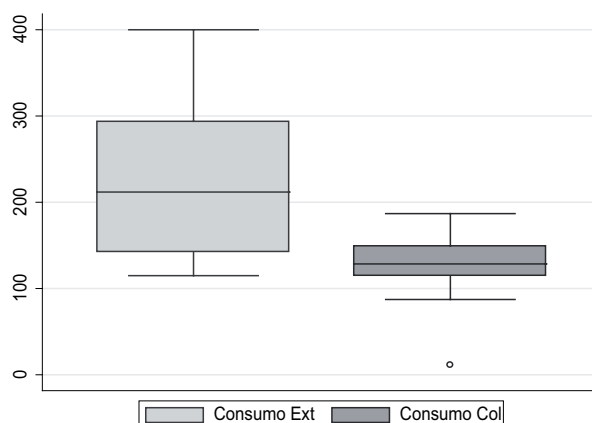
Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Consumo Ext	12	227.08	100.91	114.94	399.84
Consumo Colombia	38	129.56	31.03	10.93	186.89

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

Igualmente, se destaca que el consumo de agua por habitante presenta una menor dispersión en las empresas nacionales que en el

grupo de prestadores externos, lo cual podría ser consecuencia del alto nivel de micromedición que existe en el país.

**Gráfico de Caja 7. Consumo de Agua Potable por Habitante (litros/habitante/día)**



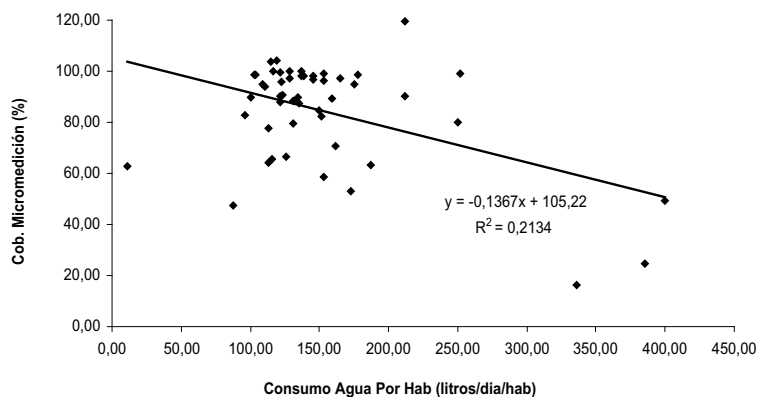
Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

En efecto, como se verifica en el Gráfico 9 se percibe una relación inversa entre el consumo por habitante y la cobertura de micromedición, lo cual implica que los usuarios se ven incentivados a realizar un consumo racional del recurso en la medida en la que cuentan con micromedidor. No obstante, el coeficiente de

correlación entre estas dos variables no es muy alto, indicando que otras variables pueden también afectar el nivel de consumo por habitante, entre ellas las tarifas del servicio, el nivel de ingreso y variables asociados al clima de la ciudad (altura sobre el nivel del mar), las cuales pueden influenciar los patrones de consumo.



**Gráfico 9. Cobertura Micromedición vs. Consumo agua por habitante**

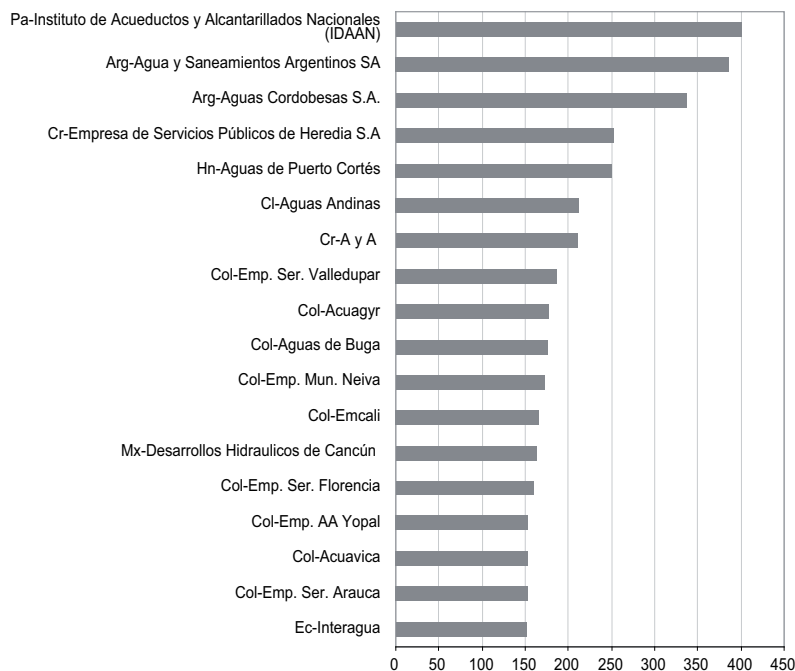


Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

De otra parte, los Gráficos 10 y 11 presentan el consumo de agua por habitante para las empresas de la muestra. Estos Gráficos permiten concluir que en general los operadores con mayor consumo de agua presentan niveles

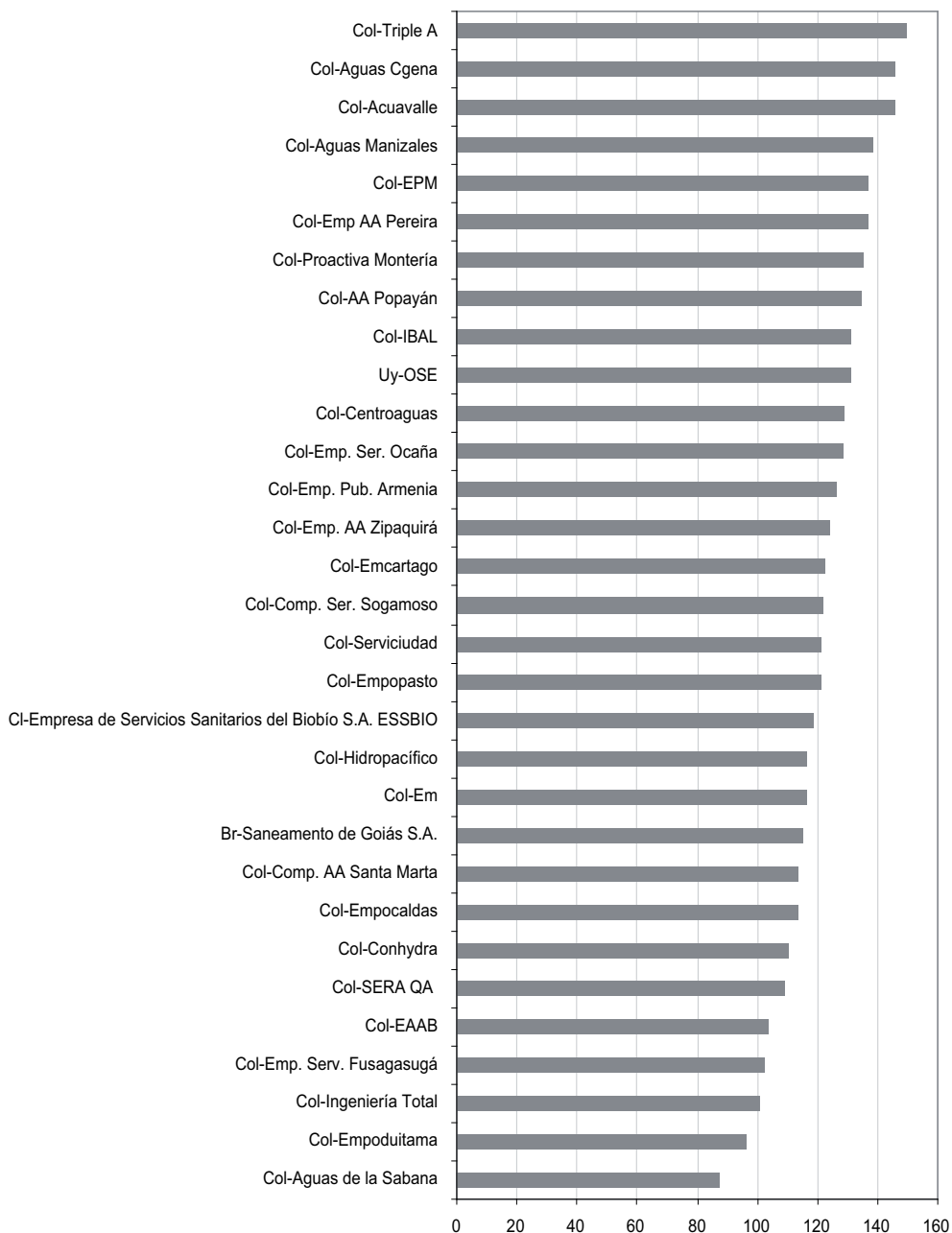
relativamente bajos de micromedición, como es el caso de Aguas Cordobesas S.A. y Agua y Saneamientos Argentinos SA de Argentina y el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales de Panamá.

**Gráfico 10. Consumo de Agua Por Habitante Día - Empresas con más de 150 Litros/Día/Hab.**



Fuente: ADERASA.

**Gráfico 11. Consumo de Agua Por Habitante Día  
- Empresas con menos de 150 Litros/Día/Hab.**



Fuente: ADERASA.

## 4.2. Indicadores económicos - financieros

total de agua comercializada para el período informado (USD/m<sup>3</sup>).

### 4.2.1. Costos operativos de agua potable

Las estadísticas para este indicador se encuentran resumidas en la Tabla 9, así como el Gráfico de Caja 8. Como se observa en estas estadísticas, el valor promedio de este costo es levemente superior en el grupo de empresas nacionales en relación con el grupo de operadores de otros países.

#### 4.2.1.1. Costo unitario por cuenta

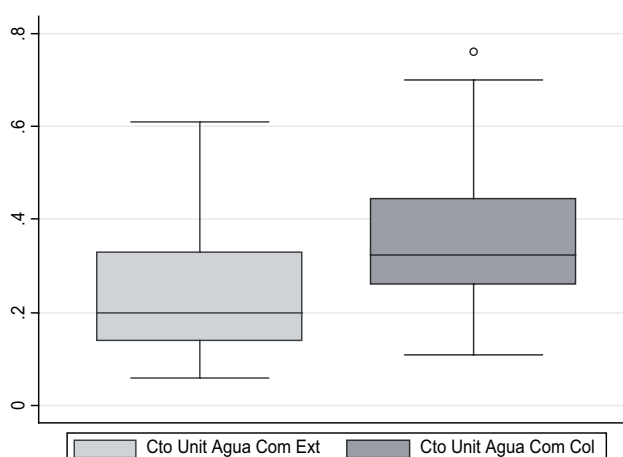
Como se comentó anteriormente, este indicador resulta de dividir los costos operativos de entregar agua potable entre la cantidad

**Tabla 9. Costo Unitario por Cuenta (U\$S/m<sup>3</sup>)**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Costo Unitario Ext	10	0.23	0.16	.06	.61
Costo Unitario Colombia	36	0.36	0.15	.11	.76

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico de Caja 8. Costo Unitario por Cuenta (U\$S/m<sup>3</sup>)**



Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

Sin embargo, debe señalarse que un valor alto de este indicador no puede asociarse necesariamente a la fijación de costos ineficientes que se trasladan directamente a las tarifas debido a la diferencia en la asignación de costos entre países, y a la incorporación de particularidades relevantes en este costo, como es el caso de las características geográficas de los sistemas, la calidad de agua de

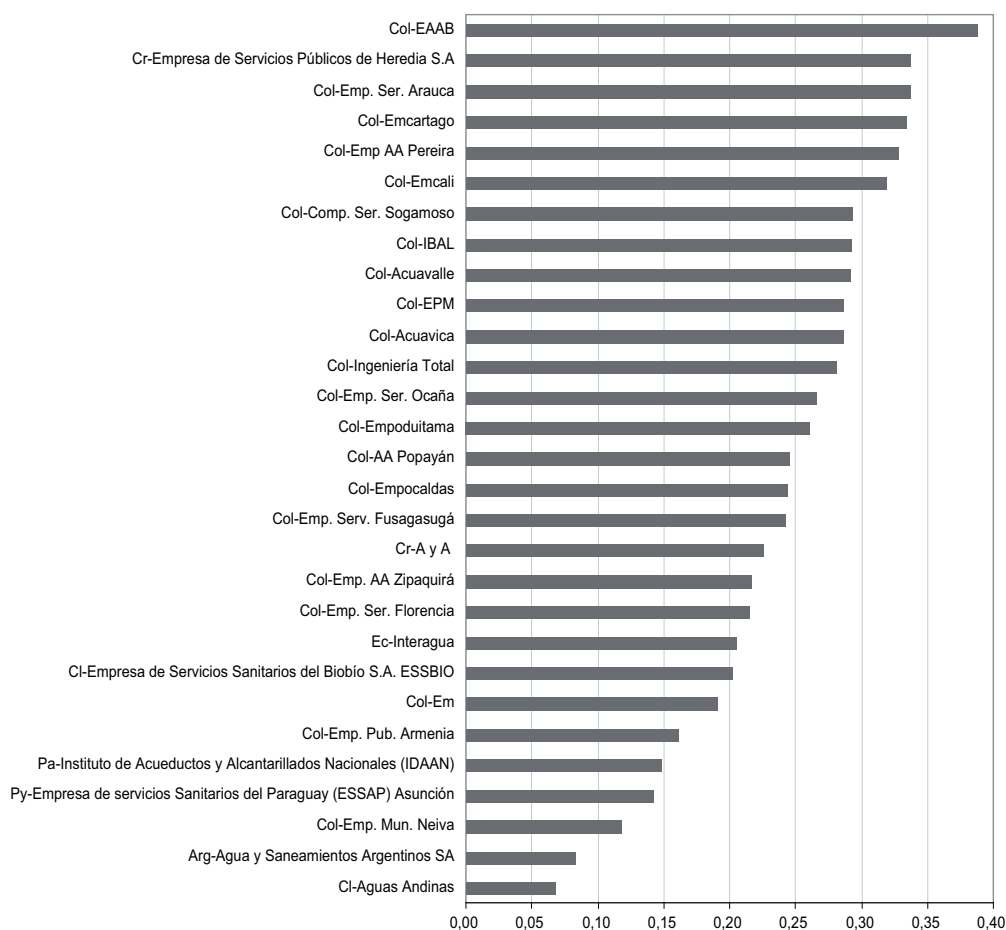
la fuente, así como los costos de energía. En consecuencia, con el fin de complementar las conclusiones obtenidas con este indicador, resulta conveniente analizar otros indicadores de costo como se desarrollará más adelante.

De otra parte los Gráficos 12 y 13 presentan los costos unitarios por cuenta para las empresas de la muestra. Se observa que los

menores costos unitarios por cuenta hacen referencia a empresas de Chile (Aguas Andinas), Argentina (Agua y Saneamientos Argentinos SA), Paraguay (Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay ESSAP), Panamá (Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales IDAAN) y una empresa de Colombia (Emp. Mun. Neiva).

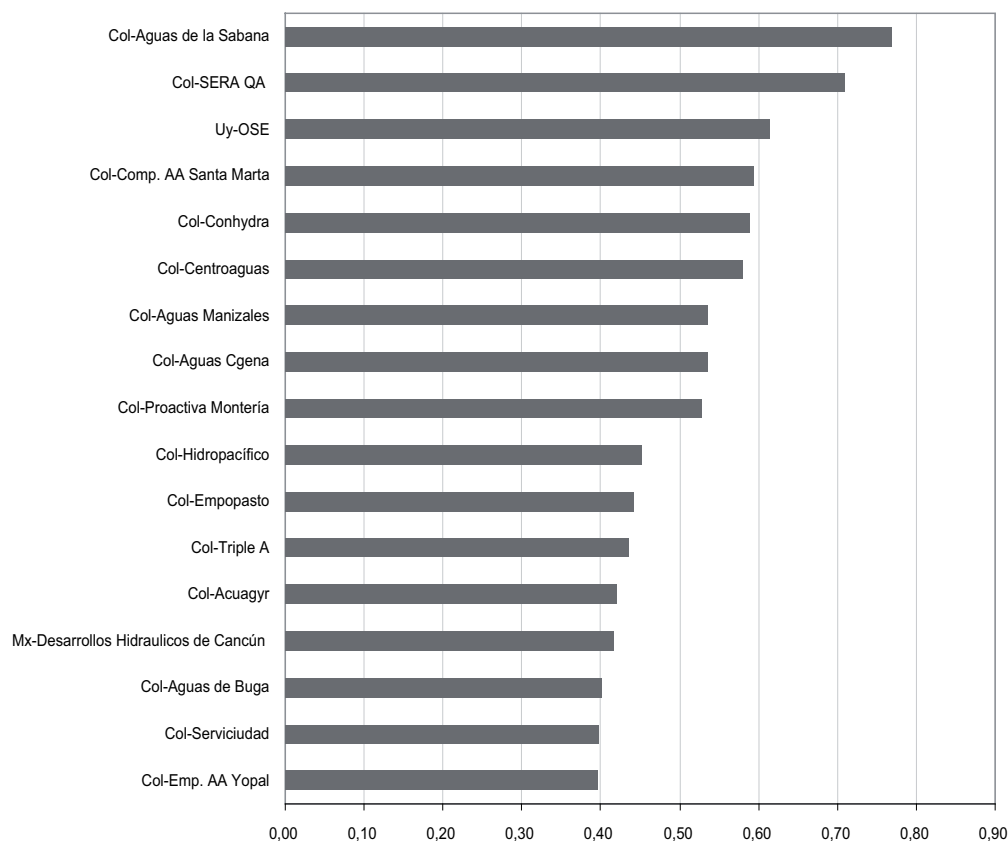
Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los resultados que arroja este indicador deben tomarse con precaución en la medida en la que los esquemas de regulación y la fijación de tarifas son diferentes en cada país, por lo que no existe perfecta homogeneidad en relación con los costos que se están incluyendo en este indicador.

**Gráfico 12. Costo Unitario Por Cuenta (U\$S/m<sup>3</sup>)  
– Empresas con valor inferior a 0.40 U\$S/m<sup>3</sup>**



Fuente: ADERASA.

**Gráfico 13. Costo Unitario Por Cuenta (U\$S/m<sup>3</sup>)  
–Empresas con valor superior a 0.40 U\$S/m<sup>3</sup>**



Fuente: ADERASA.

#### 4.2.1.2. Incidencia de la mano de obra

La Tabla 10 y el Gráfico de Caja 9 permiten señalar que el porcentaje promedio del costo de mano de obra en relación con el costo operativo de agua potable es ligeramente

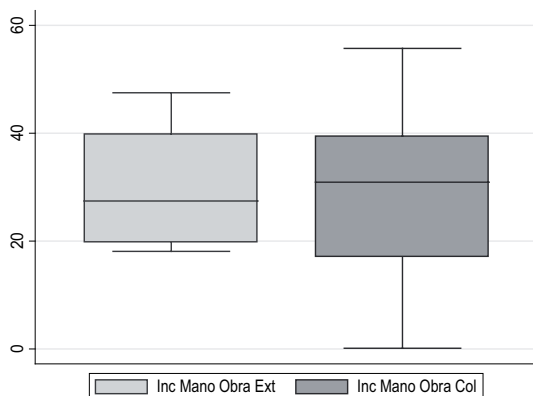
inferior en el grupo de empresas nacionales en comparación al grupo de prestadores de otros países, si bien esta variable tiene una mayor dispersión en el grupo de prestadores nacionales.

**Tabla 10. Incidencia de la mano de obra (%)**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Inc Mano Obra Ext	11	29.74	10.68	18.07	47.48
Inc Mano Obra Colombia	35	28.25	14.59	0.12	55.7

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

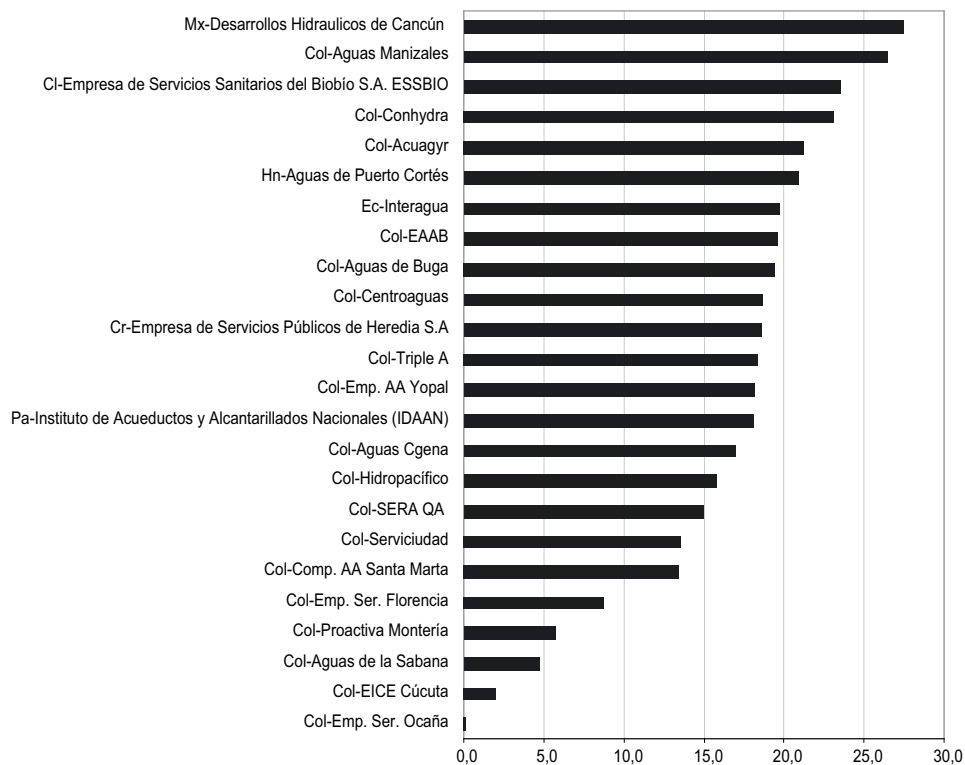
**Gráfico de Caja 9. Incidencia de la mano de obra (%)**



Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

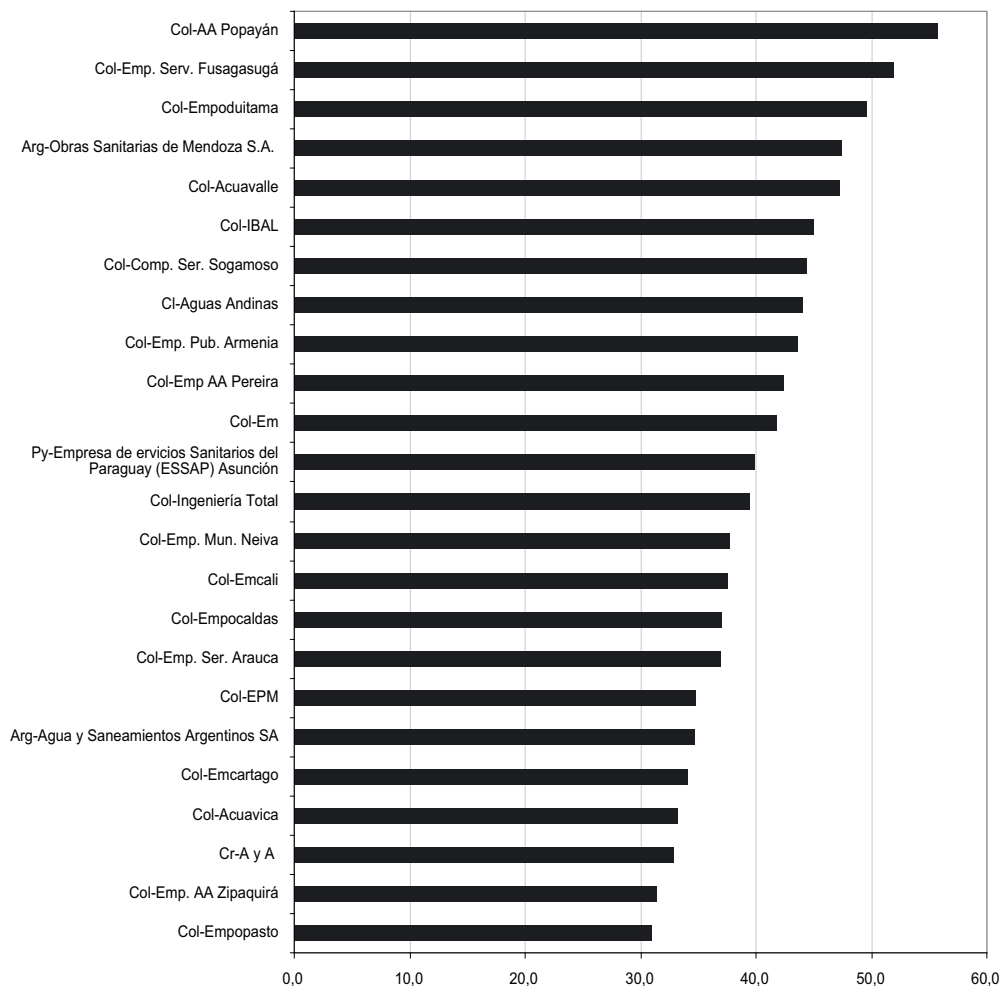
Los Gráficos 14 y 15 muestran los porcentajes de incidencia de la mano de obra en el costo operativo del servicio, para las empresas de la muestra.

**Gráfico 14. Incidencia de la mano de obra (%)  
Empresas con porcentaje inferior a 30%**



Fuente: ADERASA.

**Gráfico 15. Incidencia de la mano de obra (%)  
Empresas con porcentaje superior a 30%**



Fuente: ADERASA.

Se destaca que los valores más altos para este indicador corresponden a empresas nacionales (IBAL, Acuavalle, Empoduitama, Empresa de Servicios Públicos de Fusagasugá, y Acueducto y Alcantarillado de Popayán) y una empresa de Argentina (Obras Sanitarias de Mendoza S.A.).

Igualmente, los menores valores de porcentaje de incidencia de la mano de obra en el costo operativo, también corresponden a empresas nacionales, como es el caso de Emp. Ser. Ocaña, EICE de Cúcuta, Aguas de la Sabana, Proactiva de Montería y Emp. de Servicios Públicos de Florencia, evidenciando la alta dispersión de esta variable.

#### 4.2.1.3. Incidencia del costo de la energía

De acuerdo con la información contenida en la Tabla 11 y en el Gráfico de Caja 10, el porcentaje promedio del costo de la energía

en relación con el costo total operativo de agua potable es menor en los operadores de acueducto y alcantarillado del país en relación con los operadores de otros países.

**Tabla 11. Incidencia del costo de energía (%)**

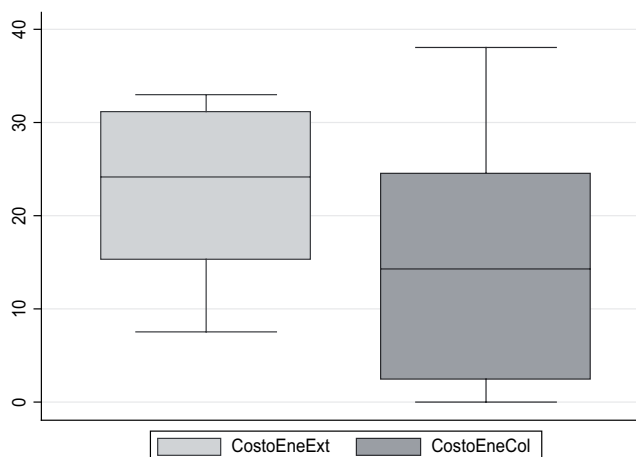
Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Inc Costo Energía Ext	10	22.84	8.54	7.57	33.03
Inc Costo Energía Colombia	19	15.34	12.01	0.1	37.98

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

No obstante, si bien el valor promedio de esta variable es menor en el grupo de presta-

dores nacionales, se presenta una alta dispersión de la misma.

**Gráfico de Caja 10. Incidencia del costo de la energía (%)**



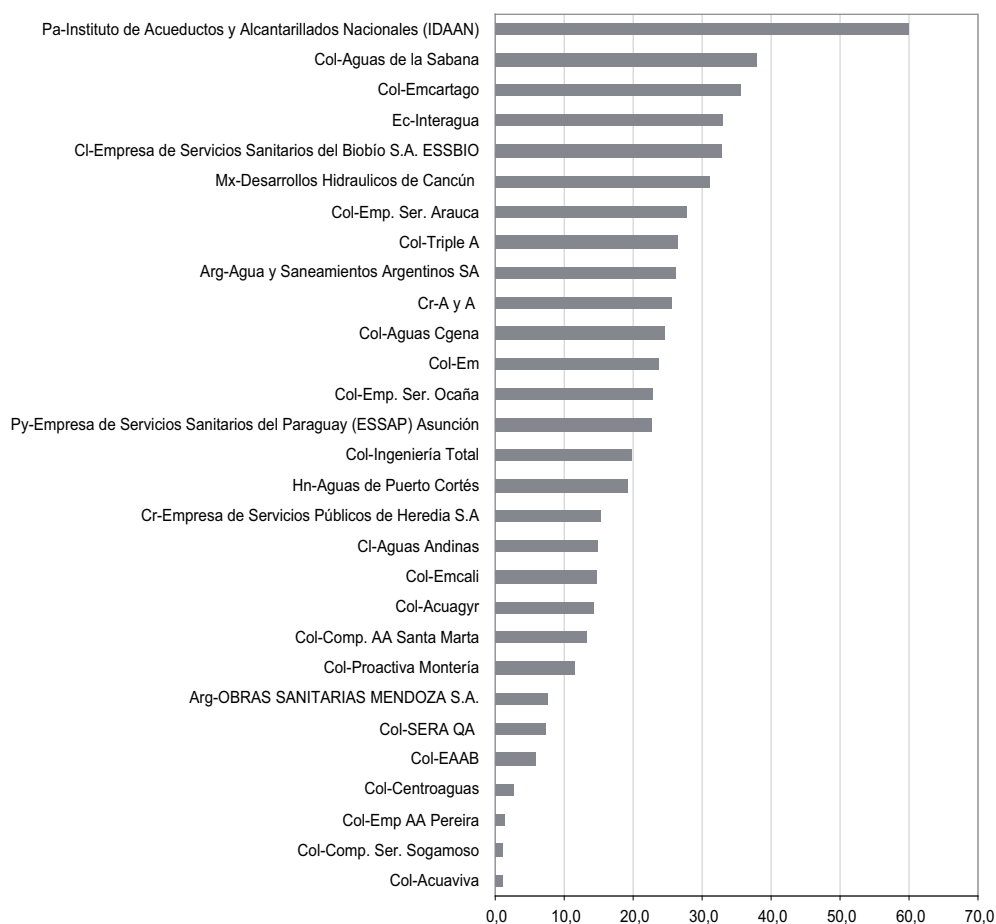
Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

Por otro lado, el Gráfico 16 permite verificar que los mayores porcentajes de la incidencia del costo de energía en el costo unitario de agua potable corresponden a empresas de

Panamá, Colombia, Ecuador y Chile, mientras que los valores menores hacen referencia a prestadores de Colombia, lo cual confirma la alta dispersión de esta variable.



**Gráfico 16. Incidencia del costo de la energía (%)**



Fuente: ADERASA.

**4.2.1.4. Incidencia del costo de los productos químicos**

Las estadísticas descriptivas de la incidencia del costo de los productos químicos en el costo operativo de proveer agua potable

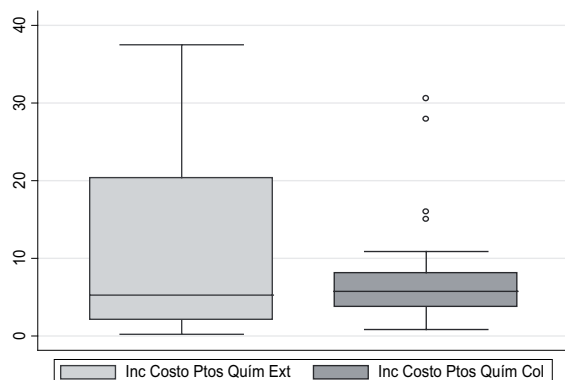
contenidas en la Tabla 12, así como el Gráfico de Caja 11, permiten afirmar que el valor de esta variable es menor en el grupo de empresas nacionales en comparación al grupo de prestadores de otros países, evidenciando a su vez, una menor dispersión.

**Tabla 12. Incidencia del costo de los productos químicos (%)**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Inc Costo PQ Ext	11	10.36	11.62	0.21	37.5
Inc Costo PQ Colombia	35	7.35	6.37	0.83	30.58

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

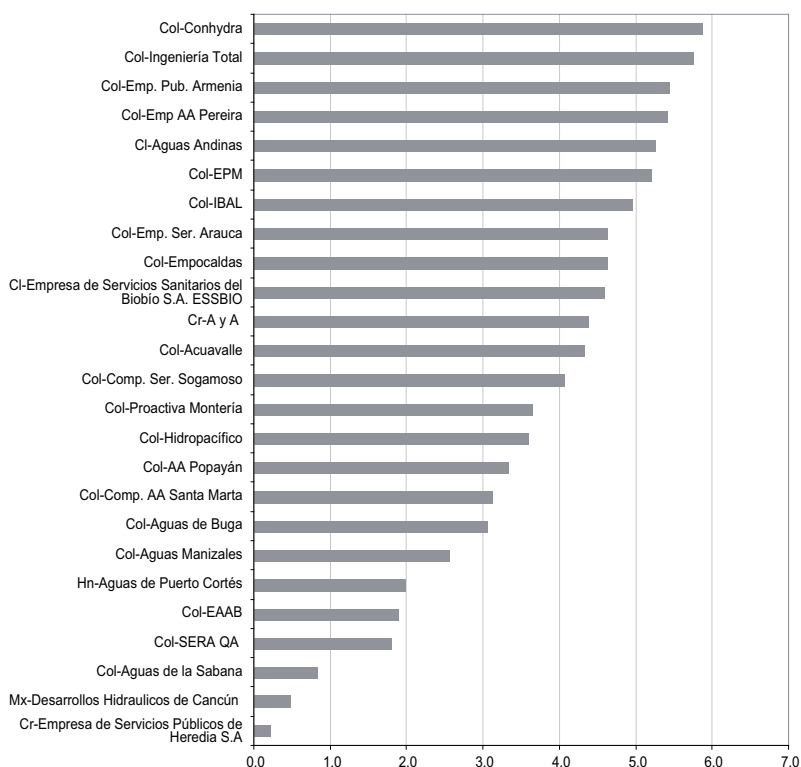
**Gráfico de Caja 11. Incidencia del costo de los productos químicos (%)**



Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

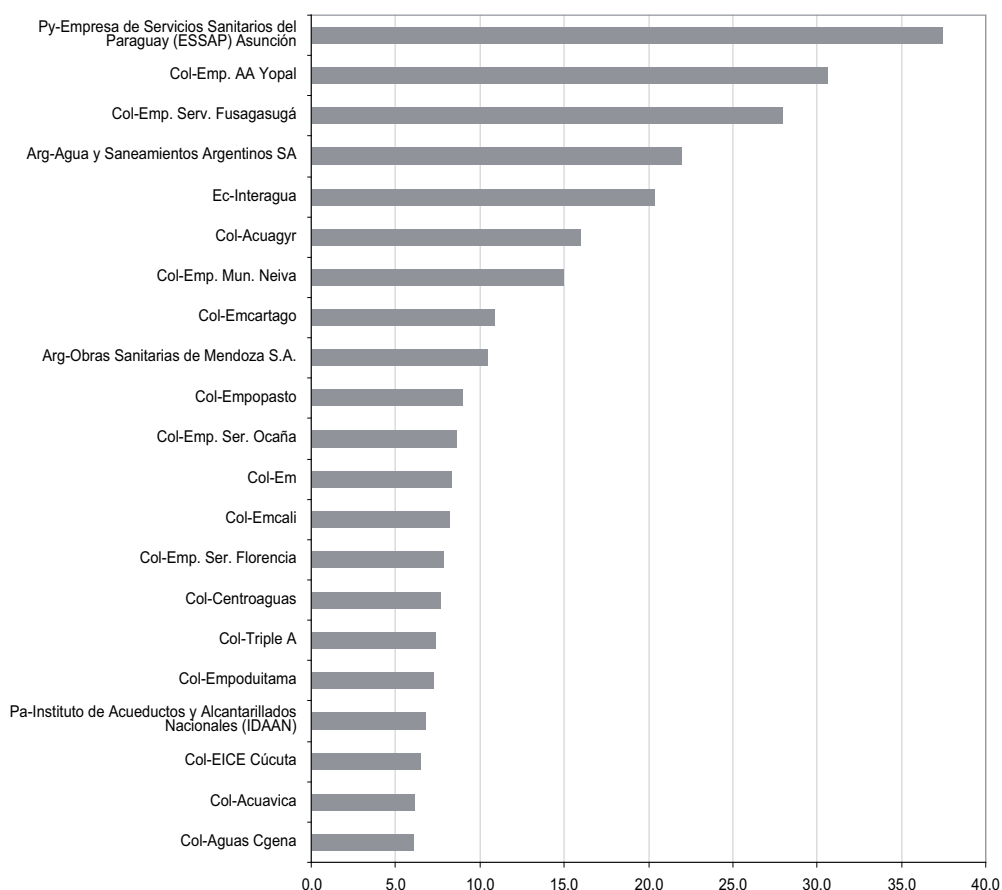
Los Gráficos 17 y 18 muestran los porcentajes de incidencia del costo de los productos químicos en el costo unitario de agua potable.

**Gráfico 17. Incidencia del costo de los productos químicos (%)  
Empresas con porcentaje inferior a 6%**



Fuente: ADERASA.

**Gráfico 18. Incidencia del costo de los productos químicos (%)  
Empresas con porcentaje superior a 6%**



Fuente: ADERASA

Los valores superiores para esta variable hacen referencia a empresas de Paraguay (Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay ESSAP), Argentina (Agua y Saneamientos Argentinos SA y Obras Sanitarias de Mendoza S.A), Ecuador (Interagua) y Colombia (Emp. Serv. Fusagasugá, Acuagyr, Emp. Mun. Neiva y Ecartago), mientras que los valores menores corresponden a prestadores del servicio de acueducto de Costa Rica (Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.), México (Desarrollos Hidráulicos de Cancún) y Colombia (Aguas de la Sabana y SERA QA).

Teniendo en cuenta los indicadores asociados al costo operativo de agua potable, es posible afirmar que si bien los operadores de acueducto y alcantarillado del país exhiben en promedio un costo unitario de agua potable ligeramente superior frente al grupo de empresas de otras economías, el análisis de variables desagregadas (mano de obra, energía y químicos) permite afirmar que en promedio los operadores nacionales presentan menores costos. En efecto, en relación con el porcentaje de la mano de obra sobre el costo operativo, se observa que esta parti-

cipación es en promedio mayor para el grupo de operadores externos que para el grupo de operadores nacionales. Esta conclusión es relevante debido a los resultados obtenidos en el indicador de eficiencia de la mano de obra, los cuales evidenciaron que los operadores nacionales tenían en promedio mayor número de trabajadores por cada 1.000 conexiones de agua potable. En este sentido, si bien las empresas nacionales disponen de un mayor número de trabajadores, esto no se refleja en mayores costos del servicio.

Ahora bien, en cuanto a la incidencia del costo de la energía, se observa que este costo en promedio es mayor para el grupo de operadores de otros países, en relación con los operadores nacionales.

De igual modo, al analizar el desempeño de la incidencia del costo de los productos químicos, se destaca que los operadores nacionales presentan en promedio un costo menor que el resto del grupo.

#### 4.2.2. Endeudamiento

##### 4.2.2.1. Endeudamiento sobre patrimonio neto

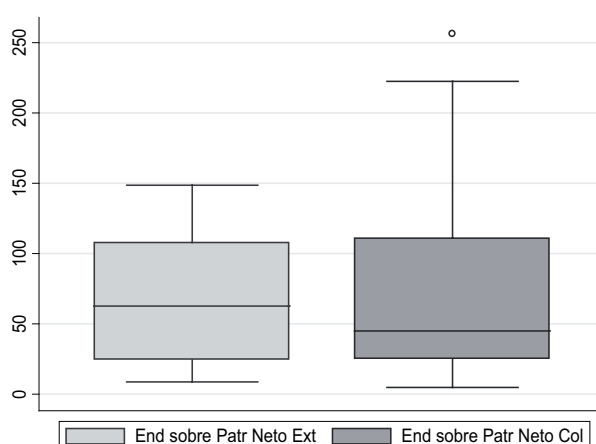
Las estadísticas de la Tabla 13 y el Gráfico de Caja 12 muestran que este indicador es en promedio mayor en los operadores nacionales que en el grupo de operadores pertenecientes a otras economías, evidenciando que los operadores nacionales tienden a endeudarse más que los operadores de otros países.

**Tabla 13. Endeudamiento sobre patrimonio neto**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
End. Sobre Patrim. Neto Ext.	15	66.89	41.87	8.84	148.56
End. Sobre Patrim. Neto Colombia	36	73.63	66.28	4.75	256.22

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico de Caja 12. Endeudamiento sobre patrimonio neto (%)**

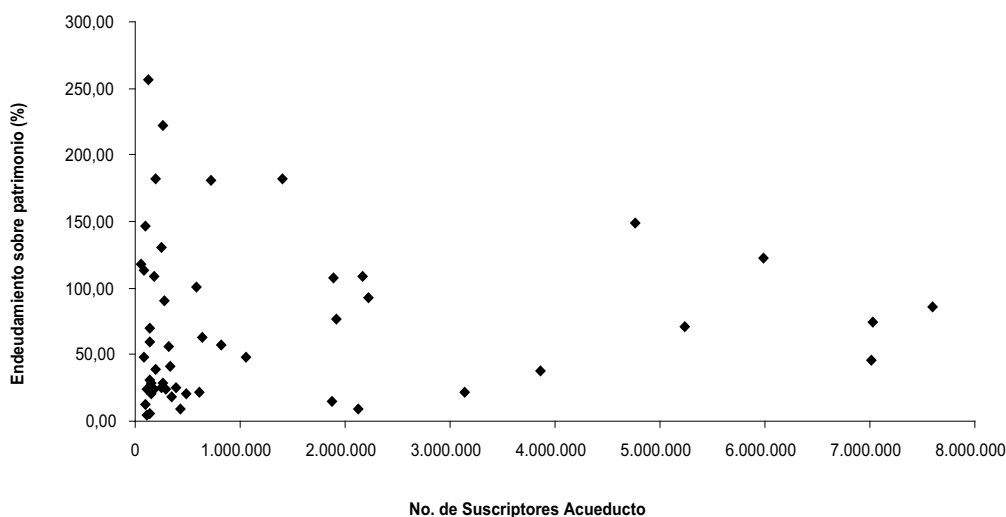


Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

Igualmente se destaca la mayor dispersión del nivel de endeudamiento sobre el patrimonio neto de los prestadores nacionales y la existencia de un valor extremo en la barrera exterior superior de la caja, el cual corresponde a la empresa Aguas de Buga.

El Gráfico 19 muestra la relación entre el tamaño de los prestadores y el nivel de endeudamiento sobre el patrimonio neto. Como se observa en este Gráfico, no existe una relación evidente entre estas dos variables, por lo cual no es posible afirmar que existe una relación entre el tamaño de empresa y el nivel de endeudamiento.

**Gráfico 19. Endeudamiento sobre Patrimonio Neto vs Tamaño de Empresa (No. de Suscriptores Acueducto)**

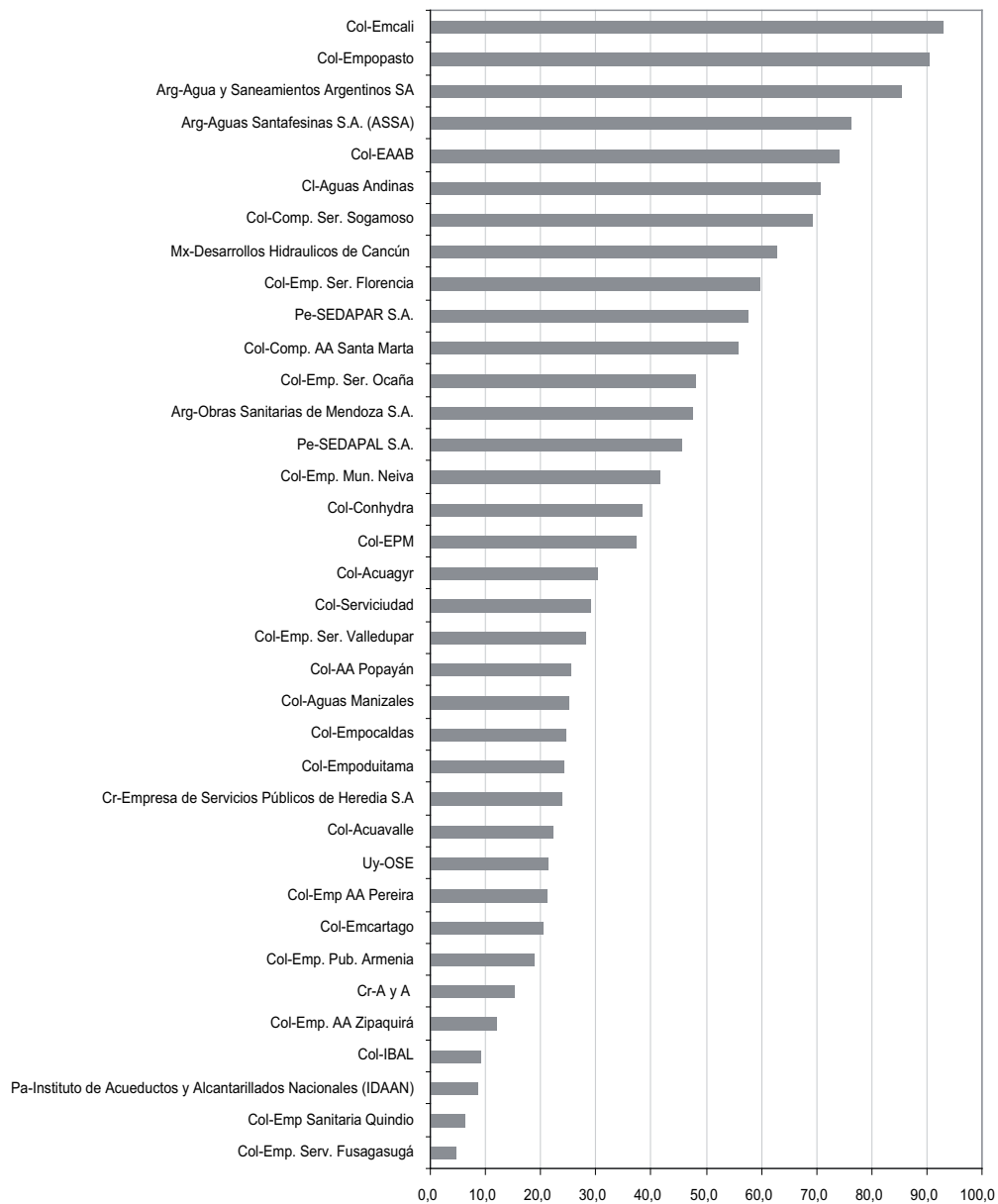


Adicionalmente, los Gráficos 20 y 21 muestran el porcentaje de endeudamiento sobre el patrimonio neto. El Gráfico 20 corresponde a las empresas cuyo indicador es inferior a 100% y el Gráfico 21 hace referencia a las empresas con indicador superior al 100%.

Como se observa, los mayores valores para este indicador hacen referencia a empresas

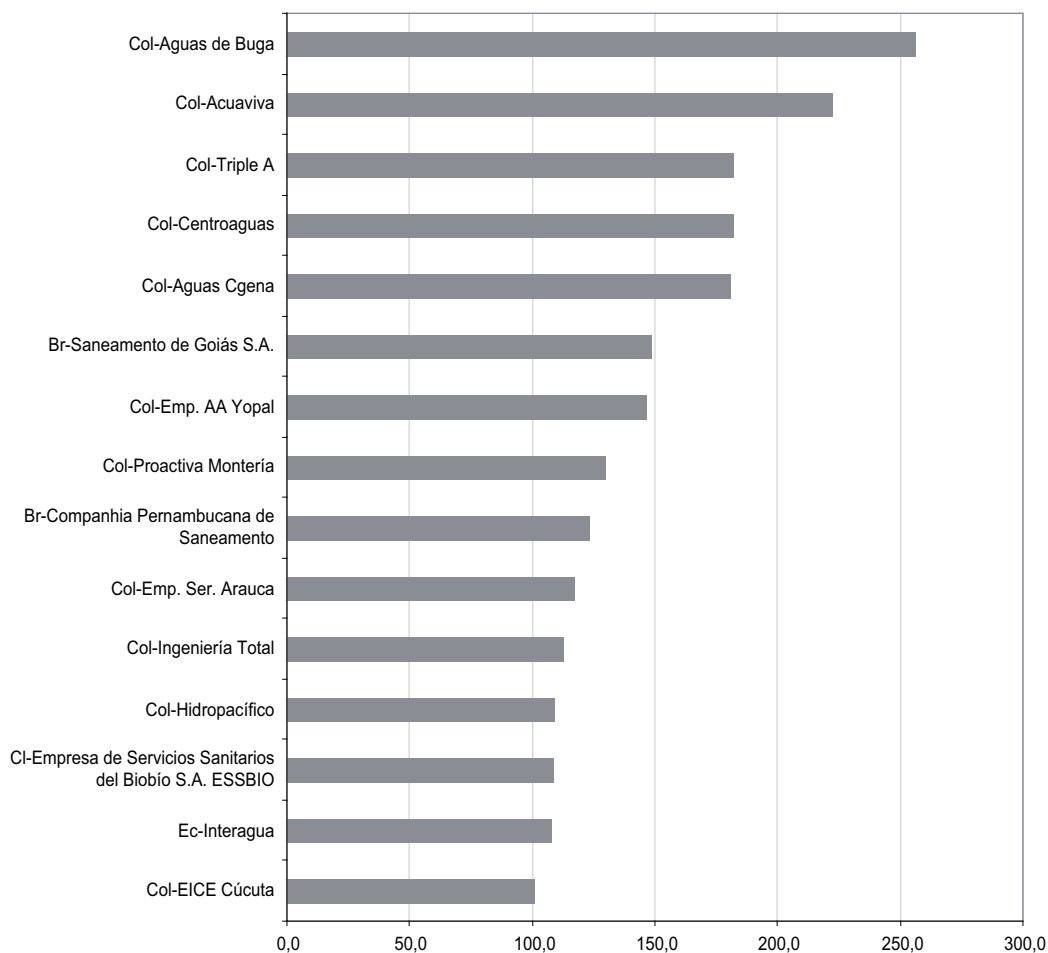
nacionales (Aguas de Buga, Acuaviva, Triple A, Centroaguas y Aguas de Cartagena) y a una empresa de Brasil (Saneamento de Goiás S.A.). Entre tanto, los valores más bajos son de empresas del país (Emp. Serv. Fusagasugá, Emp. Sanitaria del Quindío, IBAL, Emp. de Acueducto y Alcantarillado de Zipaquirá y de una empresa de Panamá (Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales) (IDAAN).

**Gráfico 20. Endeudamiento sobre patrimonio neto (%)  
Empresas con indicador inferior a 100%**



Fuente: ADERASA

**Gráfico 21. Endeudamiento sobre patrimonio neto (%)  
Empresas con indicador superior a 100%**



Fuente: ADERASA

**4.2.2.2. Rendimiento sobre patrimonio neto**

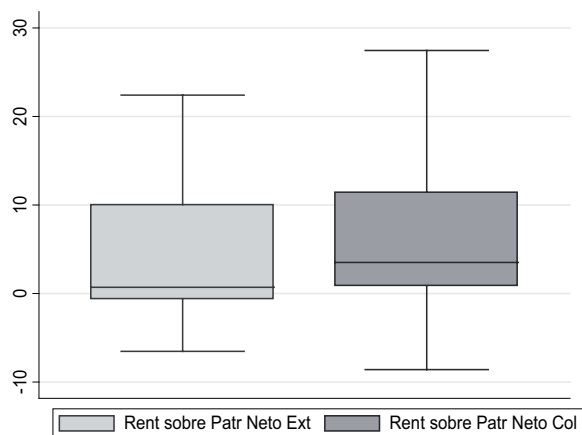
De acuerdo con la información resumida en la Tabla 14 y el Gráfico de caja 13 los opera-

dores de acueducto y alcantarillado nacionales presentan un promedio mayor de rentabilidad medida en relación con el patrimonio neto, que los operadores de otros países.

**Tabla 14. Rendimiento sobre patrimonio neto**

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Rend. Sobre Patrim. Neto Ext.	14	4.85	9.18	-6.52	22.42
Rend. Sobre Patrim. Neto Colombia.	38	6.08	8.04	-8.6	27.45

Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

**Gráfico de Caja 13. Rendimiento sobre patrimonio neto (%)**

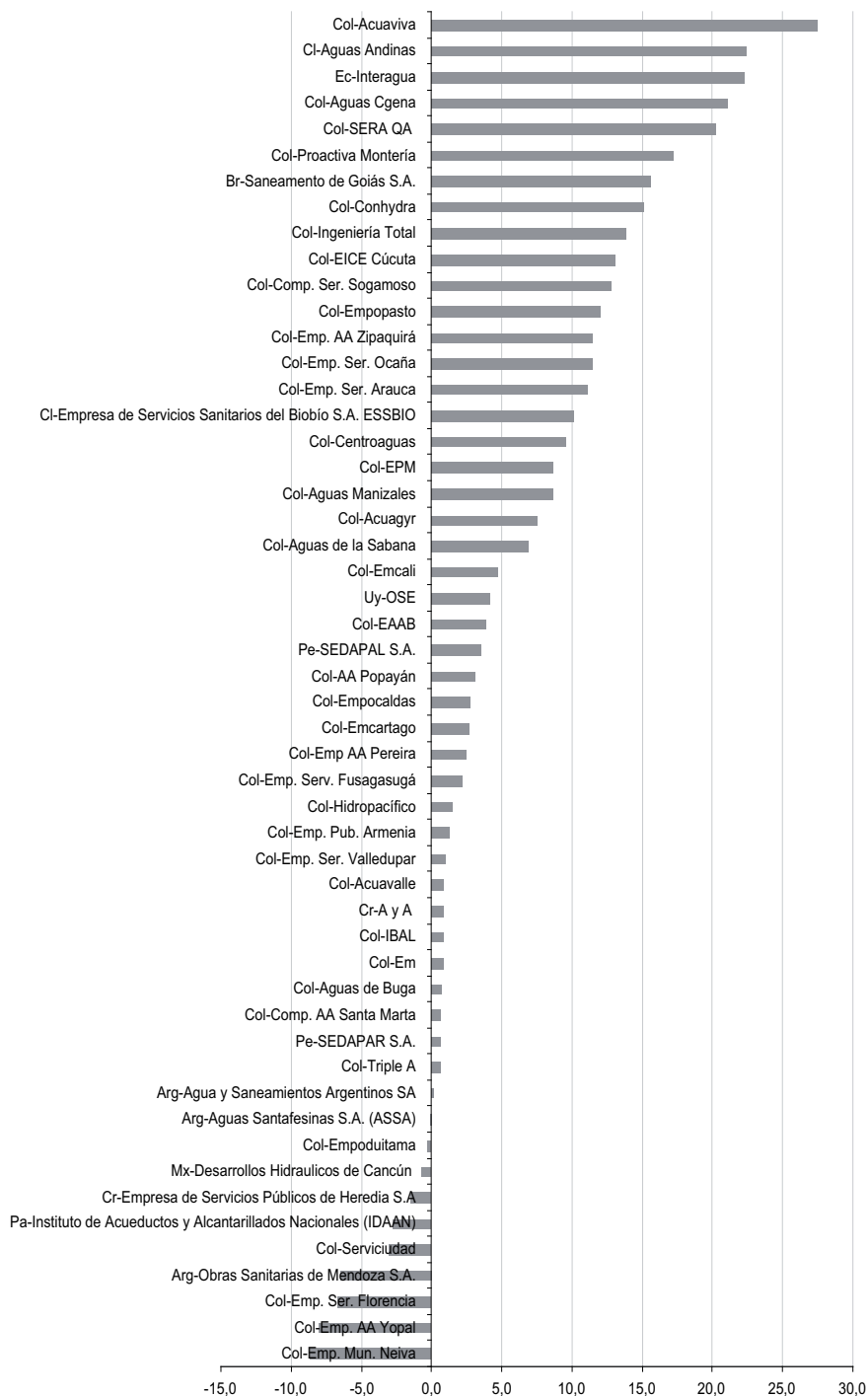
Fuente: ADERASA. Cálculos: CRA

Los niveles de rendimiento sobre patrimonio neto se pueden observar en el Gráfico 22. En este Gráfico se puede verificar que los valores más altos para este indicador corresponden a operadores de acueducto y alcantarillado nacionales (Acuaviva, Aguas de Cartagena, SERA QA, Proactiva Montería y Conhydra), así como empresas de acueducto de Chile (Aguas Andinas) y Ecuador (Interagua) y Brasil (Saneamiento de Goiás S.A.).

En contraste los menores niveles de rentabilidad son alcanzados por empresas nacionales (Emp. Mun. Neiva, Emp. de Acueducto y Alcantarillado de Yopal y Emp. de Servicios Públicos de Florencia), de Argentina (Obras Sanitarias Mendoza S.A.), Panamá (Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN), Costa Rica (Empresa de Servicios Públicos de Heredia S.A.) y México (Desarrollos Hidráulicos de Cancún).



**Gráfico 22. Rendimiento sobre patrimonio neto (%)**



Fuente: ADERASA.

## 5. Conclusiones

En términos generales no es posible afirmar que existan diferencias significativas entre los grupos de operadores de los servicios de acueducto y alcantarillado analizados comparativamente en este documento.

Los prestadores nacionales se destacan por tener coberturas de acueducto y alcantarillado altas y una baja dispersión entre estos valores.

Así mismo, los operadores nacionales se caracterizan por exhibir niveles de micromedición altos y consumos de agua por habitante/día bajo.

En relación con la incidencia de insumos específicos sobre el costo operativo de entregar agua potable se observa que los operadores nacionales exhiben menor incidencia (participación) del costo de la mano de obra que el grupo de operadores de otros países, lo cual resulta de interés teniendo en cuenta los resultados obtenidos del indicador de efi-

ciencia de la mano de obra, el cual mostró que los operadores nacionales tenían en promedio un mayor número de trabajadores por cada 1.000 conexiones de agua potable. Por tanto, si bien los operadores nacionales cuentan con un mayor número de trabajadores, esto no se refleja en mayores costos del servicio.

De otra parte, en cuanto a la incidencia del costo de la energía sobre el costo operativo del agua, se verificó que este costo tiene una participación promedio superior para el grupo de operadores de otros países, en relación con los operadores nacionales.

Igualmente, al analizar la incidencia del costo de los productos químicos, se concluyó que los operadores nacionales presentan una participación menor que el resto de operadores.

Por último, en relación con los indicadores financieros, se destaca que los operadores nacionales presentan en promedio valores mayores para los indicadores de endeudamiento sobre patrimonio neto y rentabilidad sobre patrimonio.

Un resumen de estas conclusiones se encuentra en la siguiente tabla:

Indicadores de Gestión	Resultados
<p>Indicadores de estructura del servicio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertura de acueducto</li> <li>• Cobertura de alcantarillado</li> <li>• Cobertura de micromedición</li> </ul>	<p>Los operadores de acueducto y alcantarillado nacionales presentan, en promedio, coberturas de acueducto y alcantarillado superiores a los demás operadores de la muestra. En efecto, la mayor parte de empresas de acueducto nacionales tiene mayores coberturas que las exhibidas por empresas de Perú, Venezuela, Panamá, Paraguay y México.</p> <p>Igualmente, los operadores nacionales exhiben niveles de micromedición superiores a aquellos que caracterizan a las demás empresas objeto de análisis.</p> <p>En consecuencia, en términos generales se observa que los operadores nacionales muestran un mejor desempeño relativo en relación con los indicadores de estructura del servicio, que los operadores de otros países. .</p>
<p>Indicadores de operación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleados totales por conexión</li> <li>• Consumo de agua potable por habitante</li> </ul>	<p>Las empresas de acueducto nacionales se caracterizan por presentar un promedio mayor de empleados por conexión en comparación con los prestadores de otros países, sugiriendo que los operadores nacionales estarían contratando más empleados por conexión que el resto de operadores la muestra analizada.</p> <p>Sin embargo, estos mayores valores no se reflejan en una alta participación del costo de la mano de obra en el costo operativo de entregar agua potable, dado que en términos generales, son las empresas de otros países quienes exhiben una mayor incidencia de este costo.</p> <p>Entre tanto, los operadores nacionales se destacan por enfrentar niveles de consumo de agua por habitante menores que aquellos de los prestadores externos, lo cual podría ser consecuencia del alto nivel de micromedición que existe en el país.</p>
<p>Indicadores económicos – financieros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo unitario por cuenta</li> <li>• Incidencia de la mano de obra</li> <li>• Incidencia del costo de la energía</li> <li>• Incidencia del costo de los productos químicos</li> <li>• Endeudamiento sobre patrimonio neto</li> <li>• Rendimiento sobre patrimonio neto</li> </ul>	<p>De acuerdo con la información de la muestra, los operadores nacionales muestran en promedio una menor incidencia del costo de la energía sobre el costo operativo del agua, frente al grupo de operadores de otros países.</p> <p>Igualmente, la incidencia del costo de los insumos químicos sobre el costo operativo de agua potable resulta ser en promedio menor en los operadores nacionales que el resto de operadores.</p> <p>Sin embargo, el costo unitario de agua potable (US\$/m<sup>3</sup>) es ligeramente inferior para las empresas de otros países en relación con el grupo de operadores nacionales.</p> <p>Por último, en relación con los indicadores financieros, se destaca que los operadores nacionales presentan en promedio valores mayores para los indicadores de endeudamiento sobre patrimonio neto y rentabilidad sobre patrimonio.</p>

## 6. Bibliografía

ADERASA, Grupo de Tarifas y Subsidios. Las Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en América Latina.

ADERASA, Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking. Ejercicio Anual de Evaluación Comparativa de Desempeño -2007 Datos años 2006.

ADERASA, Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking. Manual de Indicadores de Gestión para Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Marzo 2007.

Vivien Foster (2005). Ten Years of Water Service Reform in Latin America: Toward an Anglo-French Model. Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series. Paper No. 3. Enero 2005. Banco Mundial.



# ANÁLISIS DE LOS DETERMINANTES DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN COLOMBIA

*Carolina Marín López,  
Yanlicer Pérez Hernández*

*Coordinadores:  
Julio César del Valle Rueda,  
Nelly Irreño Riaño.*

## **Resumen**

El propósito de este estudio es identificar los principales costos a nivel de elementos que determinan las funciones de costos de los proyectos de inversión en cada una de los componentes asociados a la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, para un grupo de 54 prestadores en Colombia. Para tal fin, se referenciaron de manera parcial los aportes de Christensen y Greene (1976) al estimar estructuras de costos translogarítmicas para cada uno de los ocho componentes de los proyectos de inversión. Este ejercicio permitió conocer, a través del cálculo de elasticidades, cómo los costos totales de las inversiones son afectados en mayor o menor grado por la destinación de recursos hacia algunos elementos en particular. En términos generales, los cálculos de elasticidades evidencian la posibilidad que tienen los prestadores de reducir los costos de sus proyectos, o bien realizar asignaciones de recursos de tal manera, que se maximice el beneficio de la inversión al mí-

nimo costo posible, ya que los resultados de los modelos estimados muestran cuales son los elementos que causan mayor impacto en los costos totales de las inversiones analizadas. Así, este estudio constituye un primer esfuerzo por parte de la Comisión de Regulación de Agua por analizar formal y empíricamente los costos de los proyectos de inversión a nivel nacional.

## **1. Introducción**

La actual metodología tarifaria reglamentada para los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, por la Resolución CRA 287 de 2004, en concordancia con lo dispuesto en la Ley 142 de 1994, define una tarifa a partir de un cargo fijo y un cargo por unidad de consumo. Este último, a su vez, se estima a partir de tres costos: i) el Costo Medio de Operación y mantenimiento (CMO), ii) el Costo Medio de Inversión (CMI) y iii) el Costo Medio de Tasas ambientales (CMT).

Asimismo, la citada resolución definió que el CMI sería obtenido a partir del valor presente de inversiones en expansión, reposición y rehabilitación del sistema para la prestación del servicio, el valor presente de la demanda proyectada, el costo medio de inversión de terrenos, y la valoración de los activos del sistema.

Pese a lo anterior, la información relacionada con las inversiones en infraestructura de los sistemas de acueducto y alcantarillado con la que cuenta el sector es limitada, lo que ha dificultado entre otros aspectos, el desarrollo de los procesos relacionados con la verificación de las valoraciones de activos presentadas por las empresas.

Debido a lo anterior, se identificó la necesidad de mejorar la información disponible en relación con las inversiones en infraestructura de acueducto y alcantarillado, dando inicio a un estudio de estructuración y análisis de esa información.

Bajo este contexto, el presente estudio se desarrolló en dos fases; la primera de ellas, consistió en la construcción de una base de datos sobre los proyectos de inversiones en infraestructura, en la cual se recolectó información de 54 prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado, con lo que se compilaron 304 proyectos de inversión en infraestructura<sup>1</sup>. Con dicha información se realizaron funciones preliminares de costo unitario a nivel de componente<sup>2</sup> y elemento<sup>3</sup>. A su turno,

se calcularon las elasticidades que permitieron conocer cómo se afectan los costos totales por componentes ante cambios en los costos totales de los elementos que conforman dicho componente.

La segunda fase del estudio, tenía como objetivo recolectar e ingresar a la base de datos 145 proyectos de inversión en infraestructura de acueducto y alcantarillado viabilizados a través de la “Ventanilla Única”, de manera que se logró consolidar una base de datos con información de 449 proyectos de inversión en infraestructura, realizados en el sector de acueducto y alcantarillado, a nivel componente y elemento, a partir de la cual se realizaron nuevos análisis que se presentan en este estudio.

Este documento se desarrolla en nueve secciones, de las cuales esta es la primera; posteriormente, en la segunda y tercera sección se exponen los objetivos y el planteamiento del problema de este estudio, en el cuarto segmento, se presenta la justificación del trabajo; por su parte, en los acápite quinto y sexto se ilustra la literatura relacionada con el tema de análisis, así como el marco teórico que respalda los procedimientos llevados a cabo en este documento. Como séptimo punto se reseñan los datos y procedimientos realizados, los cuales dieron lugar a los resultados contenidos en la sección octava. Para finalizar, en el último punto aparecen las conclusiones derivadas del análisis de los resultados obtenidos.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Estimar un modelo econométrico que permita obtener las elasticidades de los proyectos

to, optimización o reposición de los componentes. Los componentes se dividen en elementos para caracterizar sus costos y dimensiones. La base de datos cuenta con 105 elementos de interés, dentro de los que se incluyen redes, excavaciones, válvulas, etc.

<sup>1</sup> Los cuales pueden ser financiados directamente por el operador, o a través de convenios con el Gobierno Nacional o Regional.

<sup>2</sup> Procesos o actividades asociados a la prestación de los servicios. Un contrato puede contener varios componentes. La base de datos considera los siguientes componentes: i) captación, ii) aducción, iii) almacenamiento, iv) potabilización o tratamiento AC, v) conducción, vi) distribución, vii) recolección, y viii) tratamiento aguas residuales.

<sup>3</sup> Unidades de suministro o actividades necesarios en la construcción, ampliación, rehabilitación, mejoramiento

de inversión en infraestructura para los sistemas de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, a nivel de componentes.

## 2.2. Objetivos específicos

- Revisar y consolidar la información de la base de datos de inversiones en infraestructura de los servicios de acueducto y alcantarillado.
- Realizar procedimientos estadísticos y econométricos que permitan especificar un modelo acorde con los alcances de la investigación.
- Estimar las elasticidades de los elementos incluidos en el modelo para cada uno de los componentes de inversión.

## 3. Planteamiento del problema

Actualmente, las empresas prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado gozan de relativa libertad para la elaboración y ejecución de sus planes de inversiones, los cuales pueden recuperarse vía tarifas. Generalmente, los prestadores de servicios canalizan sus proyectos de inversión hacia aquellas alternativas que les garanticen mayores retornos, razón por la cual no es descartable la presencia de incentivos para realizar inversiones de menor calidad a las previstas originalmente. Frente a este escenario, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) no cuenta con un estudio de referencia que le permita establecer de manera general, cuáles son los principales determinantes de los costos derivados de los proyectos de inversión en infraestructura para los servicios de acueducto y alcantarillado.

La problemática a la cual se enfrenta la CRA no es un evento nuevo en el ejercicio de la regulación; ya en 1994 la londinense OFWAT<sup>4</sup> resolvió una situación similar, realizando estudios de eficiencia comparativa a través del

método llamado “Análisis Envolvente de Datos”. Sin embargo, en la actualidad dicho ente regulador ha decidido profundizar los alcances de las metodologías empleadas, a través de la adopción de modelos econométricos que facilitan evaluar la eficiencia relativa de los gastos de las empresas prestadoras de servicios públicos en Reino Unido.

## 4. Justificación

Dado el carácter de las funciones de esta Comisión, es de vital importancia propiciar escenarios de equilibrio, de tal manera que las acciones de uno o más individuos no impliquen perjuicio para otros; pues el enfoque de la economía de la información conlleva a generar hipótesis acerca de posibles desventajas de los usuarios frente a los prestadores dada su característica de principal agente de los últimos.

Con este estudio se pretende identificar los costos típicos que enfrenta un prestador al asignar recursos a actividades relacionadas con la construcción, expansión, reposición u optimización de sistemas de acueducto y alcantarillado.

De esta manera, se podría satisfacer parcialmente el problema planteado, ya que conociendo el impacto que generan los costos de los elementos sobre los componentes de cada proyecto, se podrían generar algunas recomendaciones a aquellos prestadores que por sus características suelen ser menos rigurosos en la viabilización de sus proyectos de inversión; emitir conceptos técnicos que envíen señales que induzcan a los prestadores a reorganizar sus proyectos de inversión, y así justificar el cobro a los usuarios por medio de las tarifas, pues aquellos prestadores que no

<sup>4</sup> Water Services Regulation Authority - U.K. Entidad encargada de la regulación de los servicios relacionados con agua en El Reino Unido.



logran alcanzar estándares de eficiencia en sus estructuras de costos, podrían estar trasladando tal ineficiencia a los suscriptores.

Cabe anotar que las empresas de servicios públicos operan como sustitutos del Estado en la provisión de servicios públicos, por lo tanto se convierten en servidores públicos que desempeñan una función de Estado, por consiguiente están sujetas a procesos de regulación.

## 5. Revisión de literatura

Esta sección presenta una exploración acerca de la literatura existente, relacionada con el objetivo de esta investigación, la cual podría resultar útil para el análisis de las estructuras de costos de las empresas de acueducto y alcantarillado analizadas, y así establecer cómo estos se ven afectados ante cambios en los costos totales a nivel de elementos.

La teoría económica de la regulación sugiere que un proceso eficiente debe considerar una óptima segmentación de los mercados, con el propósito de crear competencia y a la vez hacer un buen uso de las economías de escala, de lo contrario no se alcanza la eficiencia deseadas, y se transfiere un sobre costo innecesario a los usuarios. En otras palabras, para obtener el óptimo económico o mejorar el bienestar social se deben aprovechar al máximo los recursos, dentro del contexto de competencia. Es importante notar que en algunos casos existen limitantes de tipo institucional o legislativo, que limitan las ganancias financieras por considerarse de alta prioridad las mejoras desde el punto de vista social.

Bajo este contexto, existen algunos estudios en los que se estiman funciones de costos para conocer información sobre la estructura de costos de las empresas, y así, tomar decisiones de inversión en la industria del agua. Por ejemplo, en países como Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Italia y Japón, se han

utilizado métodos paramétricos para la estimación de funciones de costos que permiten aproximarse a las funciones de producción subyacentes, y así, establecer la relación entre productos e insumos. Asimismo, en la estimación de los modelos se utilizan diferentes formas funcionales para especificar la función de costos y la elasticidad.

A continuación, se hace una breve revisión de los aspectos metodológicos y de los resultados de la aproximación empírica sobre el análisis de las economías de escala y alcance en el sector de agua.

El uso de funciones de costos para estimar elasticidades y detectar la presencia de economías de escala en sectores de agua potable y saneamiento básico tienen como precedente aplicaciones en el sector eléctrico. La primera aplicación de análisis estadístico de costos con el fin de medir economías de escala fue desarrollada por Nerlove (1963) quien utilizó una función de costos tipo Cobb-Douglas para estimar rendimientos en el sector eléctrico en los Estados Unidos.

Al considerar las características de un sector regulado como el eléctrico, Nerlove argumentó que era posible considerar que (1) la producción y los precios de los insumos son exógenos a la firma, y (2) las firmas buscan minimizar sus costos de acuerdo con niveles de producción y precios dados. Bajo estos supuestos, planteó una función de costos que incluye los precios de los insumos y que está relacionada de forma única con la función de producción. De esta forma, Nerlove desarrolló el potencial econométrico de la dualidad entre la función de costos y la función de producción (McFadden, 1978), que asegura que la relación entre la función de costos obtenida de forma empírica y la función de producción subyacente es única. A partir de estas consideraciones metodológicas, Nerlove concluyó que existían economías de escala en el sector eléctrico de Estados Unidos, pero que estas variaban de acuerdo con el nivel de producción.

Más adelante, Christensen y Greene (1976) actualizaron el estudio de Nerlove utilizando la función de costos translogarítmica introducida por Christensen, Jorgenson, y Lau (1973) buscando conocer los determinantes de los costos totales para el sector eléctrico, que la función Cobb-Douglas no logra capturar. En opinión de estos investigadores, la función de costos translogarítmica tiene la ventaja de no imponer restricciones a priori sobre las posibilidades de sustitución de los factores de producción. Adicionalmente, permiten establecer si las economías de escala varían de acuerdo con el nivel de producto, lo que hace posible adoptar forma de "U", a la curva de costos promedio al ser una función flexible. En adición, la función translogarítmica permite una aproximación de segundo orden a la función de costos doblemente diferenciable y linealmente homogénea (Christensen y Greene, 1976).

De otra parte, a partir de los dos artículos mencionados, se han desarrollado varias aplicaciones en el sector de agua. Estas aplicaciones se concentran en el servicio de acueducto y varían en el número de productos analizados. En la mayoría de los casos, el análisis se limita a un solo producto, que generalmente se especifica como el volumen de agua suministrada. No obstante, en otros estudios se analiza más de un producto, ya sea desagregando la producción y la distribución, o bien diferenciando entre la venta de agua en bloque y la venta a usuarios residenciales.

A principios de la década de los ochenta Baumol, Panzar y Willig (1982) a través de una función de costos translogarítmica indagaron la forma como el acceso a la tecnología influye sobre los costos de producción. Concluyen que el concepto de tecnología en los procesos de producción, se relaciona con la variación de todos y cada uno de los insumos de producción. Las formas funcionales utilizadas incluyeron, entre otras, la función Cobb-Douglas, la función cuadrática, al igual que la translo-

garítmica, siendo esta última, a criterio de los autores la más apropiada.

Por otro lado, Iturriza (1982), consideró que las funciones de costos, dadas sus características metodológicas, son aplicables en varios campos de la producción de bienes y servicios, máxime cuando una firma puede captar de ser necesario una mayor parte de la demanda, tal como ocurre en las empresas de servicios públicos. En este sentido, la programación de inversiones suele tener como criterio de valoración, el aprovechamiento de los recursos destinados a la inversión. Si bien tal consideración es procedente, resulta importante ajustar correctamente las estimaciones de demanda, ya que el no cumplimiento de tales expectativas puede generar costos superiores a los beneficios esperados de un alto volumen de producción.

Posteriormente, aparece el estudio de Berechman (1983), el cual a pesar de no estar dirigido al área de los servicios públicos, es pertinente desde el punto de vista metodológico ya que analiza la estructura de costos de operación de las empresas de transporte interurbano por autobús en Israel, en particular las elasticidades-costos, la demanda por insumos, los factores de sustitución y las economías de escala. El autor utiliza una función de costo *translog* generalizada-multiproducto, determinada por el costo de producción, el precio y la cantidad del trabajo y del capital, para el período 1972-1979. Los resultados del análisis muestran que existen economías de escala en la producción. Sin embargo, el autor aclara que esta conclusión no puede generalizarse ya que las condiciones de la operación, el tipo de propiedad y el grado de concentración del mercado son muy particulares en Israel.

Berechman puntualizó que muy posiblemente las economías de escala se manifiestan con mayor intensidad, en aquellas actividades productivas en las que existen alternativas tecnológicas, tales que, los costos unitarios se

reducen fuertemente al operar en un volumen mayor. Ello ocurre no sólo por la relación de costos fijos y variables, sino además, porque tamaños mayores implican tecnologías de mayor productividad. A esto se le suman otras economías derivadas de un mayor volumen de operaciones, como: menor costo de materias primas e insumos, menores gastos de transporte, mano de obra con una incidencia relativa más baja, etc.

De otra parte, Caves & Christensen (1988) utilizaron estudios de funciones de costo y mostraron la importancia de la utilización de la capacidad, y de las economías de escala y densidad<sup>5</sup>, para explicar las diferencias en la variación de productividad entre seis industrias en los Estados Unidos: aerolíneas, ferrocarriles, autobuses urbanos, transporte de carga en camiones, electricidad y telecomunicaciones. Una conclusión relevante de ese estudio es el hecho de que las economías de densidad se hayan mostrado más significativas, como componente en la variación de la productividad, que las tradicionales medidas de economías de escala. De hecho, esas economías no se mostraron importantes para explicar aumentos de productividad en ninguna de las seis industrias investigadas.

Un aporte que no puede pasar inadvertido debido a su enfoque microeconómico es el realizado por Varian (1992), quien consideró que la función de costos es el instrumento más útil para estudiar la conducta económica de una empresa. Dado que, de la misma forma en que la función de producción describe las posibilidades técnicas de “producción” de la empresa, la función de costos describe las posibilidades económicas de esta, ya que mide

el costo mínimo de producir un determinado nivel de producto, dados los precios de los factores, y como tal, transmite información relevante respecto de la naturaleza de la tecnología de la firma.

Entre los trabajos más recientes, se destaca el de D’Amato et. al. (1994), el autor estimó una función de costos translogarítmica para conocer el tipo de elasticidad asociada a las estructuras de costo en el sector financiero en Italia, siguiendo el enfoque de la minimización de costos. Los resultados evidenciaron que algunos costos de transacción podrían ser omitidos o sustituidos con el propósito de utilizar de la mejor forma posible los recursos del sector financiero en ese país. Incluso, los autores consideraron la posibilidad de fusionar o cerrar algunas sucursales que por sus altos costo de operación fueron consideradas inviables.

En un trabajo posterior, Streb y D’Amato (1996) estiman una función de costos *translog* para los bancos minoristas. La hipótesis del trabajo, consistió en que generalmente, las estimaciones de costos bancarios encuentran curva de costos medios en forma de “U”, como consecuencia de la presencia de factores fijos en el corto plazo, mientras que, en el largo plazo, los rendimientos resultan constantes a escala. Los desvíos del producto efectivo, respecto al producto potencial, llevan a que el grado de utilización efectivo difiera del producto óptimo o pleno de utilización, dando lugar a divergencias entre costos de corto y largo plazo.

Tirole (1998) realiza una revisión del comportamiento de los costes en empresas con ciertas características monopólicas, como suele ocurrir en aquellas que se dedican a la prestación de servicios públicos domiciliarios. A criterio de este investigador, existen economías de escala cuando los costes medios de producción decrecen a medida que el producto aumenta (condición suficiente para

<sup>5</sup> Las economías de densidad son un ahorro en los costes de distribución de un servicio que se generan cuando aumenta el número de usuarios de una zona geográfica. En particular, en presencia de economías de densidad el coste medio del servicio se reduce cuando aumenta la concentración geográfica de la demanda.

la existencia de un monopolio natural). Los costes medios son estrictamente decrecientes si, para todo  $A_1$  y  $A_2$  tales que  $0 < A_1 < A_2$ .

$$\frac{c(A)_2}{A_2} < \frac{c(A)_1}{A_1} \quad \text{Ec. (1)}$$

Además, los costes marginales son estrictamente decrecientes si  $C''(A) < 0$  para todo  $A$ . La principal fuente de economías de escala son los costos fijos, que corresponden a los costos en que se debe incurrir no importando la cantidad producida por la empresa.

Caja García (2003) trabajó en la elaboración de una metodología para la determinación del modelo econométrico que permitiera calcular economías de escala en componentes de un sistema agua potable y alcantarillado, estimó los costos de los componentes de agua y desagües a nivel de proyectos de pre-factibilidad, para la determinación de las tarifas a largo plazo, con el fin de elaborar los planes de inversión muy usados en los organismos estatales para la planificación. Así mismo en el modelo econométrico se incluye el factor de economía de escala usado para determinar los periodos de diseño de los componentes y del sistema en general. Con este ejercicio *el autor logró identificar algunos elementos que son determinantes sobre los costos de inversión de algunas empresas* con lo cual se envió la señal para la revisión de las estructuras de costos de estas.

## 5. Marco teórico

A continuación se presenta el enfoque teórico sobre el cual se sustentan los objetivos de la presente investigación, es decir, la estimación de un modelo econométrico que permita estimar las elasticidades de los proyectos de inversión de los sistemas de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, a nivel de componentes, y así conocer los principales determinantes de los proyectos de inversión.

El presente análisis se circunscribe dentro del enfoque de la minimización de costos, razón por la cual es necesario conceptuar sobre el particular. De acuerdo con la definición de Varian (1992) la función de costos mide el costo mínimo de obtener un determinado nivel de producción, dados los precios de los factores, y se constituye en un instrumento que describe las posibilidades económicas de la empresa. En este sentido, el cálculo de la función de costos de inversión en infraestructura para el sector de acueducto y alcantarillado es una transformación de los aportes que desarrollaron de acuerdo con la literatura (Christensen y Greene 1976).

En consecuencia, la estructura general de la función de costo que se trabajó en el presente estudio, se expresa así:

$$c(w, y) \equiv wx(w, y) \quad \text{Ec. (2)}$$

Es decir el costo mínimo de obtener  $y$  unidades de un producto en particular es el costo más barato de producir ( $y$ ) bajo el supuesto que en el corto plazo los factores de producción son fijos y tienen un nivel pre-determinado. Sea  $xf$  el vector de los factores fijos,  $x_v$  el vector de los factores variables y descompóngase en  $w = (w_v, w_f)$  los vectores de los precios de los factores variables y de los factores fijos. Las funciones de demanda condicionadas al corto plazo dependen generalmente de  $xf$ , por lo que pueden expresarse como  $x_v(w, y, x_f)$

En este caso la función de costos de corto plazo puede expresarse de esta manera:

$$c(w, y, x_f) = w_v x_v(w, y, x_f) + w_f x_f \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Cabe anotar, que la función de costos como tal debe cumplir las propiedades de ser no decreciente, homogénea de grado 1, cóncava y continua en precios de los insumos. Su

estimación supone la existencia de tecnología prevaleciente. La función de costos en su estado natural suele ser lineal. Sin embargo, existen otras especificaciones importantes como la Translogarítmica, Cobb Douglas y CES. Esta dos últimas no son de interés en el presente trabajo porque no permiten linealizar una función, y explicar de ser necesario las economías de escala y complementarie-

dades entre los insumos. Por esas razones cobra importancia la forma translogarítmica flexible y generalizada. En este contexto, Diewert<sup>6</sup> (1971) definió una función flexible como aquella que tiene suficientes grados de libertad para permitir aproximaciones de segundo orden a una función de costos arbitraria doblemente diferenciable y linealmente homogénea.

Propiedades de la función de costos.

- a)  $c(w, y)$  es no decreciente en los precios de los factores ( $w$ ): Si  $w' \geq w$ , entonces  $c(w', y) \geq c(w, y)$ .
- b)  $c(w, y)$  es homogénea de grado uno en  $w$ :  $c(tw, y) = t c(w, y)$  si  $t > 0$ .
- c)  $c(w, y)$  es cóncava en  $w$ :  $c(tw, y) + (1-t)c(w', y) \geq t c(w, y) + (1-t)c(w', y)$ .
- d)  $c(w, y)$  es continua en  $w$ , cuando  $w \geq 0$ .

Es posible expresar las funciones de costos y las respectivas ecuaciones de parti-

cipación de los insumos como se representa a continuación:

$$\ln C = \alpha'_0 + \sum \ln \alpha_i q_i^{(\pi)} + \frac{1}{2} \sum \sum \alpha_{ij} \ln q_i^{(\pi)} q_j^{(\pi)} + \sum \sum \partial'_{ik} \ln q_i^{(\pi)} \ln p_k + \sum \beta_k \ln p_k + \frac{1}{2} \sum \sum \beta_{ik} \ln p_k \ln p_i,$$

$$S_k = \sum \partial_{ik} q_i^{(\pi)} + \beta_k + \sum \beta_{kl} \ln p_l \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde  $q_i, i = 1, \dots, m$  es el vector de productos,  $p_k, k = 1, \dots, n$  es el vector de precios y  $q^l = q - 1$  (El subíndice de las observaciones individuales ha sido omitido).

costos, razón por el cual se especifican dichas ecuaciones. La función de participación de los insumos en los costos se deduce a partir del Lema de Shepard. Siendo  $x_k(p, q)$  la demanda condicionada de la empresa del factor  $k$ , si una función de costos es diferenciable en  $(p, q)$  y  $p_k > 0$  siendo  $k = 1, \dots, n$  entonces la participación porcentual del factor  $k$  sobre el costo total se puede escribir como:

Los modelos empíricos se desarrollan a partir de la ecuación anterior más un término de error. En general, las funciones de costos son estimadas en forma conjunta con las ecuaciones de participación de los insumos en los

$$S_k = \frac{p_k x_k}{c} = \frac{\partial_c}{\partial p_k} \frac{p_k}{c} = \frac{\partial \ln c}{\partial \ln p_k} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

<sup>6</sup> Diewert W.E., 1971. An application of the Shephard duality theorem: Generalized Leontieff production function. Journal of Political Economy, vol. 79, No. 3, pp. 284-316.

A las funciones de estructuras de precios de los insumos multiplicativos o aditivos en logaritmos, como la compuesta CES cuadrática o la translogarítmica, es fácil restringirlas para que cumplan la linealidad de grado 1 en precios, lo cual explica que hayan sido utilizadas en estudios empíricos. La restricción para la homogeneidad de grado 1 en los precios de los insumos se cumple siempre que  $\sum_k \beta_k = 1$  y  $\sum_l \beta_{kl} = 0$  ( $k = 1, \dots, n$ ) para todos los modelos. Además se debe cumplir que  $\sum_k k \partial_{ik} = 0$ , para todo  $k$  en el caso de la translogarítmica; y que  $\sum_l \beta_{kl} = 0$ , para todo  $k$  en el modelo general. Las res-

tricciones de simetría implican que  $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$  y  $\beta_{kl} = \beta_{lk}$ .

Cabe anotar que en 1980 Christensen y Tretheway (1980) introducen la función translogarítmica generalizada, en la cual se sustituye la especificación logarítmica de los productos ( $\log(q_i)$ ) por una transformación de Box Cox ( $q_i^{(i)}$ ), manteniendo la estructura logarítmica para el precio de los insumos y el costo para valores de  $\pi > 0$  mientras que cuando  $\pi = 0$  se transforma en la translogarítmica estándar. (Esta es la función que se aplica en el presente trabajo)

$$\ln C = \alpha'_0 + \sum \ln q_i + \frac{1}{2} \sum \sum \alpha_{ij} \ln q_i \ln q_j + \sum \sum \partial'_{ik} \ln q_i \ln p_k + \sum \beta_k \ln p_k + \frac{1}{2} \sum \sum \beta_{ik} \ln p_k \ln p_i,$$

$$S_k = \sum \partial_{ik} q_i^{(\pi)} + \beta_k + \sum \beta_{kl} \ln p_l \quad \text{Ec. (3.2)}$$

## 6. Datos y procedimientos

Para el desarrollo del presente estudio se trabajó con la información recolectada de la "Estructuración y Análisis de Información de Inversiones en Infraestructura en Acueducto y Alcantarillado". Dicha recopilación incluyó proyectos de inversión en infraestructura financiados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) a través de su programa de Ventanilla Única y por personas prestadoras de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.

Para lo anterior, el estudio definió una muestra de 54 prestadores, buscando incluir empresas con diferentes tamaños de mercado, naturaleza jurídica e incluyendo, cuando la disponibilidad de información lo permitió, áreas de prestación de diferentes regiones geográficas del país. A las empresas se les solicitó el listado de proyectos ejecutados en los últimos cinco (5) años, a partir del cual se

seleccionó una muestra de proyectos, con lo cual se escogieron 249 ejecutados por empresas prestadoras del servicio.

Por otro lado, para complementar dicha muestra, se trabajó con información de proyectos supervisados por FONADE, los cuales cuentan con aportes financieros del Gobierno Nacional a través del Programa de Ventanilla Única liderado por el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. En este sentido, de los 369 proyectos registrados hasta julio de 2008 en el sistema GEOTEC<sup>7</sup>, se escogió una muestra de 200 proyectos (74,35).

<sup>7</sup> Banco de Proyectos en Línea del Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE).

En la siguiente tabla, se relaciona la cantidad de proyectos – contratos ingresados a la base de datos.

**Tabla 1. Información Recolectada e Ingresada a la Base de Datos.**

Empresa	Proyectos	Contratos	Componentes
ACUACAR	11	11	28
ACUAVIVA S.A. E.S.P.	10	10	10
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A. E.S.P.	8	8	8
AGUAS DE BUGA ESP	12	12	12
AGUAS DE LA SABANA S.A. E.S.P.	7	7	7
AGUAS DE MANIZALES S.A. E.S.P.	11	11	15
AGUAS Y AGUAS DE PEREIRA ESP	13	26	26
COMPANÍA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO METROPOLITANO DE SANTA MARTA - METROAGUA S.A. E.S.P.	10	10	19
CONHYDRA S.A. E.S.P.	4	9	18
EAAB	17	38	168
EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE CALI S.A. E.S.P.	19	19	29
EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE PASTO - EMPOPASTO S.A. E.S.P.	18	18	21
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN ESP	28	35	43
EMPRESAS PÚBLICAS DE NEIVA E.S.P.	12	12	14
HYDROS CHIA S. A. E.S.P.	11	11	15
INGENIERÍA TOTAL SERVICIOS PÚBLICOS S.A. ESP.	15	15	27
PROACTIVA AGUAS DE MONTERÍA SA. ESP.	10	10	11
SERA Q.A.TUNJA E.S.P. S.A.	10	10	10
SOCIEDAD DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO, TRIPLE A ESP	12	26	37
SOCIEDAD DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS DEL VALLE DEL CAUCA - ACUAVALLE S.A. E.S.P.	11	11	11
FONADE	200	201	419
TOTAL	449	510	948

Fuente: “Estructuración y Análisis de Información de Inversiones en Infraestructura en Acueducto y Alcantarillado”.

- La base de datos está diseñada sobre cinco (5) jerarquías de detalle que son:
1. Proyecto: Proyecto de inversión en infraestructura física para la prestación de servicios públicos de acueducto y alcantarillado, los cuales pueden ser financiados directamente por el operador, o a través de convenios con el Gobierno Nacional o Regional.
  2. Contrato: Acto jurídico por medio del cual se desarrolla un proyecto. Un proyecto de inversión puede incluir varios contratos.
  3. Componente: Procesos o actividades asociados a la prestación de los servicios. Un contrato puede contener varios componentes. La base de datos contiene 8 componentes definidos.



4. Elemento: Unidades de suministro o actividades necesarias para la construcción, ampliación, rehabilitación, mejoramiento, optimización o reposición de los componentes. Los componentes se dividen en elementos para caracterizar sus costos y dimensiones. La base de datos cuenta con 105 elementos de interés.
5. Variable: Características que permiten dimensionar los elementos y componentes, las cuales se pueden determinar para cada uno de los anteriores niveles de detalle. A nivel componente se cuenta con 54 variables, mientras que a nivel elemento se especificaron 166 características.
- Como se muestra, la base de datos cuenta con información de 449 proyectos, que corresponden a 510 contratos, que a su vez contienen información de 948 componentes, distribuidos así:

**Tabla 2. Participación del Total de Componente Ingresados a la Base de Datos, según tipo de componente**

Componente	Cantidad	Participación
Aducción AC	24	2,53%
Almacenamiento AC	93	9,81%
Captación AC	60	6,33%
Conducción AC	100	10,55%
Distribución AC	255	26,90%
Recolección AL	287	30,27%
Tratamiento AC	97	10,23%
Tratamiento Al	33	3,48%
TOTAL	948	100%

Fuente: "Estructuración y Análisis de Información de Inversiones en Infraestructura en Acueducto y Alcantarillado".

Dado que la base de datos cuenta con información de costos de proyectos ejecutados en diferentes años, se trabajó a precios corrientes de noviembre de 2008, indexando con el Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV), base año 1990, publicado por el DANE.

A partir de dicha base de datos, se estimó el costo total invertido por *elemento* en cada uno de los *componentes*, de manera que fuera posible identificar la presencia de correlaciones entre el costo total de un componente y los montos por elemento invertidos para su ejecución.

Como se aprecia en la tabla 3, en este trabajo se consideraron ocho componentes de inversión, algunos de ellos con mayor número de observaciones, así por ejemplo, para el componente de recolección se tomaron 283 datos, convirtiéndose en el componente con mayor información dentro de la muestra considerada, seguido del componente de distribución con 253 datos, y conducción con 100. El componente con el menor número de datos fue el de aducción con sólo 34 observaciones, razón por la cual fue óbice para el cálculo de las elasticidades. Otros datos estadísticos relevantes sobre el monto de los proyectos de inversiones pueden apreciarse en la siguiente tabla.



**Tabla 3. Estadísticas descriptivas por componente de los proyectos de inversión analizados.**

Variable	Obs	Media	Desviación Estándar	Mín.	Máx.
CT Aducción	34	963.614.318	2.259.997.611	6.826.904	9.856.259.463
CT Almacenamiento	93	689.348.014	3.176.868.414	269.922	30.461.393.452
CT Captación	60	114.308.653	190.968.375	3.390.039	1.310.237.905
CT Conducción	100	187.265.815	10.943.028.392	2.364.856	10.526.937.935
CT Distribución	253	277.563.108	471.635.145	1.300.171	4.170.524.268
CT Recolección	283	1.232.314.974	13.035.641.269	1.520.227	21.954.658.594
CT Tratamiento Alcantarillado	96	588.992.887	4.265.914.950	810.230	31.568.495.379
CT Tratamiento Acueducto	91	1.056.708.316	2.926.763.951	548.131	28.659.245.715

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección Técnica.

Por otra parte, los procedimientos econométricos<sup>8</sup> adelantados para la estimación de elasticidades básicamente fueron los siguientes: En primer lugar, se normalizó la base de datos con el fin de subsanar algunos problemas de los datos originales como por ejemplo la escala de las cifras, datos ambiguos, entre otros. Posteriormente, se procedió al cálculo de las estadísticas descriptivas de cada componente. Una vez organizados a nivel de proyecto se definió la forma funcional de los modelos a estimar. Siguiendo los antecedentes teóricos, se adoptó la forma funcional doble log<sup>9</sup> a través de la transformación logarítmica de la matriz que integra a cada uno de los componentes de inversión, obteniendo de esta manera

ocho modelos que reflejan la estructura de costos del grupo de empresas descritas en la tabla uno, y que además demuestran el grado de sensibilidad de los costos totales de cada componente frente a cambios en los costos totales de los elementos que integran dichos componentes.

## 6. Resultados

En esta sección se presentan las funciones de costos para cada uno de los componentes analizados, de acuerdo con la información proveniente de los proyectos de inversión de las empresas prestadoras. Tales funciones fueron estimadas a través de un modelo de elasticidad con forma funcional translogarítmica. De esta manera, se identificó cómo los *elementos* afectan los costos totales de los *componentes* de un proyecto de inversión, lo cual permitiría a un prestador o al gobierno asignar recursos de tal manera que minimice los costos de sus proyectos de inversión. Los resultados que arrojan los modelos son los siguientes:

<sup>8</sup> Para la estimación de los modelos econométricos se utilizó el paquete estadístico stata 8.

<sup>9</sup> Las funciones de costos translogarítmica constituyen una herramienta adecuada dadas las ventajas que ésta ofrece, en cuanto a que es capaz de expresar la estructura de costos cuando se utiliza un número de insumos para la ejecución de planes de inversión.

**Tabla 4. Resultados del modelo doble log para el componente de aducción.**

Variable dpte Log CT Aducción	R <sup>2</sup> Ajustado 99%	Prob > F 0.000	
Variables idptes	Coefficientes	Error estándar	P >   t
Log Excavaciones	0.7337	0.28	0.00
Log Redes	0.2931	0.31	0.01
Log Rellenos	-0.8596	0.30	0.00
Log Codos	0.4273	0.20	0.00
Log Válvulas	0.6239	0.01	0.04
Constante	8.2350	0.22	0.00

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección técnica.

Los resultados descritos en la tabla 4, indican que del conjunto de elementos que integran al componente de aducción, cinco generan un mayor impacto sobre los costos totales, estos elementos son: excavaciones, redes, rellenos, codos y válvulas.

De incrementarse por ejemplo, los costos de las excavaciones en 1%, los costos totales para el componente de aducción se incrementarían aproximadamente en 0.7%, en este mismo orden de ideas los costos en redes incidirían en 0.3%, los costos en codos en 0.4%, mientras que las válvulas significarían hasta el 0.6%.

Llama la atención por ser negativo el coeficiente que acompaña a la variable independiente “rellenos,” este signo puede estar res-

pondiendo a dos hipótesis: la primera, es que algún tipo de rellenos no representen costos para el prestador, mientras que la segunda, se relaciona con el hecho de que el material de relleno no le cueste nada o muy poco a la empresa y más bien los costos para este rubro sean colaterales (por ejemplo el transporte de material de relleno) así obtendría economías de escala en el largo plazo.

De acuerdo con el modelo, todos los elementos incluidos son estadísticamente significativos, y de manera conjunta proporcionan una alta bondad de ajuste, razones válidas para considerar que los elementos señalados son claros determinantes del costo del componente de aducción.

**Tabla 5. Resultados del modelo doble log para el componente de almacenamiento.**

Variable Dpte Log CT Almacenamiento	R <sup>2</sup> Ajustado 91%	Prob. > F 0.000	
Variables Idptes	Coefficientes	Error Estándar	P >   t
Log Redes	0.394	0.97	0.00
Log Tapas	0.314	0.15	0.05
Log Tees	-0.175	0.08	0.05
Log Rellenos	0.203	0.88	0.03
Log Concreto	0.272	0.10	0.02
Constante	3.193	1.61	0.06

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección Técnica.

Continuando con la exposición de resultados, se encontró que para el caso del componente de almacenamiento, según lo arrojado por el modelo, los elementos que tienen mayor impacto en términos de sensibilidad sobre los costos totales de este componente, son los costos de redes, tapas, tees, concreto y rellenos.

Tanto los costos en redes, como en tapas, generan los mayores cambios en magnitud sobre los costos totales, 0.4% y 0.3% respectivamente.

De otra parte, los costos relacionados con los rellenos y concreto incrementan los totales en 0.20% y 0.27%, cabe anotar que este tipo de costos sólo generan este tipo de efectos en el corto plazo pues tales elementos cobran importancia en el evento que se construyan amplias superficies para el almacenamiento de agua bien sea para tratamiento o distribución. Todos los betas son estadísticamente significativos, y tienen alta capacidad explicativa de la variable dependiente.

**Tabla 6. Resultados del modelo doble log para el componente de captación.**

Variable Dpte Log CT Captación	R <sup>2</sup> Ajustado 80.2%	Prob > F 0.000	
Variables Idptes	Coefficientes	Error Estándar	P >   t
Log Redes	0.195	0.95	0.05
Log Manejo de aguas	0.291	0.91	0.00
Log Metales refuerzo	0.416	0.10	0.00
Constante	4.371	1.58	0.01

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección técnica.

Ahora para el caso de los costos agregados para el componente de captación, se encontró que estos presentan sensibilidad ante cambios en los costos de los elementos como redes, manejo de aguas y metales de refuerzo. Ante un cambio en 1% en los costos de los metales de refuerzo, los costos de captación se incrementan en 0.4% mientras que los costos por

concepto de manejo de aguas provocan un cambio de 0,29%, y que los costos en redes, contribuyen al alza de los costos de captación el 0.19%. La fortaleza de los costos en materiales de refuerzo en el tema de captación puede ser señal de que son altos los costos que se derivan de construir y realizar mantenimiento a los sistemas de captación.

**Tabla 7. Resultados del modelo doble log para el componente de conducción.**

Variable Dpte Log CT Conducción	R <sup>2</sup> Ajustado 94%	Prob > F 0.000	
Variables Idptes	Coefficientes	Error Estándar	P >   t
Log Redes	0.45	0.49	0.00
Log Válvulas	0.13	0.63	0.03
Log Codos	0.13	0.49	0.00
Log Concreto	0.175	1.56	0.00
Constante	4.11	0.79	0.00

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección técnica.

El modelo estimado para el componente de conducción da cuenta sobre el papel preponderante de los costos en redes sobre los costos totales, pues su incremento en 1% provoca un cambio de 0.45%, el p-valor de esta variable confirma la importancia de la misma, reduciendo a cero la posibilidad de cometer

error tipo II<sup>10</sup>. En orden de importancia se destacaron los costos asociados a concreto con el 0.17%, pues buena parte del proceso de conducción es subterráneo, seguido de los costos en redes y válvulas los cuales ocasionan cambios alrededor de 0.13%.

**Tabla 8. Resultados del modelo doble log para el componente de distribución.**

Variable Dpte Log CT Distribución	R <sup>2</sup> Ajustado 93.6%	Prob > F 0.000	
Variables Idptes	Coefficientes	Error Estándar	P >   t
Log Redes	0.394	0.47	0.00
Log Hidrantes	-0.043	0.01	0.01
Log Codos	-0.137	0.05	0.01
Log Tees	0.148	0.05	0.00
Log Conexiones	0.006	0.00	0.09
Log Excavaciones	0.455	0.05	0.00
Log Metales	0.018	0.00	0.03
Log Reparaciones	0.024	0.00	0.00
Constante	5.22	0.58	0.00

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección técnica.

Para el caso de los costos de distribución se tiene que los costos en excavaciones y redes son los de mayor impacto, pues ante un cambio del 1% en cada uno de ellos, se generan cambios al alza de 0.45% y 0.39% respectivamente. Otros elementos de construcción

como las tees, causan una subida del 0.14%, mientras que los costos en reparaciones, metales y conexiones contribuyen solamente con 0.02%, 0.01% y 0.006%. De otra parte, los costos de hidrantes y codos registraron coeficiente negativo y significancia estadística.

**Tabla 9. Resultados del modelo doble log para el componente de Recolección.**

Variable Dpte Log CT Recolección	R <sup>2</sup> Ajustado 88%	Prob > F 0.000	
Variables Idptes	Coefficientes	Error Estándar	P >   t
Log Redes	0.129	0.34	0.00
Log Pozo Inspección	0.131	0.05	0.01
Log Excavaciones	0.352	0.05	0.00
Log Demoliciones	0.164	0.03	0.00
Log Construcciones	0.302	0.04	0.00
Constante	1.57	0.64	0.01

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección técnica.

<sup>10</sup> Un concepto utilizado en la teoría del contraste de hipótesis en análisis estadístico: en una prueba de una hipótesis estadística, la probabilidad de aceptar la hipótesis cero cuando es falsa y debería ser rechazada. También llamado error beta, error de segunda clase.

El resumen presentado en la tabla 9, indica que un incremento del 1% en las excavaciones causa un aumento sobre los costos totales de recolección de 0.35%, los costos en construcciones hacen lo propio en 0.30%, las demoliciones generan una subida del 0.16% mientras que los gastos en pozos de

inspección y redes, afectan en 0.13%. Todos los elementos considerados en esta regresión arrojaron el signo esperado mientras que los p-valores estadísticos ratifican la importancia de las variables como factores explicativos de los costos totales.

**Tabla 10. Resultados del modelo doble log para el componente de Tratamiento Alcantarillado.**

Variable Dpte Log CT Tratamiento Alc	R <sup>2</sup> Ajustado 92.8%	Prob > F 0.000	
Variables Idptes	Coefficientes	Error Estándar	P >   t
Log Rellenos	0.243	0.10	0.04
Log Concreto	0.476	0.11	0.00
Log Codos	0.166	0.08	0.07
Constante	4.688	1.36	0.00

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección técnica.

Para el caso particular de los costos totales en tratamiento de alcantarillado, el concreto genera alto impacto (0.47%) sobre los costos totales, mientras que los costos de rellenos tienen una causalidad al alza del 0.24%. Cabe anotar que los proyectos de los cuales se tuvo conocimiento relacionados con este componente hacían referencia a obras de construc-

ción, lo que debe ser una de las razones por las cuales tales elementos cobran importancia sobre los costos totales.

De otra parte, la participación de los codos (0.16%) muestra que este tipo de accesorios son de alta demanda para efectos de conducir aguas residuales.

**Tabla 11. Resultados del modelo doble log para el componente de Tratamiento Acueducto.**

Variable Dpte Log CT Tratamiento Acu	R <sup>2</sup> Ajustado 93.6%	Prob > F 0.000	
Variables Idptes	Coefficientes	Error Estándar	P >   t
Log Redes	-0.193	0.49	0.06
Log Válvulas	0.695	0.10	0.02
Log Codos	0.362	0.10	0.07
Log Tees	-0.338	0.11	0.09
Log Rellenos	0.114	0.05	0.19
Log Recolección	0.962	0.19	0.04
Log Metales	-0.768	0.18	0.05
Log Medios Filtrantes	0.341	0.08	0.05
Constante	2.630	0.81	0.08

Fuente: Cálculos CRA – Subdirección técnica.

Por otro lado, en el modelo estimado para los costos totales por tratamiento de acueducto se observa que los coeficientes que acompañan a las variables independientes, redes, tees y metales arrojaron resultados negativos (Ver tabla 11), tales resultados también se han obtenido en modelos aplicados para otros componentes de inversión. Si bien es cierto que técnicamente no es posible obtener costos negativos, la intuición teórica de la dualidad conlleva a interpretar los signos negativos como el resultado de escalas en la adquisición de estos elementos en relación con su valor comercial. Es decir, a partir de la compra de un volumen determinado podrían obtenerse ahorros significativos lo que ayudaría a reducir los costos totales de tratamiento en acueducto. En este sentido, el efecto que tiene un incremento del 1% en los costos de redes sobre los costos totales es de una disminución de 0.19%, los costos en tees inciden a la baja en 0.33%, mientras que los costos en metales de refuerzo reducen los costos en 0.76%. A pesar de que el coeficiente rellenos muestra un cambio en 0.11% el modelo indica que no es estadísticamente significativo por lo que no es relevante interpretar su resultado.

Otros elementos que se incluyeron en la regresión arrojaron los signos esperados y son determinantes de los costos totales, así: un incremento del 1% en los costos de recolección provoca un alza del 0.96% sobre los costos totales, mientras que en 0.70% lo hacen los costos relacionados con válvulas, en 0.36% los costos totales, en 0,34% los costos en medios filtrantes.

## 7. Conclusiones

El propósito de este estudio fue establecer los principales determinantes de los costos de inversión de un grupo de empresas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado. Para tal fin se definieron funciones de costos de ocho componentes (aducción,

almacenamiento, captación, conducción, distribución, recolección, tratamiento acueducto y alcantarillado), las cuales adoptaron una forma funcional doble log. De esta manera, se obtuvieron las elasticidades de los costos totales de cada uno de los componentes de inversión frente a los diferentes elementos que los conforman.

Los resultados de los modelos estimados permiten asegurar que algunos elementos generan mayores impactos sobre los costos totales de los componentes de inversión. Por ejemplo, para el caso del componente de aducción, es evidente el impacto que generan los costos totales de las excavaciones los cuales, por su naturaleza, demandan esfuerzos en maquinarias y equipos, al igual que mano de obra personalizada, lo que dificulta generar ahorros o reemplazarlas por otra alternativa más económica.

De acuerdo con los modelos estimados para los componentes de almacenamiento, conducción y distribución, son los costos totales en redes lo que más inciden sobre estos, por lo menos en el corto plazo, esto sucede muy posiblemente por la condición de costos hundidos que caracteriza a estos elementos, ya que una vez incurridos su recuperación no es posible. Contrario sucede con elementos como codos, tees, metales de refuerzo, pues según los coeficientes arrojados en las regresiones, son los accesorios que causan menores impactos sobre los costos totales por lo que, en el mediano plazo, podrían generar economías de escala favorables a las empresas.

En términos generales los cálculos de elasticidades evidencian la posibilidad que tienen los prestadores de reducir los costos de sus proyectos de inversión, o bien realizar una asignación de recursos de tal manera que maximice el beneficio de la inversión, al mínimo coste posible, ya que a través de los modelos estimados para los ocho componentes analizados, se observa cuáles son los elemen-

tos de mayor impacto en la estructura de costos de las empresas. Por lo tanto, se esperaría que los prestadores inclinen sus decisiones de inversión en aquellas combinaciones de elementos que le reporten menores costos, o por el contrario en lo posible racionalice el uso de aquellos elementos de alto costo.

Teniendo en cuenta que los proyectos de inversión analizados en este estudio son en buena parte financiados por el Estado a través de diferentes instituciones como el MAVDT, o por créditos externos girados a través de la Banca Internacional con la garantía del Gobierno. Este tipo de ejercicio cobra importancia debido a que podría contribuir a la generación de conceptos sobre la asignación óptima de los recursos públicos; máxime si se tiene en cuenta que para el Planificador Central, es importante asignar rubros en aquellas alternativas de inversión que garanticen eficiencia en el sentido de Pareto<sup>11</sup>, lo cual es posible en sectores como los servicios públicos de acueducto y alcantarillado debido al alto impacto social que genera.

De otra parte, para el caso particular de la CRA dado su carácter regulador, los resultados obtenidos en este documento son recibidos como una clara señal sobre la importancia de los proyectos de inversión para el mejoramiento en la prestación del servicio en términos de calidad y cobertura. Además, el hecho de conocer de manera directa cómo los costos de los elementos asociados a los diferentes componentes, afectan a los costos totales de inversión, constituye un criterio válido para justificar efectos internos, el valor del servicio prestado a los usuarios.

<sup>11</sup> El concepto de eficiencia de Pareto, es aquella situación en la cual se cumple que no es posible beneficiar a más elementos de un sistema sin perjudicar a otros. Se basa en criterios de utilidad: si algo genera o produce provecho, comodidad, fruto o interés sin perjudicar a otro, provocará un proceso natural de optimización hasta alcanzar el punto óptimo.

Finalmente, en aras de fortalecer con argumentos técnicos la posición esta Comisión frente a la importancia del acompañamiento hacia los proyectos de inversión, vale la pena hacer seguimiento al tema con información actualizada, al igual que revisar el comportamiento de las inversiones a lo largo del tiempo.

## 8. Bibliografía

Baron, D.P. y R.B. Myerson (1982), Regulation a monopolist with in known costs, *Econometría* 50: 911-30.

Baumol, W.J., J.C. Panzar, y R. Willig, (1982): *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1982.

Berechman, J. (1989) Rail rapid transit investment and CBD revitalization: methodology and result, *Urban Study* 20 (4) 471-86.

Caves, D. & Christensen, L. (1988) The Importance of Economies of Scale, Capacity.

Christensen, L. D. Jorgenson & L. Lau, "Transcendental logarithmic production frontiers", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 55, N°1, febrero de 1973, págs. 28-43.

Christensen, Laurits and William Greene (1976). "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation." *The Journal of Political Economy* 84:655-676.

Estache, A. Guasch J.L. Trujillo L. (2003) Prices Caps, Efficiency Payoffs, and Infrastructure Contract Renegotiation in Latin America.

Feldstein, M.S. (1972) "Distributional equity and the optimal structure of public prices" *American Economic Review*, 62: 32-36.

Galetovic, A. y A. Bustos (2001), "Regulación pro empresa eficiente: ¿quién es realmente usted", informe preparado para el Ministerio de Economía de Chile.

George G. Judge, R. Carter Hill, Helmut Lütkepohl. (1988). *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*.

Greene, William H. (1999), *Análisis Económico*. Third edition. New York, University.

Holmstrom, Bengt, and Jean Tirole. 1998. "Private and Public Supply of Liquidity." *Journal of Political Economy* 106, No. 1 (February): 1-40.

Iturriza, Jorge (1982), *Integración industrial: Un enfoque metodológico* BID INTAL Revista de Integración N° 35. Washintong D.C.

Klein, Guillermo (2007), *Estudio sobre la aplicación de modelos de costos en América Latina y el Caribe*.

Laffton, J.J. y J. Tirole (1993), *A theory of Incentives in Procurement and Regulation*, MIT Press.

Nerlove, Marc (1963), *Returns to Scale in Electricity Supply*, in C. Christ (ed.), *Measurement in Economics: Studies in Mathematical Economics in Memory of Yehuda Grunfeld*, Stanford: Stanford University Press.

Streb, J., D'Amato, L.: "Economías de Escala y utilización de la capacidad instalada. Evidencia empírica para los bancos minoristas en Argentina", Serie documentos de trabajo, CEMA, No 108, Febrero 1996.

Utilization and Density in Explaining Interindustry Differences in Productivity Growth. *The Logistics and Transportation Review*, v. 24-1, pp 3-32.

Varian, Hal R., *Microeconomic Analysis*, New York: W.W. Norton, 1992.

Weisman, D.L. (2000), 'The (in)efficiency of the "Efficient Firm" cost standar', *The Antitrust Bulletin*, Spring.





# ANÁLISIS DEL COSTO PER CÁPITA DE AMPLIACIÓN DE COBERTURA A NIVEL NACIONAL DE LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

*Carolina Marín López,  
Manuel Antonio Serna.*

## 1. PRESENTACIÓN

Al analizar las tarifas de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, producto de la aplicación de la metodología tarifaria contenida en la Resolución CRA 287 de 2004, se evidencia que el componente con mayor peso (alrededor del 70%) sobre el cargo por consumo es el costo medio de inversión. Dicho costo reconoce principalmente la valoración de activos del sistema actual y las inversiones en expansión, rehabilitación y reposición de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

Al ser las inversiones un componente tan importante en las tarifas, y específicamente aquellas destinadas a construcción, rehabilitación y expansión, es necesario realizar estudios sobre estas para tratar de incrementar el beneficio de la sociedad, no sólo por el aumento en el nivel de coberturas, sino por un aumento en la calidad del servicio a unos costos eficientes.

Según un estudio del Banco Mundial del año 2004<sup>1</sup>, el costo total estimado de las inversiones a realizar en el periodo 2004-2015, para lograr las metas del milenio en cuanto a cobertura de agua potable y alcantarillado, ascendería a US\$ 3.083 millones. De este monto, US\$ 1.029 millones se dedicarían a mantener los niveles de cobertura ya alcanzados en el servicio de agua en las zonas urbanas, US\$ 1.132 millones a aumentar las coberturas en el servicio de alcantarillado rural en 5.1%, US\$ 521.9 millones a incrementar la cobertura del alcantarillado rural en 40.7% y US\$ 399.6 millones a au-

<sup>1</sup> Banco Mundial, 2004. Colombia: Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura. Balanceando las necesidades sociales y productivas de infraestructura. Informes de Base.

mentar la cobertura del agua potable en la zona rural en 23.8%.<sup>2</sup>

El documento CONPES SOCIAL No. 112 de 2008, “Distribución del Sistema General de Participaciones - Ajuste a la Distribución de las Doceavas de la Vigencia 2007 (Salud, Propósito General y Asignación Especial para Alimentación Escolar) - Ajuste a la Distribución de los Recursos del Crecimiento de la Economía Distribuidos en la Vigencia 2007 (Salud, Propósito General y Asignación Especial para Alimentación Escolar) - Once Doceavas de la Vigencia 2008”, definió la necesidad de determinar o estimar el costo per cápita de ampliación de coberturas a nivel nacional. Lo anterior, teniendo en cuenta que todos los estudios realizados en el sector, emplean un dato de referencia sobre costos per cápita, que posiblemente no refleja la realidad del sector ni la realidad de la economía colombiana.

En consecuencia, el citado CONPES estableció la siguiente recomendación:

“Solicitar a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico:

- a) Determinar durante el primer semestre de 2008, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, un estudio para determinar los costos per cápita de ampliación de coberturas a nivel nacional para acueducto y alcantarillado, para las áreas urbanas y rurales”.

Por tal motivo, con el presente estudio se busca dar alcance a dicha recomendación,

para lo cual se desarrollan seis secciones, que contienen los objetivos del estudio, un breve diagnóstico de las inversiones realizadas en el sector, la metodología utilizada para la estimación de los costos per cápita tanto en la zona rural como la zona urbana, los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones.

## 2. OBJETIVO

El objetivo es estimar los costos per cápita de ampliación de cobertura a nivel nacional, para los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, y que sirvan como un punto de referencia para la toma de decisiones económicas eficientes en temas de inversión y expansión de coberturas.

## 3. DIAGNÓSTICO DEL SECTOR

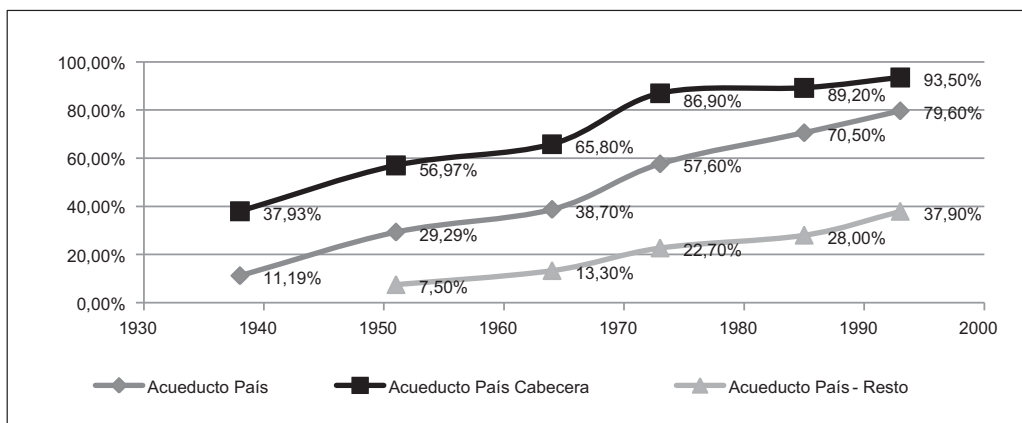
### 3.1. Cobertura

El nivel de coberturas para los servicios de acueducto y alcantarillado, definido en términos del porcentaje del total de hogares que tiene acceso a una conexión, presentó un aumento progresivo como consecuencia de las inversiones que se han realizado en el sector (Gráficos 1-3).

Para el caso de las coberturas en acueducto para el país, se presentó un crecimiento de 68,4% entre el año 1938 y 1993 (Cuervo et al., 1993). Este incremento se concentra principalmente a nivel de cabeceras; por ejemplo, la variación, dentro de la serie en discusión, es igual a 55,57%.

<sup>2</sup> Para el cálculo de estos costos, se consideró los siguientes costos unitarios de las inversiones para la ampliación de la cobertura (US\$/Habitante): a) Agua Potable Urbana: 133.5, b) Agua Potable Rural: 150, c) Saneamiento Urbano: 150 y d) Saneamiento Rural: 100.

**Gráfico 1. Evolución Cobertura de Acueducto (1938 - 1993)**

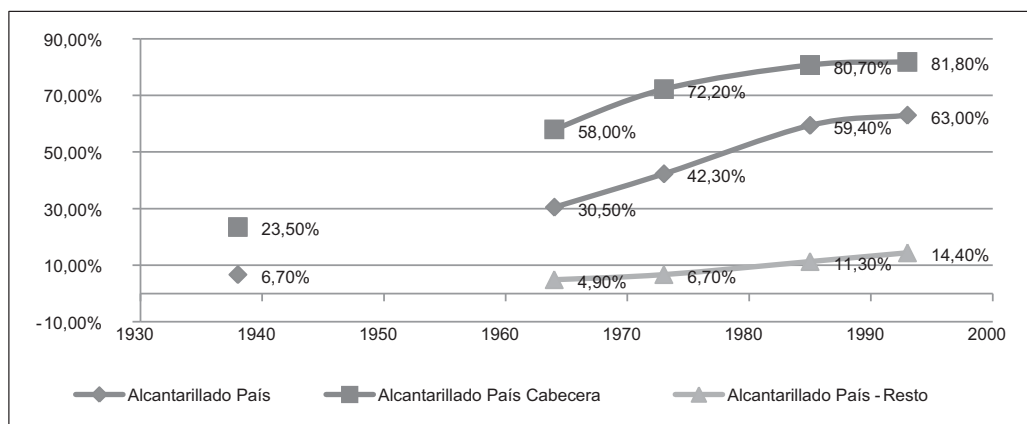


Fuente: Cuervo et al., 1993.

En el caso de coberturas de alcantarillado, la variación entre los años 1938 y 1993 para el total del país corresponde a un incremento de 56,3%. Nuevamente, se presenta un mayor

incremento a nivel de alcantarillado en cabeceras, en donde la variación es igual a 58,3 puntos porcentuales.

**Gráfico 2. Evolución Cobertura de Alcantarillado (1938 - 1993)**



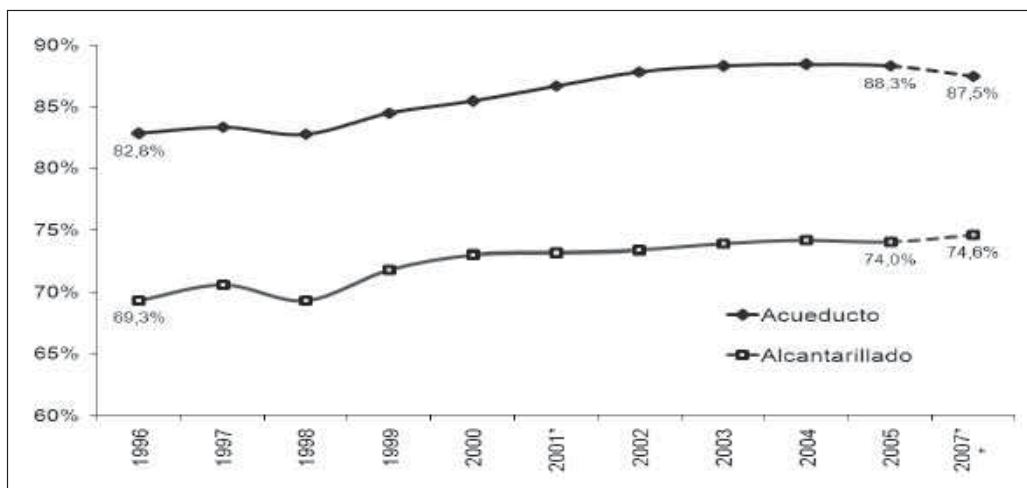
Fuente: Cuervo et al., 1993.

El Gráfico 3 presenta la evolución de las coberturas en acueducto y alcantarillado entre los años 1996 y 2007. Las coberturas tanto en acueducto como alcantarillado se han incrementado como consecuencia del fortalecimiento institucional, técnico y regulatorio que ha presentado el sector en la última década.

En cuanto al desarrollo de la Regulación, es posible señalar que las etapas iniciales tenían como principal objetivo el fortalecimiento del sector, de forma que se garantizaran las inversiones necesarias para mejorar calidad y cobertura, al mismo tiempo que se debía asegurar la suficiencia financiera de los pres-

tadores. De esta forma, cuando se analiza este periodo, se observa por ejemplo, en lo que al servicio de acueducto se refiere, un incremento en la cobertura de 5,53%, mientras que en el caso de alcantarillado el incremento es igual a 4,71% (Gráfico 3).

**Gráfico 3. Evolución Coberturas Acueducto y Alcantarillado (1996 - 2005)**

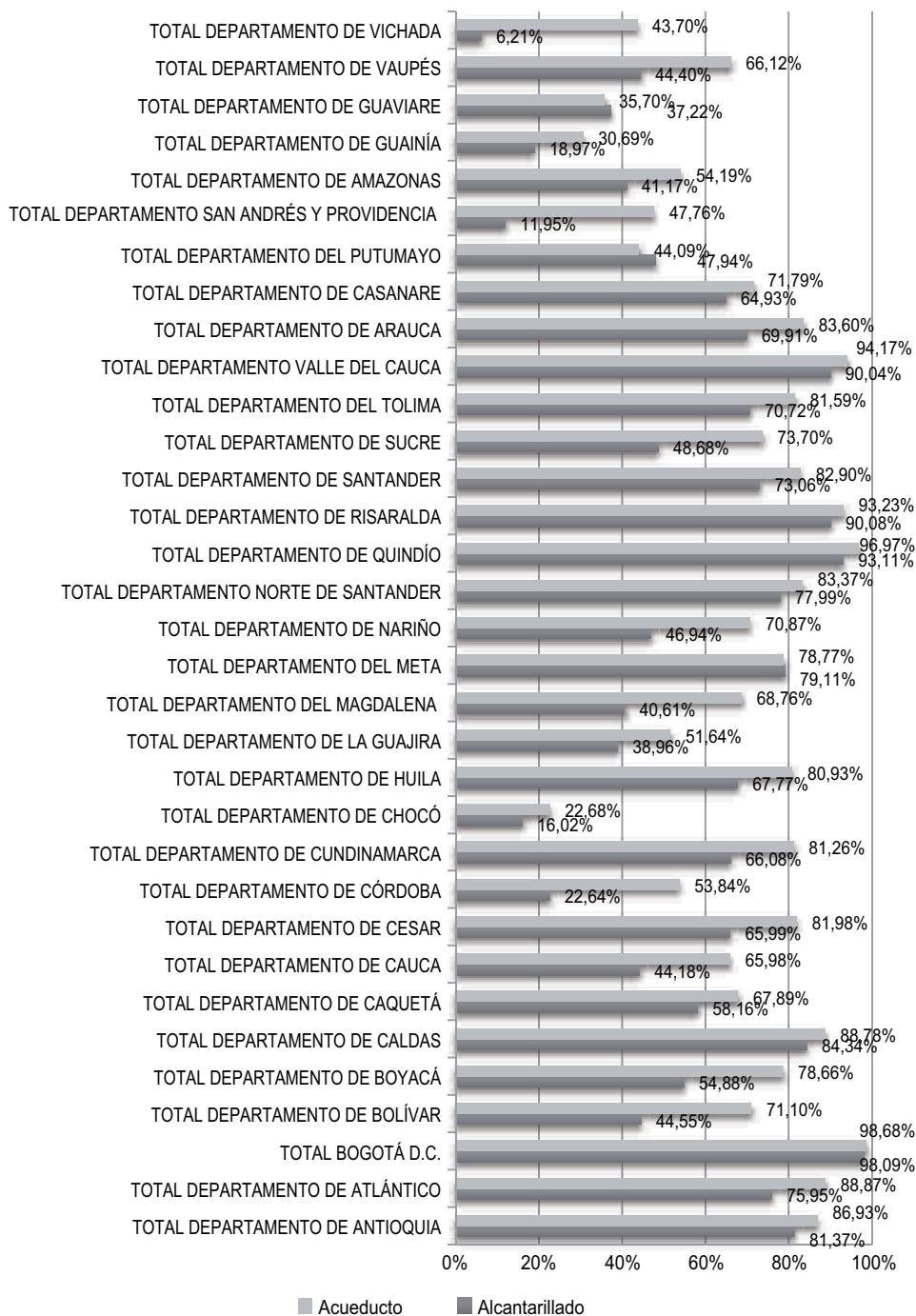


Fuente: CRA, 2007b.

El siguiente cuadro presenta las coberturas por departamento de los servicios de acueducto y alcantarillado, provenientes del Censo 2005. En algunos casos, donde las co-

berturas de alcantarillado son superiores a las de acueducto, el DANE viene realizando una verificación de la información recolectada.

**Gráfico 4. Coberturas Totales de Acueducto y Alcantarillado por Departamento (Año 2005)**



Fuente: SSPD, 2007.

Se evidencia que Bogotá D.C. presenta la mayor cobertura tanto para acueducto como para alcantarillado (98,7% y 98,1%, respectivamente). El siguiente departamento es Quindío que en el caso de acueducto presenta una cobertura de 97% y en el caso de alcantarillado de 93,1%. En el otro extremo, el departamento del Chocó presenta la menor cobertura para el servicio de acueducto (22,7%), mientras que el departamento de Vichada, presenta la menor cobertura para el servicio de alcantarillado (6,2%).

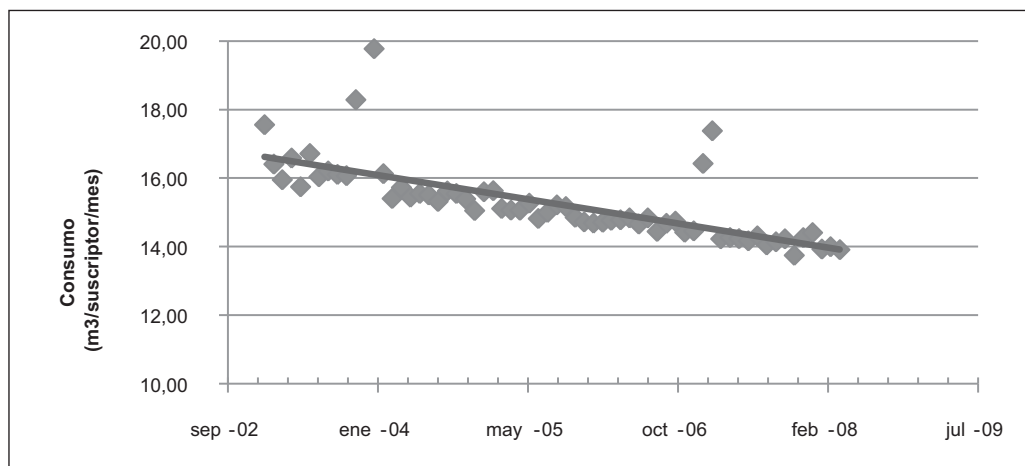
### 3.2. Calidad

En términos de calidad, los prestadores de los servicios públicos domiciliarios de

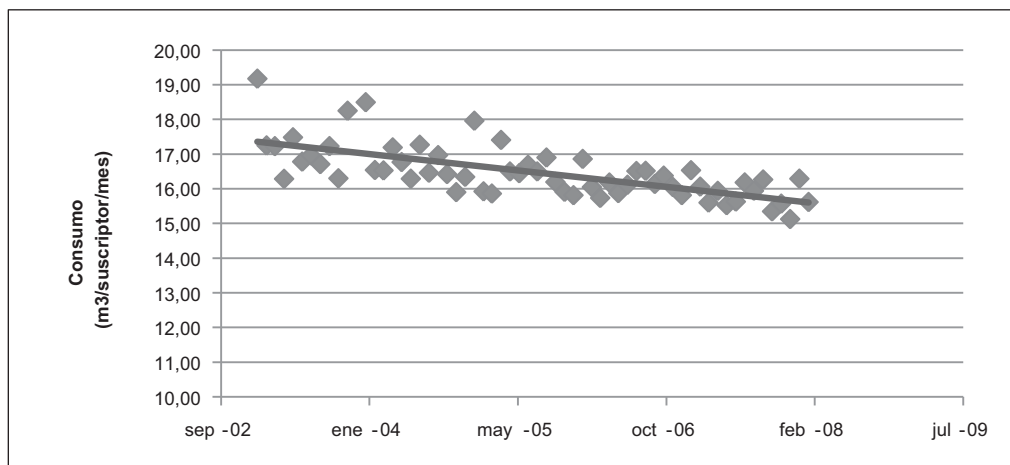
acueducto y alcantarillado todavía enfrentan problemas por resolver. En el tema de calidad del servicio, es importante estudiar algunos parámetros que permitan aproximarse a su medición, entre los cuales se tiene el consumo de agua promedio, el valor de las tarifas, la capacidad de producción de agua potable, el agua potable tratada, la continuidad del servicio y el índice de agua no contabilizada.

En lo que respecta a la “tendencia histórica del consumo promedio mensual ponderado por número de usuarios, para determinados climas”, se evidencia una reducción en los últimos años. En los siguientes gráficos se muestran dichas tendencias.

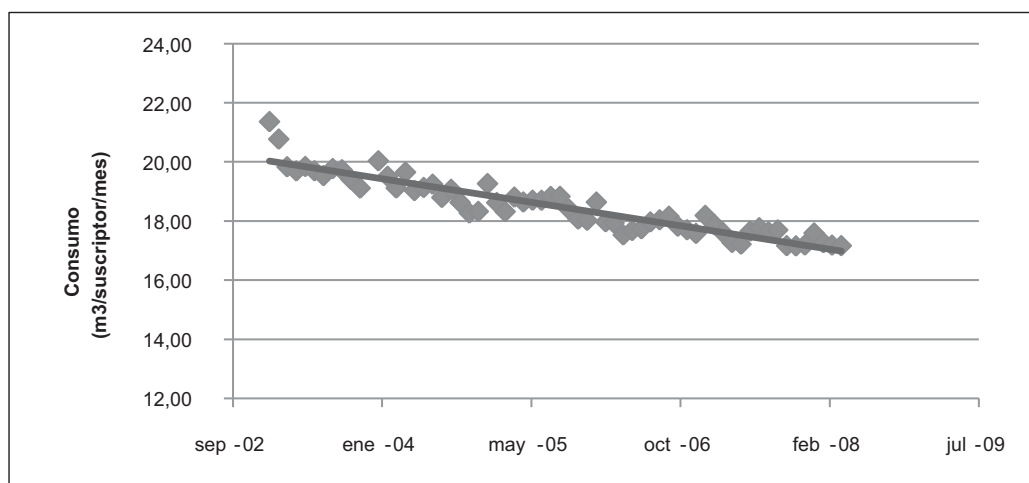
**Gráfico 5. Tendencia del Consumo Total Promedio en Ciudades de Clima Frío**



Ciudades de Clima Frío: Bogotá, Pasto, Manizales y Tunja.  
Fuente: CRA, 2008c.

**Gráfico 6. Tendencia del Consumo Total Promedio en Ciudades de Clima Templado**

Ciudades de Clima Templado: Medellín, Armenia, Pereira, Popayán y Ocaña.  
Fuente: CRA, 2008c.

**Gráfico 7. Tendencia del Consumo Total Promedio en Ciudades de Clima Cálido**

Ciudades de Clima Cálido: Barranquilla, Cali, Bucaramanga, Santa Marta, Buga, Cartagena, Girardot y Cartago.  
Fuente: CRA, 2008c.

Si se tiene en cuenta que dentro de este mismo periodo se presentó un incremento en el valor de las tarifas en términos reales, se concluye que, en general, los consumos por suscriptor presentan una tendencia a la baja.

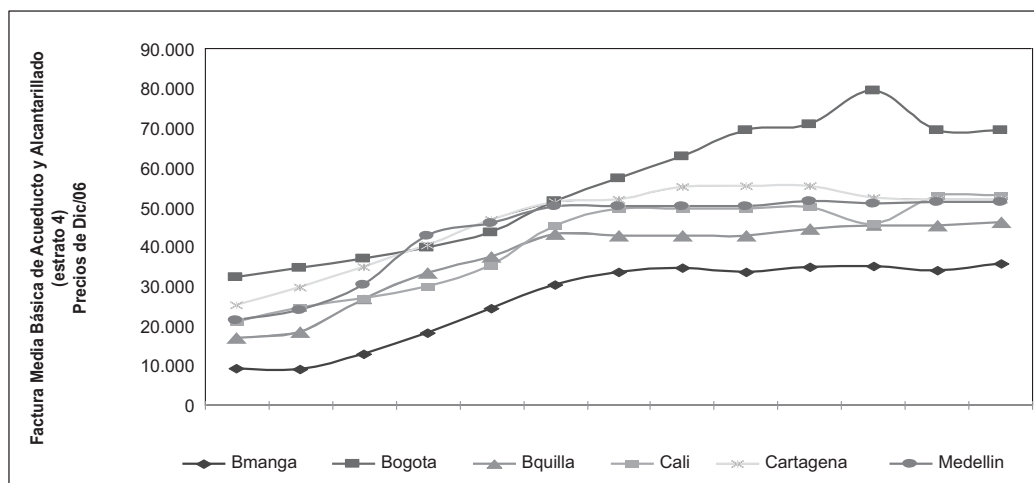
Las tarifas descritas en el Gráfico 8 se refieren al estrato cuatro; este representa los costos del servicio sin subsidios o contribuciones, lo cual refleja el verdadero cambio en las tarifas. Cuando se observa el valor de la factura



media básica<sup>3</sup> a nivel nacional (ponderada por el número de suscriptores de cada sistema), se observa que el crecimiento en el nivel de tarifas se encuentra altamente asociado al

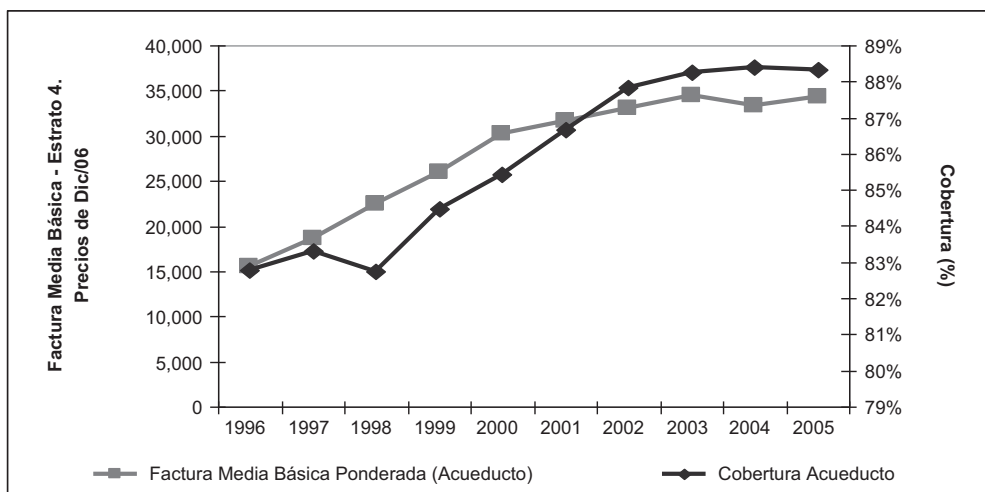
aumento experimentado en el nivel de cobertura (Gráfico 9); inferencias similares pueden ser establecidas con relación a la variable que refleje la calidad del servicio.

**Gráfico 8. Evolución de la Tarifa de Acueducto y Alcantarillado para el Estrato 4 (precios de diciembre de 2005)**



Fuente: CRA, 2007b.

**Gráfico 9. Evolución de la Tarifa para el Estrato Cuatro y Cobertura de Acueducto**



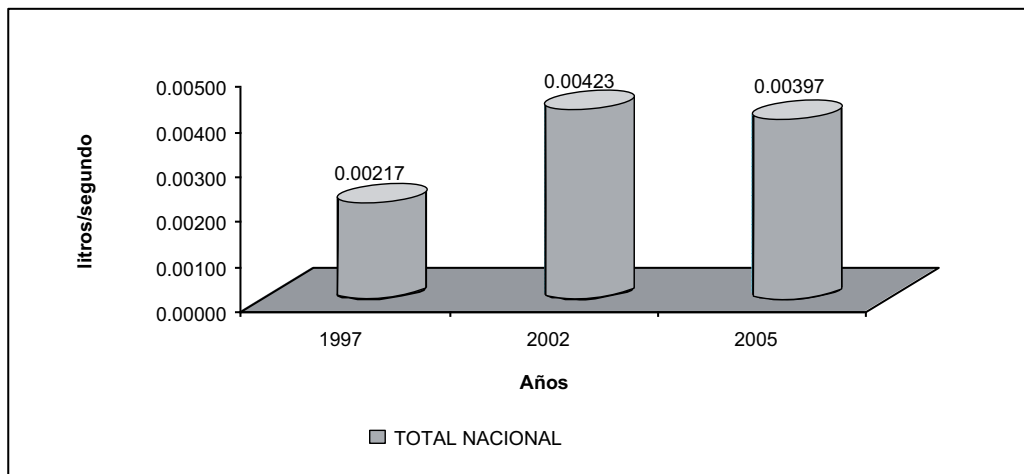
Fuente: CRA, 2007b.

<sup>3</sup> Corresponde a aquella factura con un nivel de consumo de 20 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes.

Por otra parte, la capacidad de producción de agua potable per cápita, por segundo, presenta una tendencia positiva para el periodo

1997-2005 (ver Gráfico 10), la cual refleja un incremento en la infraestructura disponible.

**Gráfico 10. Evolución de la Capacidad de Producción de Agua Potable Per Cápita**

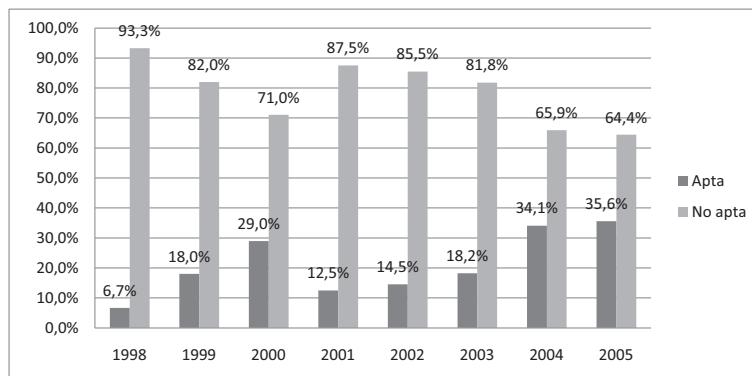


Fuente: CRA, 2007a.

Asimismo, en relación con la evolución de los municipios que presentan agua potable tratada (Gráfico 11), se evidencia una evolución positiva para el periodo 1998-2005. Para el año 1998, el agua tratada no apta para consumo humano abarcaba un 93% de los municipios, mientras que, de acuerdo con esta información, la cual se fundamenta principalmente en los resultados obtenidos por las secretarías locales de salud, para el año 2005 un 64,4% de los municipios presentaba agua no apta para el consumo humano, es decir, se produjo una reducción del 28,6%.

Es importante indicar que si bien el porcentaje en términos de municipios es alto, el porcentaje de población que recibe agua de buena calidad es elevado. A pesar de que en efecto se está mejorando el valor del indicador, estas cifras continúan siendo motivo de preocupación y demuestran la importancia de adoptar mecanismos que incrementen el nivel de calidad de agua que consumen los colombianos. En suma, es necesario precisar que la confiabilidad de esta información ha sido constantemente cuestionada, dada la limitada capacidad técnica con que cuentan las secretarías de salud para la toma de las muestras y su respectivo análisis.

**Gráfico 11. Evolución Agua Potable Tratada**

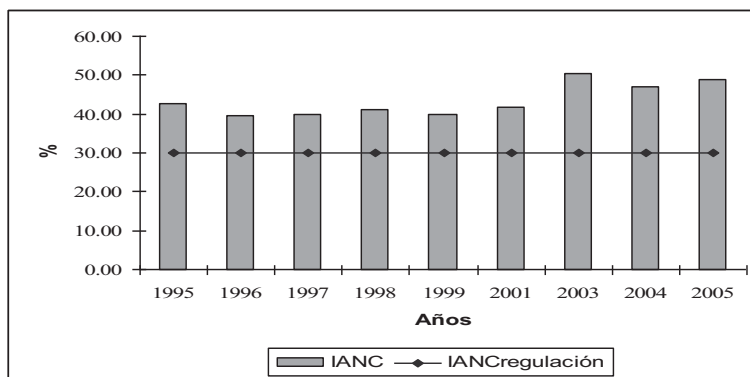


Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Supercifras, Fascículo No 1, 2, 3, 5 y 6. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, “Estudio sectorial – Servicios públicos de acueducto y alcantarillado – 2002-2005”, Bogotá, 2006.

El índice de agua no contabilizada (IANC) mide el grado de control que tienen las empresas sobre el recurso; es decir, se considera como un parámetro de eficiencia técnica de los prestadores del servicio de acueducto. La normatividad regulatoria reconoce un máximo del 30% de nivel de agua producida perdida, cuyos costos se incluyen en las tarifas. En

promedio, el IANC en Colombia se encuentra alrededor del 42% (ver Gráfico 12)<sup>4</sup>. Sin embargo, existen otros indicadores de niveles de pérdidas, como por ejemplo los metros cúbicos perdidos por usuario día, que muestran una tendencia favorable, como en el caso de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) (Gráfico 13).

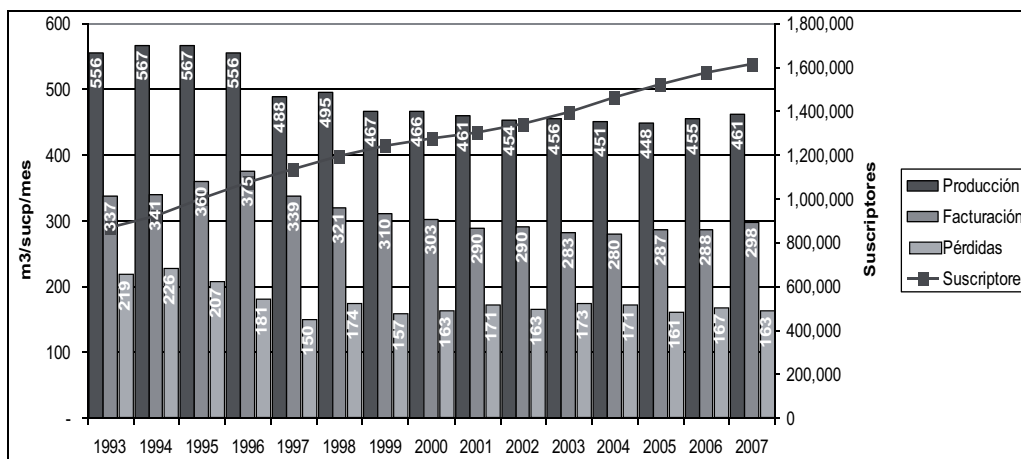
**Gráfico 12. Evolución del IANC**



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Supercifras, Fascículos No 1, 2, 3, 5 y 6. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, “Estudio sectorial – Servicios públicos de acueducto y alcantarillado – 2002-2005”, Bogotá, 2006

<sup>4</sup> El IANC = 30% es una señal regulatoria en términos de costos, pero que no se trata de un parámetro comparativo al cual deban necesariamente ajustarse los prestadores. El nivel de pérdida en cada caso, dependerá de la particularidad de cada sistema

**Gráfico 13. Evolución de Producción, Facturación, Pérdidas y Suscriptores**

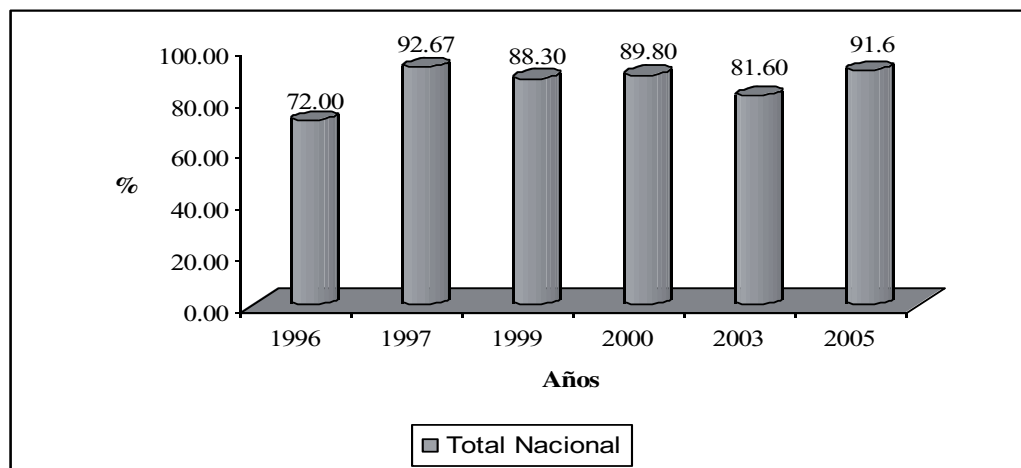


Fuente: EAAB, 2007.

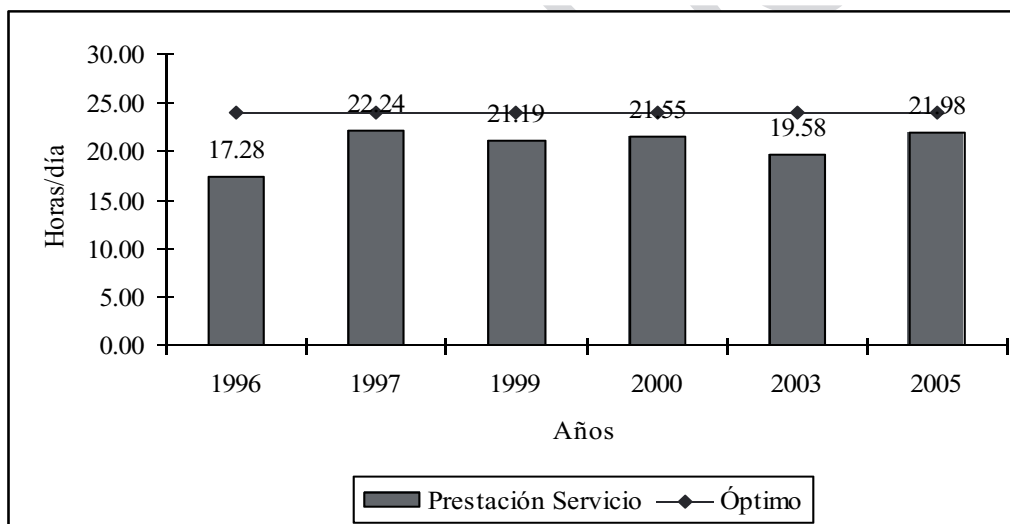
La continuidad es una de las variables que tienen una mayor valoración dentro de la percepción de los usuarios. Esta variable, que ocupa un lugar preponderante dentro de las que definen la calidad del servicio, ha presentado un incremento a nivel nacional cercano al 20%, dentro del periodo comprendido entre los años 1996-2005 (Gráfico

14). De la misma manera, se observa un crecimiento en la cantidad de horas de prestación del servicio de acueducto, pasando de 17 horas en el año 1996 a 22 horas en el 2005 (Gráfico 15). Sin embargo, los valores no son fáciles de interpretar, si se tiene en cuenta que el máximo de la serie se observa en el año 1997.

**Gráfico 14. Evolución de la Continuidad del Servicio de Acueducto (%)**



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Supercifras, Fascículos No 1, 2, 3, 5 y 6. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Encuesta de Calidad de Vida, 2003. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Estudio sectorial de Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado 2002 – 2005, Bogotá, 2006

**Gráfico 15. Evolución de la Continuidad del Servicio de Acueducto (Horas/día)**

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Supercifras, Fascículos No 1, 2, 3, 5 y 6. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Encuesta de Calidad de Vida, 2003. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Estudio sectorial de Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado 2002 – 2005, Bogotá, 2006

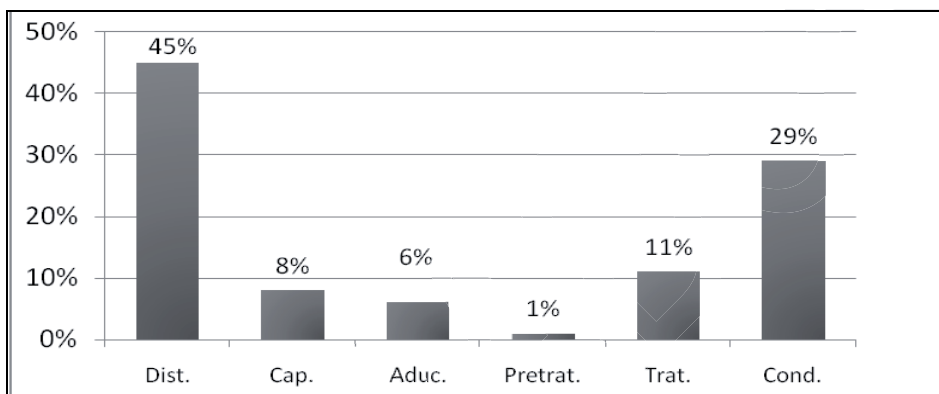
### 3.3. Inversiones Projectadas

Las fórmulas tarifarias para los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado están conformadas por un cargo fijo y un cargo variable o por unidad de consumo. El cargo fijo para cada uno de los servicios se determina con base en los costos medios de administración (CMA). Por su parte, el cargo por consumo está conformado por el costo medio de operación (CMO), costo medio de inversión (CMI) y los costos medios de tasas ambientales (CMT). El costo medio de inversión es el que presenta el mayor peso dentro del cargo por consumo y reconoce principalmente la valoración de activos del sistema actual y las inversiones en expansión, rehabilitación y reposición de los sistemas sujetos a la demanda proyectada del servicio y las metas de cobertura, calidad y continuidad.

A nivel nacional, el costo medio de inversión para el servicio de acueducto fluctúa entre \$165 y \$1.710, teniendo un costo

promedio igual a \$636. La variación en dicho costo a nivel nacional permite suponer que los requerimientos de inversión van a ser cubiertos con recursos proporcionados por entidades públicas, además de la tarifa. En el caso del servicio de alcantarillado, el costo medio de inversión fluctúa entre \$1,11 y \$1.423, presentando una amplitud mucho mayor a lo que se registra en el servicio de acueducto. A nivel nacional, el promedio es igual a \$463 pesos por metro cúbico.

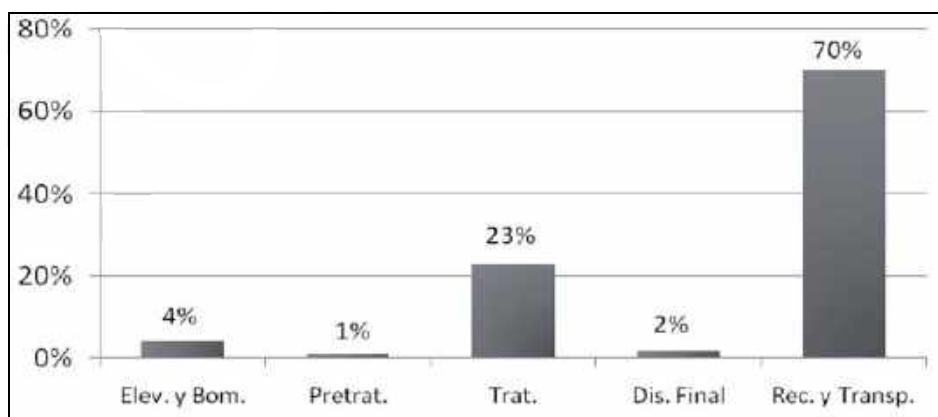
Según información que reportan las empresas al Sistema Único de Información (SUI), las inversiones proyectadas en los estudios de costos y tarifas para el servicio de acueducto ascienden a \$1.806.349 millones de pesos para los siguientes diez (10) años. El Gráfico 16 presenta información sobre la participación por actividad de las inversiones proyectadas de acueducto. A pesar de la existencia de esta información, no se tiene claridad si está destinada a reposición o ampliación de coberturas.

**Gráfico 16. Participación por Actividad de Inversiones Proyectadas de Acueducto**

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos, 2007b.

En el caso del sistema de alcantarillado, se estima una inversión para los siguientes diez (10) años de aproximadamente \$3.115.452 millones de pesos. De esos montos estimados,

un 70% corresponde a recolección y transporte, un 23% para tratamiento, un 4% para elevación y bombeo, un 2% disposición final y 1% destinado a pretratamiento.

**Gráfico 17. Participación por Actividad de Inversiones Proyectadas de Alcantarillado**

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos, 2007b.

Para el caso de las inversiones, es importante estimar o determinar los costos per cápita de ampliación de cobertura a nivel nacional para acueducto y alcantarillado, con

la finalidad de que las políticas que adelante el gobierno o alguna empresa prestadora, para aumentar la cobertura del servicio, sean lo más eficientes posible.

#### 4. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE COSTOS PER CÁPITA PARA COLOMBIA.

Luego de revisar estudios sobre la estimación de costos per cápita de inversiones en aumentos en cobertura para Colombia, se encontraron tres datos importantes: el primero de ellos, y más utilizado en el sector, responde a los resultados de un estudio desarrollado por el Banco Mundial en 2004, el segundo está consolidado en el documento de “Lineamientos de política para el sector de agua potable y saneamiento básico en zona rural” para 2005 y el tercer dato fue obtenido en el “Estudio de los costos de administración, costos de operación y estimar a través de modelos hidráulicos de ingeniería los costos de inversión para las personas prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado que

atiendan menos de 8.000 suscriptores” desarrollado en el año 2008.

##### 4.1. Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura. Balanceando las necesidades sociales y productivas de infraestructura, 2004.

El primero se encontró en el documento “Colombia: Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura. Balanceando las necesidades sociales y productivas de infraestructuras”, que es un documento Informe de Base del Sector de Agua Potable del Banco Mundial del año 2004 (página 54), realizado por el Consultor Diego Fernández. En él, se presenta la Tabla 1 donde se estipula como costo per cápita para la ampliación de la cobertura del servicio público de acueducto un valor igual a US\$ 133,5 y en el caso de alcantarillado igual a US\$ 150.<sup>5</sup>

Tabla 1. Costo Per Cápita - Banco Mundial<sup>6</sup>

Concepto	Costo Per Cápita (US\$)
Agua Potable Urbana	
Expansión Cobertura y Tratamiento	133,5
Agua Potable Rural	150
Saneamiento Urbano	150
Tratamiento Aguas Servidas	100
Saneamiento Rural	100

Fuente: Fernández, 2004.

##### 4.2. Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia, 2005.

El segundo dato importante es el encontrado en el documento: “Lineamientos de Política de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia” de 2005, realizado por la Dirección de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

<sup>5</sup> La misma información se evidencia en el estudio “Panorama nacional: los niños, el agua y el ambiente sano”. Artículo elaborado por Julio Miguel Silva Salamanca y Tatiana Andía, Directora y Consultora de Desarrollo Urbano y Política Ambiental del Departamento Nacional de Planeación.

De igual forma, dicha información es referenciada en el Documento Conpes 3383 de 2005: “Plan del Sector de Acueducto y Alcantarillado”.

<sup>6</sup> Estos costos son tomados de un ejercicio de cuantificación de las metas del milenio en latinoamérica realizado por Roberto Chama para el BID (en el cual se cita como fuente el Ministerio de Desarrollo de Colombia), presentado en Santiago de Chile, 2003.

En dicho documento se presenta la siguiente información (página 28):

*“Costo per-cápita de inversión y/expansión de nivel servicio 0 al nivel 5: US\$ 150 incluye bocatoma, aducción, almacenamiento, conducción, redes y planta; de nivel de servicio 0 al nivel 3: US\$ 133 incluye bocatoma, aducción, almacenamiento, redes y conexiones domiciliarias; del nivel de servicio 0 y 1 al nivel 2: US\$ 60 incluye bocatoma, aducción, almacenamiento, redes hasta pilas públicas; de nivel 2 al 5: US\$ 90 incluye redes y planta; y de nivel servicio 3 al 5: US\$ 17 incluye sistema de potabilización (planta).*

*“Costo per-cápita soluciones individuales de aguas servidas y/o saneamiento básico: US\$ 80.*

*“Los costos per-cápita de reposición se estiman considerando una vida de la infraestructura igual a 35 años.*

*“Es importante destacar que estas cifras son proyecciones y que los valores efectivos pueden variar en la medida que los municipios y departamentos vayan generando y consolidando el banco de proyectos a que hace referencia en las estrategias o líneas de acción asociadas al objetivo 1.”*

**4.3. Estudio de los costos de administración, costos de operación y estimar a través de modelos hidráulicos de ingeniería los costos de inversión para las personas prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado que atiendan menos de 8.000 suscriptores, 2008.**

La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), mediante contrato de consultoría No. 172 de 2008, contrató con la firma Unión Temporal Modelación CRA

– 2008, un estudio con el objeto de establecer los costos de administración, costos de operación y estimar a través de modelos hidráulicos de ingeniería los costos de inversión para las personas prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado que atiendan menos de 8.000 suscriptores.

En el desarrollo de este proyecto, se generaron escenarios de modelación para sistemas de acueducto y de alcantarillado, a partir de información real reportada para unos sistemas específicos (Guamal, Puerto Lleras, Vijes, Roldadillo y Villeta), con el fin de crear sistemas teóricos, con variaciones en sus características topológicas y operativas dentro de cada escenario de modelación.

En cada escenario de modelación de los sistemas de acueducto se modificaron elementos como la cobertura, población, tasa de crecimiento poblacional, capacidad del sistema, capacidad de tratamiento, entre otras. Igualmente, para el sistema de alcantarillado se generaron escenarios de diseño de sistemas de tipo separado y combinado, modificando variables como la cobertura.

Para efectos del presente documento, se trabajó con los datos (número de suscriptores y costo de obra) de los cinco sistemas reales en su estado original, es decir, se trabajó con la línea base del proyecto. De igual manera, toda vez que el consultor elaboró presupuestos de los sistemas de acueducto y alcantarillado de forma global, sólo fue posible distinguir los rubros relacionados con los componentes de captación, almacenamiento y tratamiento de agua potable.

En la siguiente tabla se presentan los datos aportados por el consultor, así como la estimación de costos per cápita por componente realizada.



**Tabla 2. Costo por suscriptor componente Almacenamiento.**

MUNICIPIO	No. Suscriptores	COSTO OBRA	AIU	COSTO TOTAL	\$/ suscrip
Villeta	4.768	348.608.928	94.124.411	442.733.339	92.855,15
Vijes	1.720	99.839.584	26.956.688	126.796.271	73.718,76
Guamal	1.623	55.341.177	14.942.118	70.283.295	43.304,56
Puerto Lleras	834	48.856.299	13.191.201	62.047.500	74.397,48
Roldanillo	6.440	219.667.915	59.310.337	278.978.252	43.320
<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>					<b>65.519,19</b>

**Tabla 3. Costo por suscriptor componente Captación.**

MUNICIPIO	No. Suscriptores	COSTO OBRA	AIU	COSTO TOTAL	\$/ suscrip
Villeta	4.768	785.254	212.019	997.273	209,16
Vijes	1.720	473.264	127.781	601.045	349,44
Guamal	1.623	236.632	63.891	300.523	185,16
Puerto Lleras	834	271.639.272	73.342.603	344.981.876	413.647,33
Roldanillo	6.440	236.632	63.891	300.523	47
<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>					<b>82.888</b>

**Tabla 4. Costo por suscriptor componente Tratamiento Acueducto - Convencional.**

MUNICIPIO	No. Suscriptores	COSTO OBRA	AIU	COSTO TOTAL	\$/ suscrip
Villeta	4.768	377.072.428	101.809.556	478.881.984	100.436
Vijes	1.720	191.543.546	51.716.757	243.260.303	141.430
Guamal	1.623	236.931.000	63.971.370	300.902.370	185.398
Puerto Lleras	834	97.299.424	26.270.844	123.570.268	148.165
Roldanillo	6.440	431.474.918	116.498.228	547.973.146	85.089
<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>					<b>132.104</b>

## 5. COSTO PER CÁPITA DE AMPLIACIÓN DE COBERTURA A NIVEL NACIONAL PARA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

### 5.1. Base de Datos

Para la estimación de los costos per cápita asociados a la construcción de infraestructura para los sistemas de acueducto y alcantarilla-

do, se partió de la información recolectada a través del “Estudio de Estructuración y Análisis de Información de Inversiones de los Prestadores de Acueducto y Alcantarillado”, desarrollado por la Comisión durante los años 2008 y 2009.

Dicho estudio, consideró información sobre inversiones en infraestructura de los servicios de acueducto y alcantarillado de una

muestra de veinte (20) prestadores, teniendo en cuenta el tamaño del mercado, su naturaleza jurídica e incluyendo, cuando la disponibilidad de información lo permitió, áreas de prestación de diferentes regiones geográficas del país (Tabla 1 – Anexo A).

Asimismo, el citado estudio trabajó con información de proyectos supervisados por FONADE, los cuales cuentan con aportes financieros del Gobierno Nacional a través del programa de Ventanilla Única liderado por el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. En este sentido, de los 369 proyectos registrados hasta julio de 2008 en el sistema GEOTEC<sup>7</sup>, se escogió una muestra de 200 proyectos (74,35%), con los cuales se logró obtener información de 136 prestadores (Tabla 2 – Anexo B).

La base de datos, del citado estudio, está estructurada a partir de cinco (5) jerarquías de detalle las cuales se describen a continuación:

1. *Proyecto*: Obra de inversión en infraestructura física para la prestación de servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Los cuales pueden ser financiados directamente por el operador, o a través de convenios con el Gobierno Nacional o Regional.
2. *Contrato*: Acto jurídico por medio del cual se desarrolla un proyecto. Un proyecto de inversión puede incluir varios contratos.
3. *Componente*: Procesos o actividades asociados a la prestación de los servicios. Un contrato puede contener varios componentes. La base de datos contiene 8 componentes definidos:

#### A. Sistema de Acueducto

- *Captación*: Componente del servicio de acueducto que incluye el

conjunto de estructuras necesarias para captar agua cruda sin ningún tratamiento de una fuente.

- *Aducción*: Componente del servicio de acueducto a través del cual se transporta agua cruda entre la captación y la planta de potabilización de agua.
- *Tratamiento*: Componente del servicio de acueducto a través del cual se somete el agua cruda captada a tratamiento físico, químico y/o biológico para hacerla apta para el consumo humano.
- *Almacenamiento*: Componente del servicio de acueducto a través del cual se almacena agua, cruda o tratada.
- *Conducción*: Componente del servicio de acueducto a través del cual se transporta agua tratada entre la planta de potabilización del agua y la red de distribución urbana.
- *Distribución*: Componente del servicio de acueducto que incluye la red de distribución matriz, y las redes de distribución menores. La red de distribución matriz es el conjunto de tuberías de mayor diámetro utilizadas en la distribución de agua potable procedente de la planta de potabilización.

#### B. Alcantarillado:

- *Recolección*: Componente del servicio de alcantarillado a través del cual se realiza la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final. Incluye el conjunto de conductos y estructuras destinados a recibir, evacuar y conducir el agua.

<sup>7</sup> Banco de Proyectos en Línea del Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE).

- *Tratamiento*: Componente del servicio de alcantarillado a través del cual se realiza tratamiento físico, químico y/o biológico a las aguas residuales para disminuir su nivel de contaminación antes de la descarga al medio natural.
4. *Elemento*: Unidades de suministro o actividades necesarias en la construcción, ampliación, rehabilitación, mejoramiento, optimización o reposición de los componentes. Los componentes se dividen en elementos para caracterizar sus costos y dimensiones. La base de datos cuenta con 105 elementos de interés.
5. *Variable*: Características que permiten dimensionar los elementos y componentes, las cuales se pueden determinar para cada uno de los anteriores niveles de detalle. A nivel componente se cuenta con 54 variables, mientras que a nivel elemento 166.
- Finalmente, se tiene que la base de datos cuenta con información de 449 proyectos, que corresponden a 510 contratos, que a su vez contienen información de 947 componentes, distribuidos así:

**Tabla 5. Participación del Total de Componentes Ingresados a la Base de datos, según Tipo Componente**

COMPONENTE	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
Aducción AC	24	2,53%
Almacenamiento AC	93	9,82%
Captación AC	60	6,34%
Conducción AC	100	10,56%
Distribución AC	255	26,93%
Recolección AL	287	30,31%
Tratamiento AC	97	10,24%
Tratamiento AL	31	3,27%
TOTAL	947	100%

Fuente: Estudio de Estructuración y Análisis de Información de Inversiones de los Prestadores de Acueducto y Alcantarillado, 2009.

### 5.2. Procedimiento para la Estimación del Costo Per Cápita de Ampliación de Cobertura para Acueducto y Alcantarillado

De la base de datos del “Estudio de Estructuración y Análisis de Información de

Inversiones de los Prestadores de Acueducto y Alcantarillado” se utiliza la variable Tipo de Obra para seleccionar a aquellos proyectos que están relacionados con un aumento en el nivel de cobertura. En este caso, se utilizaron aquellos proyectos destinados a construcción,

tanto para el servicio de acueducto como para el de alcantarillado.

Seguidamente, se seleccionan aquellos proyectos que presenten la variable población beneficiada, reportada por las diversas fuentes de información como el número de habitantes proyectados o población futura de diseño, a partir de la cual se estiman cantidades de obras, equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Para los componentes de aducción, conducción, distribución y recolección, se seleccionan aquellos proyectos que, adicionalmente, cuentan con información en las variables: i) longitud y ii) diámetro.

Para cada uno de los proyectos obtenidos, se realizó una revisión detallada de los ítems contratados, con el fin de sustraer el costo correspondiente a conexiones domiciliarias, toda vez que estas no necesariamente corresponden al componente de distribución, en el caso de acueducto, o al de recolección en el caso de alcantarillado. Lo anterior, considerando que dichos costos están asociados a los costos directos de conexión, definidos según lo establecido en la sección 2.4.4 de la Resolución CRA 151 de 2001 y no siempre están incorporados en los proyectos de inversión.

Asimismo, se descartó información de proyectos que, por poseer una de las siguientes características, podrían generar distorsiones en los análisis a realizar:

1. No se contaba con acta final de obra y el presupuesto contratado difería mucho del presupuesto ejecutado.
2. El valor especificado en los rubros de tuberías era muy inferior con relación a las listas de precios publicada por los principales fabricantes a nivel nacional.

3. La información consignada en la ficha técnica no concordaba con la registrada en el presupuesto de obra.
4. Proyectos de sectorización, de bajo costo, en los cuales se beneficia mucha población.
5. Proyectos que cuentan con obras de acueducto y alcantarillado sin lograr diferenciación entre la totalidad de los ítems asociados a cada uno de los sistemas.

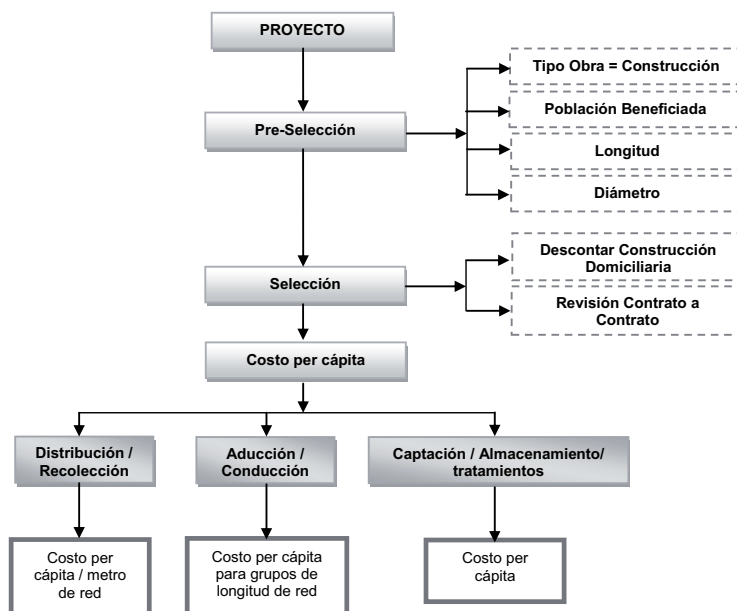
Finalmente, se tiene la variable costo total<sup>8</sup> para los proyectos que fueron seleccionados, el cual se divide entre la población beneficiada, estimando de esta forma el costo per cápita de aquellos proyectos de inversión relacionados con construcción, a nivel de componente tanto para el servicio de acueducto como de alcantarillado.

Teniendo en cuenta las características de los componentes de distribución y recolección, se consideró pertinente emplear el indicador “costo per cápita por metro de red”. Así mismo, para los componentes aducción y conducción se realizaron estimaciones de costo per cápita por rango de longitud de la red.

El Gráfico 18 presenta un resumen de los pasos seguidos para la estimación del costo per cápita de proyectos relacionados con construcción a nivel componente para los servicios de acueducto y alcantarillado.

<sup>8</sup> El costo total, hace referencia a los costos totales de obra y suministro asociados al proyecto antes de ser afectados por AUI. Dado que la base de datos cuenta con información de costos de proyectos ejecutados en diferentes años, se trabajó a precios corrientes de noviembre de 2008, indexando con el Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV), base año 1990, publicado por el DANE.

**Gráfico 18. Pasos para la Estimación del Costo Per Cápita de Proyectos Relacionados con Construcción y Ampliación a Nivel Componente para los Servicios de Acueducto y Alcantarillado**



### 5.3. Resultados

Una vez realizada la depuración de la base de datos, de manera que se lograra obtener la mejor calidad de datos posible, se contó con el siguiente universo de datos:

**Tabla 6. Base de Datos Utilizada Para la Estimación de Costos Per Cápita**

COMPONENTE	ANDINA	AMAZONAS	CARIBE	ORINOQUÍA	PACÍFICA	TOTAL
Aducción	2	3	4	0	0	9
Captación	7	5	5	1	12	30
Conducción	5	12	8	0	14	39
Almacenamiento	5	14	7	1	15	42
Distribución	55	13	5	0	13	86
Tratamiento AC	9	8	6	1	12	36
Recolección	30	9	16	1	12	68
Tratamiento AI	6	4	2	1	2	15
TOTAL	119	68	53	5	80	325

A partir de dicha base de datos, se calculó el costo per cápita tanto para el servicio de acueducto como para el servicio de alcantari-

llado. Para cada uno de ellos, se desagregó el costo per cápita a nivel componente.

### 5.3.1. Costo Per Cápita a Nivel Componente para el Servicio de Acueducto

#### 5.3.1.1. Captación

En la siguiente tabla, se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para los costos per cápita estimados en cada uno de los proyectos del componente de captación.

**Tabla 7. Estadísticos Captación**

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	31.863
Error típico	9.359
Mínimo	1.328
Máximo	243.463
Cuenta	30,00
Nivel de confianza (95,0%)	19.142

Con base en lo anterior, se podría establecer que el costo per cápita para captaciones se encuentra en un rango entre \$12.721 y \$51.006 con un nivel de confianza del 95%.

Dado el grado de dispersión de los datos, se buscó establecer si, clasificando los proyectos por tipo de captación (superficial o subterránea), era posible contar con un dato cuya desviación fuese inferior. En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 8. Estadísticos Captación Superficial y Subterránea**

ESTADÍSTICO	SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEA
Media	17.988	87.366
Error típico	4.512	37.357
Mínimo	1.328	11.273
Máximo	79.313	243.463
Cuenta	24,00	6,00
Nivel de confianza (95,0%)	9.335	96.030

Es así como se podría establecer que el costo per cápita para captaciones superficiales se encuentra en un rango entre \$27.232 y \$8.653 con nivel de confianza del 95%; por su parte, para captaciones subterráneas no sería posible establecer un rango de confianza, probablemente por el pequeño número de datos analizados y la gran dispersión de los mismos.

Por lo anterior, se recomienda como referencia el rango de confianza obtenido a partir de la Tabla 7.

#### 5.3.1.2. Aducción

En la siguiente tabla se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para los costos per cápita estimados en cada uno de los proyectos del componente de aducción.

**Tabla 9. Estadísticos Aducción**

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	26.108
Error típico	12.250
Mínimo	805
Máximo	115.193
Cuenta	9,00
Nivel de confianza (95,0%)	28.250

Teniendo en cuenta las características del componente de aducción, así como el grado de dispersión de los datos, a partir de la longi-

tud total de la red se establecieron tres grupos de análisis. En la Tabla 10 se presentan las estadísticas descriptivas resultantes.

**Tabla 10. Estadísticos Aducción por Grupos de Longitud de la Red.**

ESTADÍSTICO	GRUPO A*	GRUPO B**	GRUPO C***
Media	20.159	41.993	14.177
Error típico	10.853	36.602	9.231
Mínimo	805	4.672	4.946
Máximo	51.258	115.193	23.409
Cuenta	4	3	2
Nivel de confianza (95,0%)	34.540	157.487	117.297

\* Aducciones con longitud menores a 450 m;

\*\* Aducciones con longitud entre 451 y 1600 m;

\*\*\* Aducciones con longitudes entre 1601 y 13000 m.

Con base en los resultados obtenidos, se evidencia que dado el reducido número de proyectos en aducción, con los cuales se contaba con información, no es posible establecer un costo per cápita estadísticamente confiable.

### 5.3.1.3. Tratamiento Ac

En la siguiente tabla se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para los costos per cápita estimados en cada uno de los proyectos del componente de tratamiento de agua potable:

**Tabla 11. Estadísticos Tratamiento AC**

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	53.910
Error típico	8.800
Mínimo	423
Máximo	176.308
Cuenta	36,00
Nivel de confianza (95,0%)	17.866

Con base en lo anterior, se podría establecer que el costo per cápita para tratamiento en sistemas de acueducto se encuentra en un rango entre \$36.043 y \$71.776 con un nivel de confianza del 95%.

Dado el grado de dispersión de los datos, se buscó establecer si, clasificando los pro-

yectos por tipo de tratamiento (completo, desarenador o desinfección y filtrado), era posible contar con un dato cuya desviación fuese inferior.

En la Tabla 12 se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 12. Estadísticos Tipo Tratamiento Ac.**

ESTADÍSTICO	COMPLETO	DESARENADOR	DESINFECCIÓN Y FILTRADO
Media	60.685	2.088	71.451
Error típico	12.041	695	15.763
Mínimo	2.838	423	11.020
Máximo	169.517	4.947	176.308
Cuenta	20,0	6,00	10,00
Nivel de confianza (95,0%)	25.203	1.787	35.659

De acuerdo con los resultados obtenidos, se podría establecer que el costo per cápita para tratamientos completos se encuentra en un rango entre \$35.481 y \$85.889 con un nivel de confianza del 95%; por su parte, para desarenadores el rango estaría entre \$301 y \$3.876 con un nivel de confianza del 95%; y para desinfección y filtrado, con el mismo nivel de confianza, el rango sería \$35.792 y \$107.111.

Si bien, el rango obtenido con los datos consolidados (sin clasificar por tipo de trata-

miento) es de menor amplitud, para el presente estudio se recomiendan los rangos de confianza obtenidos por tipo de tratamiento, toda vez que la infraestructura asociada a cada uno de los tipos presenta diferencias significativas.

#### 5.3.1.4. Almacenamiento

En la siguiente tabla, se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para los costos per cápita estimados en cada uno de los proyectos del componente de almacenamiento:

**Tabla 13. Estadísticos Almacenamiento**

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	20.449
Error típico	7.766
Mínimo	39
Máximo	234.195
Cuenta	42,00
Nivel de confianza (95,0%)	15.685



Con base en lo anterior, se podría establecer que el costo per cápita para el componente de almacenamiento se encuentra en un rango entre \$4.764 y \$36.134, con un nivel de confianza del 95%.

Al igual que en los demás componentes analizados, se encontró que los datos objeto

de estudio presentan gran dispersión, razón por la cual se realizó el mismo ejercicio dividiendo los datos por tipo de almacenamiento (tanque elevado o semienterrado). Los estadísticos obtenidos se presentan en la Tabla 14.

**Tabla 14. Estadísticos Tipo Almacenamiento**

ESTADÍSTICO	ELEVADO	SEMIENTERRADO
Media	27.500	10.765
Error típico	17.780	4.957
Mínimo	417	140
Máximo	234.195	98.121
Cuenta	13,00	20,00
Nivel de confianza (95,0%)	38.740	10.375

De acuerdo con los resultados obtenidos, se podría establecer que el costo per cápita para almacenamiento, mediante tanques semienterrados, se encuentra en un rango entre \$389 y \$21.140, con un nivel de confianza del 95%; por su parte, para almacenamiento con tanques elevados no fue posible establecer un rango estadísticamente confiable.

En consecuencia, se recomienda como referencia el rango de confianza obtenido a partir de la Tabla 13.

#### 5.3.1.5. Conducción

En la siguiente tabla se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para los costos per cápita estimados en cada uno de los proyectos asociados al componente de conducción:

**Tabla 15. Estadísticos Conducción**

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	11.462
Error típico	3.789
Mínimo	425
Máximo	110.713
Cuenta	39,00
Nivel de confianza (95,0%)	7.671

Con base en lo anterior, se podría establecer que el costo per cápita para conducciones

se encuentra en un rango entre \$3.790 y \$19.134 con un nivel de confianza del 95%.

Teniendo en cuenta las características del componente de conducción, así como el grado de dispersión de los datos, a partir de la información obtenida sobre longitud total de

las conducciones, se establecieron tres grupos de análisis. En la Tabla 16 se presentan las estadísticas descriptivas resultantes.

**Tabla 16. Estadísticos Conducción por Grupos de Longitud de la Red.**

ESTADÍSTICO	GRUPO A*	GRUPO B**	GRUPO C***
Media	3.498	10.922	6.407
Error típico	1.083	4.822	1.688
Mínimo	425	725	694
Máximo	14.400	43.092	15.031
Cuenta	18,00	10,00	8,00
Nivel de confianza (95,0%)	2.287	10.909	3.992

\*Conducciones con longitud menores a 2000 m;

\*\* Conducciones con longitudes entre 2001 y 5000 m;

\*\*\*Conducciones con longitud entre 5001 y 38000 m.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se podría establecer que el costo per cápita para conducciones cuya longitud sea menor a 2.000 metros se encuentra en un rango entre \$1.211 y \$5.785, con un nivel de confianza del 95%; por su parte, para conducciones con longitudes entre 2.001 y 5.000 metros el rango estaría entre \$12 y \$21.832 con un nivel de confianza del 95%; y conducciones con longitudes entre 5.001 y 38.000 metros, con el mismo nivel de confianza, el rango sería \$2.414 y \$10.399.

En consecuencia, dado que a partir de la segregación por longitud de red no es posible identificar alguna tendencia, se recomienda como referencia el rango de confianza obtenido a partir de la Tabla 15.

#### 5.3.1.6. Distribución

En la siguiente tabla se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para los costos per cápita y costo per cápita por metro de red, estimados en cada uno de los proyectos del componente de distribución.

**Tabla 17. Estadísticos Distribución**

ESTADÍSTICO	COSTO PER CÁPITA	COSTO PER CÁPITA/METRO
Media	138.597	150
Error típico	20.098	21
Mínimo	1.033	0,77
Máximo	1.494.445	945
Cuenta	86,00	86,00
Nivel de confianza (95,0%)	39.960	42

Con base en lo anterior, se podría establecer que el costo per cápita para distribu-

ción se encuentra en un rango entre \$98.636 y \$178.557 con un nivel de confianza del

95%. Por su parte, el costo per cápita por metro de red, con el mismo nivel de confianza, estaría entre \$107 y \$192 por persona beneficiada.

En consecuencia, dadas las características del componente de distribución se recomienda emplear como referencia el rango obtenido

a partir del indicador de costos per cápita por metro de red construido.

### 5.3.1.7. Resumen

En la Tabla 18, se presentan los resultados de costo per cápita obtenidos por componente, indicando el rango recomendado, así como el promedio de los datos analizados.

**Tabla 18. Costo Per Cápita de Construcción para el Servicio de Acueducto (Pesos Noviembre 2008)**

COMPONENTE	PROMEDIO	RANGO	
		LÍMITE INFER.	LÍMITE SUPER.
Captación (\$/Persona)	31.863	12.721	51.006
Aducción (\$/Persona)	26.108	-	-
Tratamiento AC – Completo (\$/Persona)	60.685	35.481	85.889
Tratamiento AC – Desarenador (\$/Persona)	2.088	301	3.876
Tratamiento AC – Desinfección y filtrado (\$/Persona)	71.451	35.792	107.111
Almacenamiento (\$/Persona)	20.449	4.764	36.134
Conducción (\$/Persona)	11.462	3.790	19.134
Distribución (\$/Persona-metro)	150	107	192

### 5.3.2. Costo Per Cápita a Nivel Componente para el Servicio de Alcantarillado

#### 5.3.2.1. Recolección

En la siguiente tabla se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para

los costos per cápita y costo per cápita por metro de red, estimados en cada uno de los proyectos del componente de recolección.

**Tabla 19. Estadísticos Recolección**

ESTADÍSTICO	COSTO PER CÁPITA	COSTO PER CÁPITA/METRO
Media	214.478	230
Error típico	29.478	37
Mínimo	1.806	3
Máximo	1.072.971	1.168
Cuenta	68,00	68,00
Nivel de confianza (95,0%)	58.838	75

Con base en lo anterior, se podría establecer que el costo per cápita para recolección se encuentra en un rango entre

\$155.639 y \$273.316, con un nivel de confianza del 95%. Por su parte, el costo per cápita por metro de red, con el mismo nivel

de confianza, estaría entre \$154 y \$305 por persona beneficiada.

En consecuencia, dadas las características del componente de recolección se recomienda emplear como referencia el rango obtenido para costos per cápita por metro de red construido.

### 5.3.2.2. Tratamiento Al

En la siguiente tabla se presentan las estadísticas descriptivas obtenidas para los costos per cápita, estimados en cada uno de los proyectos del componente de tratamiento de alcantarillado.

**Tabla 20. Estadísticos Tratamiento Al**

ESTADÍSTICO	VALOR
Media	34.567
Error típico	9.174
Mínimo	253
Máximo	105.054
Cuenta	15,00
Nivel de confianza (95,0%)	19.676

Con base en lo anterior, se podría establecer que el costo per cápita para tratamiento en sistemas de alcantarillado se encuentra en un rango entre \$14.891 y \$54.243, con un nivel de confianza del 95%.

Dado el grado de dispersión de los datos, se buscó establecer si, clasificando los proyectos por tipo de tratamiento (en el origen o secundario), era posible contar con un dato cuya desviación fuese inferior. En la Tabla 21 se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 21. Estadísticos Tipo Tratamiento Al.**

ESTADÍSTICO	EN ORIGEN	SECUNDARIO
Media	7.086	38.470
Error típico	2.359	11.463
Mínimo	553	253
Máximo	11.594	101.128
Cuenta	4,00	9,00
Nivel de confianza (95,0%)	7.508	26.436

De acuerdo con los resultados obtenidos, se podría establecer que el costo per cápita para tratamientos secundarios se encuentra en un rango entre \$12.034 y \$64.906, con un nivel de confianza del 95%; por su parte, para tratamientos en el origen no fue posible estimar un rango estadísticamente confiable.

En consecuencia, para el presente estudio se recomienda emplear como rango de referencia para tratamientos de aguas residuales, de tipo secundario, el señalado en la Tabla 21, mientras que para el caso de tratamientos en origen, se recomienda únicamente tener como referencia un valor máximo de \$14.594 por persona.

### 5.3.2.3. Resumen

En la Tabla 22, se presentan los resultados de costo per cápita obtenidos por componente, indicando el rango asumido así como el promedio de los datos analizados.

**Tabla 22. Costo Per Cápita de Construcción para el Servicio de Alcantarillado (pesos noviembre 2008)**

COMPONENTE	PROMEDIO	RANGO	
		LÍMITE INFER.	LÍMITE SUPER.
Recolección (\$/Persona-metro)	230	154	305
Tratamiento AL (Secundario) (\$/Persona)	38.470	12.034	64.906
Tratamiento AL (En origen) (\$/Persona)	-	-	14.594

## 6. CONCLUSIONES

A partir de la información consolidada en el “*Estudio de Estructuración y Análisis de Información de Inversiones de los Prestadores de Acueducto y Alcantarillado*”, desarrollado por la Comisión durante los años 2008 y 2009; y después de un proceso de depuración de la base de datos, fue posible contar con una base de datos con información de 325 proyectos de inversión en construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado, para los componentes de captación, aducción, conducción, almacenamiento, tratamiento acueducto, distribución, recolección y tratamiento alcantarillado, cubriendo a su vez las diferentes regiones geográficas del país.

Esta base de datos se constituye en el primer antecedente de análisis de un volumen significativo de datos de proyectos en ampliación de infraestructura para el sector de acueducto y alcantarillado, a partir de proyectos reales ejecutados en su totalidad en el país.

A partir del costo total del proyecto y la población beneficiada de diseño del mismo, fue posible establecer el costo per cápita asociado. Se realizaron los estadísticos descriptivos en cada componente, buscando identificar

costos per cápita por tipo de tecnología utilizada, para el caso de tratamientos y almacenamiento, y por longitud de redes del proyecto, para los demás componentes.

Si bien el CONPES SOCIAL No. 112 de 2008 establece la recomendación de “Determinar durante el primer semestre de 2008, con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, un estudio para determinar los costos per cápita de ampliación de coberturas a nivel nacional para acueducto y alcantarillado, para las áreas urbanas y rurales”, la base de datos obtenida presenta altos niveles de dispersión en la información que no permiten establecer resultados definitivos, estadísticamente confiables, respecto del costo per cápita para la ampliación de cobertura en los sistemas de acueducto y alcantarillado.

Con el presente trabajo se estimaron rangos de confianza, por componente, para establecer un costo per cápita en cada caso; lo anterior, teniendo en cuenta que en todos los casos la dispersión de los datos no permite definir un valor único de referencia, que pueda emplearse en la proyección de inversiones en el sector.

Ahora bien, en relación con el indicador de costos per cápita, existen críticas sobre su alcance real por, entre otras, las siguientes razones:

- Ignora las desigualdades existentes entre las diferentes poblaciones. Así, al dividir el total de una cifra entre su número de habitantes, lo que hace es atribuir el mismo nivel de dicha variable a todos, ignorando las diferencias o restricciones entre los habitantes.
- No contabiliza externalidades. Cuando los recursos se destinan específicamente a uno o más individuos, esta destinación posiblemente causa efectos sobre otros individuos, los cuales pueden no ser capturados por los índices per cápita.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial, 2004. Colombia: Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura. Balanceando las necesidades sociales y productivas de infraestructura. Informes de Base, Sector Agua.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2008 - 2009. Estudio de Estructuración y Análisis de Información de Inversiones de los Prestadores de Acueducto y Alcantarillado. Bogotá, Colombia.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2007a. Consultoría para determinar el impacto del marco regulatorio en su conjunto, teniendo en cuenta la sostenibilidad, viabilidad y dinámica de los sectores de acueducto, alcantarillado y aseo, en los términos del inciso 2° del artículo 13 del Decreto 2696 de 2004. Bogotá, Colombia.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2007b. Impactos Regulatorios en los Sectores de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Revista Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, N° 12. Bogotá, Colombia.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2007c. Consumo Básico o de Subsistencia en el Servicio de Acueducto y Alcantarillado. Bogotá, Colombia.
- Cuervo, L. M. et ál., 1993. Economía de los servicios públicos: una visión alternativa. Centro de Investigación y Educación Popular (CINEP). Bogotá, 1998. Página 238. Departamento Nacional de Estadística. Censo de Población 1993, CRA.
- Departamento Nacional de Planeación, 2007. Planes Departamentales de Agua y Saneamiento para el Manejo Empresarial de Los Servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Documento CONPES No. 3463.
- Departamento Nacional de Planeación, 2008. Distribución del Sistema General de Participaciones. Ajuste a la distribución de los doce doceavas de la vigencia 2007 (Salud, Propósito, General y Asignación Especial para Alimentación Escolar). Ajuste a la Distribución de los Recursos del Crecimiento de la Economía Distribuidos en la Vigencia 2007 (Salud, Propósito General y Asignación Especial para Alimentación Escolar). Once Doceavas de la Vigencia 2008. Documento CONPES SOCIAL No. 112.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), 2007. Control de Pérdidas en la EAAB. Foro Presentación y Análisis del Estudio de Reducción de Pérdidas de Agua (IANC) y Reformas al Marco Regulatorio. Diciembre 11 de 2007.
- Ministerio de Desarrollo Económico, 2000. Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005. Lineamientos de Política

de Agua Potable y Saneamiento Básico para la Zona Rural de Colombia. Dirección de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2007. Coberturas Generales de Acueducto y Alcantarillado y Coberturas

Mínimas de Agua Potable y Alcantarillado. Bogotá, Colombia.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2007b. Informe Anual de los Servicios Públicos en Colombia 2006. Bogotá, Colombia.

## ANEXO A

Tabla A1. Muestra de Prestadores Grandes

	PRESTADOR	DEPARTAMEN- TO	MCPIO ATENDIDOS	SUSCRIP- TORES*
1	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP - EAAB	Cundinamarca	Bogotá	77.3477
			Gachancipá	964
			Soacha	76.000
2	Empresas Públicas de Medellín ESP – EEPPM	Antioquia	Barbosa	5.310
			Bello	90.683
			Caldas	12.648
			Copacabana	15.325
			Envigado	54.708
			Girardota	7.000
			Itaguí	69.406
			La Estrella	8.484
			Medellín	622.130
			Sabaneta	13.705
			3	Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Valle del Cauca SA ESP - ACUAVALLE
Andalucía	4.359			
Ansermanuevo	2.694			
Argelia	681			
Bolívar	1.472			
Bugalagrande	3.650			
Caicedonia	6.205			
Candelaria	4.031			
Dagua	2.959			
El Águila	711			
El Cairo	790			
El Cerrito	8.871			
El Dovio	1.671			
Florida	11.070			
Ginebra	2.765			
Guacarí	6.487			
Jamundí	18.660			
La Cumbre	1.349			
La Unión	6.655			
La Victoria	3.380			
Obando	2.258			
Pradera	9.203			
Restrepo	2.540			
Riofrío	1.574			
Roldanillo	6.802			



	PRESTADOR	DEPARTAMENTO	MCPIO ATENDIDOS	SUSCRIPTORES*
3	Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Valle del Cauca SA ESP - ACUAVALLE	Valle del Cauca	San Pedro	2.703
			Sevilla	8.241
			Toro	2.713
			Trujillo	1.979
			Ulloa	617
			Vijes	1.777
			Yotoco	2.188
4	Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, Triple A ESP	Atlántico	Zarzal	7.275
			Baranoa	8.128
			Polonuevo	1.858
			Sabanagrande	4.496
			Sabanalarga	9.965
5	Aguas de Cartagena SA ESP – ACUACAR	Bolívar	Cartagena	170.554
6	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira SA ESP	Risaralda	Santo Tomás	3.852
			Dosquebradas	1.222
7	Empresas Municipales de Cali EICE ESP – EMCALI	Valle del Cauca	Pereira	112.040
			Cali	502.747
			Candelaria	226
			Palmira	263
8	Aguas de Manizales S. A.	Caldas	Yumbo	14.690
9	Empresas Públicas de Neiva ESP	Huila	Manizales	89.127
10	Compañía de Acueducto y Alcantarillado Metropolitano de Santa Marta	Magdalena	Neiva	78.942
11	Empresa de Obras Sanitarias de Pasto – EMPO-PASTO	Nariño	Santa Marta	71084
12	ACUAVIVA S. A. ESP	Valle del Cauca	Pasto	63.456
13	Acueducto y Alcantarillado de Popayán S. A. ESP.	Cauca	Palmira	61.343
14	Hydros Chía	Cundinamarca	Popayán	59.242
15	Sera.QA. Tunja ESP AS	Boyacá	Chía	24.469
17	Ingeniería Total Servicios Públicos S. A ESP	Antioquia	Tunja	32.319
			Buga	27.958
			Andes	5.095
			Bolívar	4.312
			Jardín	2.585
16	Aguas de Buga SA ESP	Valle del Cauca	Salgar	1.810
			Segovia	4.432

	PRESTADOR	DEPARTAMEN- TO	MCPPIO ATENDIDOS	SUSCRIP- TORES*
18	Conhydra S. A. ESP	Antioquia	Antioquia	5.587
			Chigorodo	8
			Marinilla	3
			Mutató	1
			Puerto Berrío	3
			Rionegro	4
			Sonsón	1
			Turbo	6
19	Proactiva Aguas de Montería S. A. ESP	Córdoba	Montería	26.892
20	Aguas de la Sabana S. A. ESP	Sucre	Corozal	8.515
			Sincelejo	40.157

\* Datos reportado por el SUI, Noviembre 2008.

Fuente: Sistema de Información Único de la Superintendencia de Servicios Públicos (SUI).

Tabla B2. Muestra de Prestadores Menores

	Prestador	Departamento	Municipio	SUSCRIP-TORES*
1	Empresa de Obras Sanitarias de Leticia ESP	Amazonas	Leticia	4.340
2	Municipio de Puerto Nariño	Amazonas	Puerto Nariño	ND
3	Acueducto El Erizo	Antioquia	Abejorral	2.598
4	Oficina de Servicios Públicos Municipio de Anza	Antioquia	Anza	512
5	Acueductos y Alcantarillados Sostenibles	Antioquia	Arboletes	2.395
6	Empresas Públicas de Belmira ESP	Antioquia	Belmira	552
7	Aguas del Abibe ESP	Antioquia	Carepa	6.511
8	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios del Municipio De Cisneros S.A. ESP	Antioquia	Cisneros	2.856
9	Asociación de Usuarios Acueducto Masaguay	Antioquia	La Pintada	2.794
10	Aguas de San Jerónimo ESP	Antioquia	San Jerónimo	1.891
11	Secretaría de Servicios Públicos Domiciliarios del Municipio de San Vicente	Antioquia	San Vicente	1.628
12	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yondó ESP	Antioquia	Yondó	3.018
13	Acueducto de Providencia Isla	Arch. San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Providencia	ND
14	Aquaservicios S.A. ESP	Atlántico	Candelaria	5.313
15	Alcaldía Municipal de Luruaco	Atlántico	Luruaco	
16	Operadores de Servicios del Norte S.A. ESP	Atlántico	Malambo	16.665
17	Emprasan	Atlántico	Manatí	ND
18	Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Palmar de Varela ESP	Atlántico	Palmar de Varela	ND
19	Instituto de Servicios Básicos Puerto Colombia	Atlántico	Puerto Colombia	ND
20	Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Repelón	Atlántico	Repelón	2.439
21	Empresa Industrial y Comercial de Servicios Públicos de Santa Lucía ESP	Atlántico	Santa Lucía	ND
22	Empresa de Acueducto Municipal de Suán ESP	Atlántico	Suán	ND
23	Acueductos y Alcantarillados de Colombia S.A. ESP	Bolívar	Cartagena	ND
24	Empresa de Servicios Públicos de Magangué	Bolívar	Magangué	16.217
25	Asoaguas	Bolívar	San Cristóbal	1.234
26	Junta de Acción Comunal Vereda La Chorrera	Boyacá	Floresta	31.912
27	Municipio de Belén de Los Andaquíes	Caquetá	Belén de los Andaquíes	ND
28	Empresa de Servicios Públicos de El Doncello - Caquetá	Caquetá	El Doncello	ND
29	Servimotañita S.A. ESP	Caquetá	La Montañita	733
30	Corregimiento de La Aguililla Caquetá	Caquetá	Puerto Rico	

	Prestador	Departamento	Municipio	SUSCRIP-TORES*
31	Empresa Municipal de Servicios Públicos de Cartagena del Chairá	Caquetá	Cartagena del Chairá	1.794
32	Municipio de Almaguer	Cauca	Almaguer	547
33	Acueducto Comunal La Independencia	Cauca	Argelia	448
34	Asociación de Usuarios de Acueducto y Alcantarillado de Buenos Aires	Cauca	Buenos Aires	ND
35	Oficina de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Municipio de Cajibío (Cauca)	Cauca	Cajibío	ND
36	Acueducto Corregimiento de Plan de Zúñiga	Cauca	Caldono	343
37	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Corinto (Cauca) ESP	Cauca	Corinto	3.116
38	Comité Interveredal Proacueducto de los Anayes Segun-gue	Cauca	El Tambo	ND
39	Administración Pública Cooperativa de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Florencia (Cauca)	Cauca	Florencia	ND
40	Junta de Acción Comunal La Milagrosa - Inza	Cauca	Inza	ND
41	Unidad de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Jambaló (Cauca)	Cauca	Jambaló	211
42	Administración Pública Cooperativa Acusierra	Cauca	La Sierra	500
43	Asociación de Usuarios Acueducto Rural la Vega	Cauca	La Vega	ND
44	Empresa Oficial de Servicios Público Domiciliarios	Cauca	Mercaderes	ND
45	Empresa Municipal de Servicios Públicos Domiciliarios Industrial y Comercial del Estado de Miranda (Cauca)	Cauca	Miranda	4.729
46	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Padilla (Cauca) ESP	Cauca	Padilla	2.241
47	Unidad Municipal de Servicios Públicos de Paez	Cauca	Páez	ND
48	Alcaldía Municipal de Piamonte (Cauca)	Cauca	Piamonte	ND
49	Junta de Acción Comunal el Depósito	Cauca	Puracé	ND
50	Junta de Servicios Públicos del Municipio de Rosas	Cauca	Rosas	ND
51	Administración Pública Cooperativa Empresa Solidaria de Servicios Públicos de San Sebastián Aguas de San Sebastián ESP	Cauca	San Sebastián	ND
52	Alcaldía Municipal Santa Rosa (Cauca)	Cauca	Santa Rosa	308
53	Bio-Ciudad ESP S. A. Empresa de Servicio Público Domiciliario	Cauca	Santander de Quilichao	11.267
54	Municipio de Sotará	Cauca	Sotará	ND
55	Oficina de Servicios Públicos Domiciliarios del Municipio de Suarez	Cauca	Suárez	ND
56	Municipio de Sucre	Cauca	Sucre	ND
57	Asociación de Usuarios del Acueducto Rural El Saladito de Timbío (Cauca)	Cauca	Timbío	ND
58	Cooperativa de Acueducto y Alcantarillado Manantial Totoreño	Cauca	Totora	ND
59	Empresa de Acueducto y Alcantarillado del Río Palo Sociedad por Acciones ESP - EARPA	Cauca	Villa Rica	469

	Prestador	Departamento	Municipio	SUSCRIP-TORES*
60	Empresa de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Aguachica ESP	Cesar	Aguachica	15.347
61	Empresa de Servicios Públicos de Bosconia ESP	Cesar	Bosconia	ND
62	Empresa de Servicios Públicos de La Paz	Cesar	La Paz	2.649
63	Empresa de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y aseo del Municipio de Pailitas ESP	Cesar	Pailitas	ND
64	Acuario	Cesar	Río de oro	ND
65	Municipio de Alto Baudó	Chocó	Alto Baudó	ND
66	Precooperativa de Trabajo Asociado y Servicios Varios de Pizarro	Chocó	Bajo Baudó	ND
67	Municipio Del Medio Baudó	Chocó	Medio Baudó	ND
68	UNIAGUAS S.A. ESP	Córdoba	Cereté	17.912
69	Alcaldía Municipal	Córdoba	Chinú	ND
70	Empresa de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de los Córdoba	Córdoba	Los Córdoba	ND
71	Corporación de Servicios Públicos de Moñitos	Córdoba	Monitos	ND
72	Administradora Pública Cooperativa de Servicios Públicos de Puerto Escondido	Córdoba	Puerto Escondido	ND
73	Junta Administradora de Servicios de Acueducto y Alcantarillado (Acualsan)	Córdoba	San Bernardo del Viento	ND
74	Alcaldía Municipal	Córdoba	Puerto Libertador	ND
75	Unidad Prestadora de Servicios Públicos de Inírida ESP	Guainía	Inírida	1.002
76	Junta Administradora de Acueducto y Alcantarillado de Albania	Guajira	Albania	ND
77	Aguas del Sur de La Guajira S. A. ESP	Guajira	Barrancas	3.740
			Distracción	1.425
			Fonseca	4.277
			Hatonuevo	2.341
			Villanueva	4.221
78	Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Dibulla	Guajira	Dibulla	ND
79	Municipio de Maicao	Guajira	Maicao	180.17
80	Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Manaure ESP	Guajira	Manaure	ND
81	Oficina de Obras y Servicios Públicos El Molino	Guajira	Molino	1151
82	División Especial de Servicios Públicos de Riohacha	Guajira	Riohacha	18.138
83	Secretaría de Servicios Públicos Municipales San Juan del Cesar	Guajira	San José del Cesar	ND
84	Alcaldía Municipal de Calamar	Guaviare	Calamar	820
85	Junta Municipal de Los Servicios Públicos de El Retorno	Guaviare	El Retorno	ND
86	Empresa de Servicios Públicos Municipales de Miraflores (Espummi)	Guaviare	Miraflores	ND
87	Empresa de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de San José del Guaviare ESP	Guaviare	San José del Guaviare	5.226

	Prestador	Departamento	Municipio	SUSCRIP-TORES*
88	Empresa de Servicios Públicos de Hobo	Huila	Hobo	ND
89	Uae de Servicios Públicos Domiciliarios	Huila	La Argelia	ND
90	Acueducto Inspección de Guacirco	Huila	Neiva	ND
91	Amborco S. A. ESP	Huila	Palermo	3.760
92	Oficina de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Tarqui	Huila	Tarqui	1.106
93	Oficina de Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Tello (Huila)	Huila	Tello	400
94	Municipio de El Retén	Magdalena	El Reten	ND
95	Empresa de Servicios Públicos Acuafun (Fundación)	Magdalena	Fundación	8.254
96	Compañía de Acueducto y Alcantarillado Metropolitano de Santa Marta S.A. ESP	Magdalena	Santa Marta	71.084
97	Corregimiento de La Aguillilla (Caquetá)	Meta	Puerto Rico	ND
98	Empresa de Servicios Públicos de San Martín (Empusam)	Meta	San Martín	4.863
99	Administración Pública Cooperativa de Agua Potable y Saneamiento Básico para el casco urbano del Municipio de Cumbal	Nariño	Cumbal	ND
100	Comité Interveredal Proacueducto de Los Anayes Segun-gue	Nariño	El tambo	ND
101	Empresa de Obras Sanitarias de la provincia de Obando	Nariño	Ipiales	16.309
102	Empresa de Servicios Públicos de Los Andes - Sotomayor	Nariño	Los Andes	ND
103	Empresa de Servicios Públicos de Agua Potable - Alcantarillado y Aseo (Emposan)	Nariño	Samaniego	ND
104	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Tuquerres ESP	Nariño	Túquerres	3.997
105	Unidad de Servicios Públicos del Municipio de Abrego	Norte de Santander	Ábrego	ND
106	Acueducto Veredal Agualinda	Norte de Santander	Los Patios	1.402
107	Empresa de Servicios Públicos de Ocaña S.A. ESP	Norte de Santander	Ocaña	20.771
108	Empresa de Agua Potable y Saneamiento Básico del Municipio de Orito ESP	Popayán	Orito	2.865
109	Empresa de Descontaminación de Aguas Residuales de Armenia	Quindío	Armenia	78.631
110	Junta Administradora del Acueducto Vereda Muesmueran Bajo	Quindío	Córdoba	ND
111	Empresa Sanitaria del Quindío S.A ESP	Quindío	Génova	1.305
112	Esaquin S. A. ESP	Quindío	Salento	1.069
113	Empresas Publicas Municipales de La Celia	Risaralda	La Celia	793
114	Alcaldía Municipal de Charalá	Santander	Charalá	ND
115	Empresa de Servicios Públicos de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Chipatá - Dependencia Municipal	Santander	Chipatá	ND

	Prestador	Departamento	Municipio	SUSCRIP-TORES*
116	Junta Administradora del Acueducto del Común, Cantera y Palmar	Santander	Curití	ND
117	Acueducto San Benito	Santander	Enciso	ND
118	Asociación de Servicios de Acueducto y Alcantarillado de Barbosa - Guavata - Puente Nacional y Velez	Santander	Puente Nacional	ND
119	Alcaldía Municipal	Sucre	Chalán	ND
120	Empresa Municipal de Servicios Públicos de Morroa E.S.P.	Sucre	Morroa	ND
121	Asociación de Usuarios Acueducto Veredal La Unión (Bello)	Sucre	San Pedro	ND
122	Oficina de Servicios Públicos Domiciliarios de AAA	Tolima	Alvarado	673
123	Empresa Comunitaria de Acueducto Casabianca	Tolima	Casabianca	ND
124	Acueducto Vereda El Colegio	Tolima	Flandes	10.437
125	Empresa de Servicios Públicos de Acueducto Alcantarillado y Aseo del Líbano E.S.P.	Tolima	Líbano	6.871
126	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Rovira E.S.P.	Tolima	Rovira	2.438
127	Asociación de Usuarios Acueducto Neme - Valle de San Juan	Tolima	Valle de san Juan	ND
128	Acueducto de La Junta de Acción Comunal de El Carmen	Valle del Cauca	Dagua	2.956
129	Proactiva de Servicios S.A.	Valle del Cauca	Guacarí	6.432
130	Empresa de Servicios Públicos de Restrepo Aguaviva S.A. E.S.P.	Valle del Cauca	Restrepo	2.523
131	Acusalud Morelia	Valle del Cauca	Roldanillo	6.756
132	Alcaldía Municipal	Vaupés	Mitas	ND
133	Municipio de Taraira	Vaupés	Tarira	ND
134	Oficina Administradora del Servicio Público de Acueducto y Aseo En El Municipio La Primavera	Vichada	La Primavera	290
135	Gobernación del Vichada	Vichada	Puerto Carreño	ND
136	Municipio de Santa Rosalía (Vichada)	Vichada	Santa Rosalía	ND

ND = Dato no disponible.

\* Dato reportado por el SUI 2008 y en las fichas de evaluación de proyectos del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Fuente: Sistema de Información Único de la Superintendencia de Servicios Públicos – SU, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT.

# ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE MERCADO Y DISTANCIA ÓPTIMA A UN RELLENO SANITARIO, A PARTIR DEL CUAL ES VIABLE CONTAR CON ESTACIONES DE TRANSFERENCIA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA

Jorge Andrés Perdomo Calvo,<sup>†</sup>  
jor-perd@uniandes.edu.co

Juan Andrés Ramírez,<sup>\*\*</sup>  
aramirez@cra.gov.co

Resumen: el artículo 1° del Decreto 1713 de 2002 definió como uno de los componentes y actividades del servicio público domiciliario de aseo, la transferencia de residuos sólidos previo a su disposición final. Entre tanto, a partir de septiembre de 2005 y abril de 2009 comienzan a operar las estaciones de transferencia del Valle de Aburrá y Palmaseca, respectivamente; convirtiéndose en las dos únicas alternativas del país para realizar este tipo de práctica. Adicionalmente, en Bogotá fue clausurada una de ellas y actualmente se debate la viabilidad de este proyecto en diferentes zonas del país.

Por consiguiente, teniendo en cuenta la utilidad de este tipo de infraestructura, necesarias para el aprovechamiento de economías de escala asociadas a la prestación del servicio público de aseo, el presente trabajo busca estimar el tamaño de mercado y distancia óptima al relleno sanitario, a partir de las cuales es viable contar con estaciones de transferen-

cia (ET) para el manejo de residuos sólidos en Colombia. Estas estimaciones se realizaron mediante la metodología de diferencias en diferencias, a través de un modelo de datos panel con efectos aleatorios y análisis-estático comparativo de optimización matemática. Esta técnica permitió comparar el comportamiento de los costos totales de producción durante 2006 a 2008 entre firmas recolectoras de residuos sólidos que cuentan o no con ET.

<sup>†</sup> Facultad de Economía Universidad de los Andes, Colombia, e-mail: jor-perd@uniandes.edu.co

<sup>†</sup> Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), Colombia, e-mail: aramirez@gov.co

<sup>\*</sup> Corresponde a los autores: la opinión y resultados de los autores no compromete el pensamiento y estudios técnicos realizados en el tema por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y todo lo plasmado en el presente documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no de la CRA.



Entre los principales resultados, se destaca que un mercado capaz de generar un monto mayor o igual a 162 toneladas de residuos sólidos día, debe contar con una o más ET para minimizar los costos variables unitarios de la firmas. Igualmente, las empresas que implementan estaciones de transferencia tienen un incremento representativo en sus costos fijos unitarios anuales: 149.970 pesos (412 pesos día) en comparación con firmas que no llevan a cabo este tipo de proyectos.

Finalmente, en Colombia la distancia óptima donde debe ubicarse la estación de transferencia es 34,51 km a partir del centroide del área de prestación de servicio; dado que en este punto cruzan los costos unitarios anuales de producción para las firmas con y sin ET. Adicionalmente, si el sitio de disposición final para residuos sólidos se encuentra a una distancia mayor de 34,51 km, es indispensable que las compañías prestadoras del servicio construyan ET para que puedan ser costos eficientes, disminuyendo sus gastos unitarios variables, mediante el uso de transporte a granel en lugar de camiones recolectores para trasladar directamente los residuos sólidos al relleno sanitario.

Palabras claves: manejo de residuos sólidos, estaciones de transferencia, tamaño óptimo de mercado, distancia óptima del relleno sanitario, datos panel, efectos aleatorios, diferencias en diferencias, análisis estático-comparativo de optimización matemática.

Clasificación JEL: Q53, R42, R48, R53, C01, C02.

## 1. Introducción

Actualmente, la Resolución 351 de 2005, expedida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), “establece los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la

metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones”. Esta resolución contiene señales que promueven la regionalización e incentivos para la implementación de soluciones que utilicen como tecnología de referencia para el transporte excedente la transferencia y transporte a granel de residuos sólidos. Lo anterior, teniendo en cuenta que el artículo 1° del Decreto 1713 de 2002 definió como uno de los componentes y actividades del servicio público domiciliario de aseo, la transferencia de residuos sólidos previa a su disposición final.

Entre tanto, a partir de septiembre de 2005 y abril de 2009 comienzan a operar las estaciones de transferencia<sup>1</sup> del Valle de Aburrá y Palmaseca, respectivamente; convirtiéndose en las dos únicas alternativas del país para realizar este tipo de práctica. Adicionalmente, en Bogotá fue clausurada una de ellas y actualmente se debate la viabilidad de este proyecto en diferentes zonas del país.

Ante esto, y con el fin de evaluar las actividades de transferencia para residuos sólidos en Colombia, mediante la construcción y operación de estaciones de transferencia, el presente estudio tiene como objetivo principal estimar el tamaño de mercado y distancia óptima al relleno sanitario, a partir del cual es viable contar con estaciones de transferencia para el manejo de residuos sólidos en Colombia. Lo anterior, mediante la metodología diferencias en diferencias, a través de un modelo de datos panel con efectos aleatorios y análisis estático comparativo de optimización matemática.

<sup>1</sup> Se entienden como el conjunto de equipos e instalaciones donde se realiza el transbordo de residuos sólidos, desde camiones recolectores a otros con mayor capacidad de carga para llevarlos al sitio destino o relleno sanitario. Estos sitios pretenden incrementar la eficiencia en los servicios de manejo de residuos sólidos, a través de la reducción en sus tiempos de transporte (Sánchez y Estrada, 1996, 7).

Igualmente, para el desarrollo de este documento se llevó a cabo una revisión de fuentes de información y estudios nacionales e internacionales entre los que se destacan: i) guías para establecer estaciones de transferencia a nivel municipal y rural, ii) literatura evidenciando sus principales ventajas y desventajas, iii) el documento “Metodologías de costos y tarifas para el servicio público de aseo, 2005” presentado y realizado por la consultoría de la firma Econometría, iv) el análisis de información suministrada a la CRA dentro del desarrollo de actuaciones particulares, y v) la información reportada en Sistema Único de Información de la Superintendencia de Servicios Públicos (SUI).

Con el fin de cumplir el objetivo del estudio, el documento se encuentra dividido en seis secciones: la primera, presenta el aspecto introductorio. La segunda, corresponde al marco teórico y revisión de literatura. En la tercera, se presenta la metodología analítica llevada a cabo; la cuarta sección, corresponde al proceso de recolección de datos, en la quinta, se encuentra la evidencia empírica o resultados e interpretación de las estimaciones. La sección seis contiene las conclusiones y finalmente en la siete se encuentran las referencias empleadas.

## 2. Perspectiva desde la economía de transporte, estudios relacionados y estaciones de transferencia para residuos sólidos

Según la guía para establecer estaciones de transferencia de residuos sólidos municipales (Guidelines for Establishing Transfer Stations for Municipal Solid Waste, nombre en inglés), estas son concebidas como una solución costo eficiente al manejo, recolección y transporte de residuos sólidos cuando se generan grandes cantidades en áreas urbanas y el tramo para trasladarlos, entre el sitio origen y destino, es extenso. Desde una perspectiva conceptual, la

construcción de estaciones de transferencia puede justificarse en las siguientes razones:

- **Económica:** si existe una distancia relativamente amplia entre el lugar origen (sitio de recolección) y destino (rellenos sanitarios), puede ser económicamente viable construir estaciones de transferencia que permitan transbordar residuos sólidos entre vehículos de menor (recolectores) a mayor capacidad (tractomulas, trenes o barcos). De esta forma, los costos incurridos para transportarlos disminuyen por evitar que los camiones recolectores los trasladen directamente al relleno; como consecuencia del ahorro en tiempo de viaje e incremento de la vida útil de los vehículos recolectores.
- **Servicio:** específicamente este concepto va dirigido a zonas rurales donde no cuenten con servicio de recolección y transporte de residuos sólidos por limitaciones geográficas, área de difícil acceso, ausencia de vías adecuadas a estos sitios, entre otros. De esta forma, las estaciones de transferencia proveen el servicio a sus residentes rurales locales con dichas condiciones; evitando que ellos utilicen otros medios de transporte inadecuados para conducirlos al relleno o manipularlos indebidamente para su disposición final.

No obstante, la consideración económica prevalece en el momento de decidir la existencia de una o más estaciones de transferencia (ET) para una determinada zona o municipio. Asimismo, lo ideal es ubicar este tipo de proyectos relativamente cerca al centroide<sup>2</sup> de la población servida o sobre la ruta que conduce al relleno sanitario, para minimizar costos de recolección y transporte; asumiendo que es

<sup>2</sup> Se entiende como el punto de partida donde el vehículo recolector, totalmente cargado de residuos sólidos, emprende su viaje hacia su destino final (relleno sanitario o estación de transferencia).

situado en un lugar con las condiciones ambientales requeridas, evitando riesgos sobre la salud humana e incomodidades a la sociedad. A continuación se esquematiza el comportamiento de los costos bajo un escenario sin y con ET.

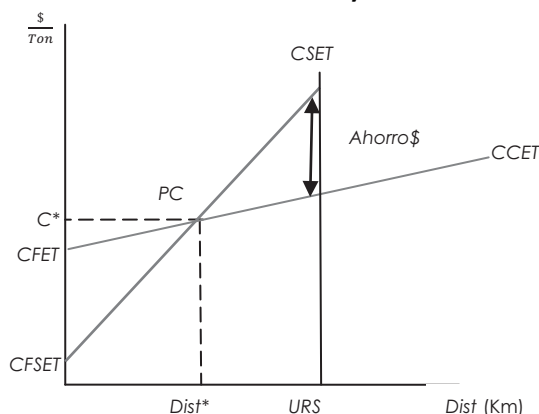
**A. Evolución de los costos de transporte de residuos sólidos al relleno sanitario con y sin estaciones de transferencia (ET)<sup>3</sup>**

La razón económica es la principal causa para que existan estaciones de transferencia (ET), especialmente por la propensión hacia las economías crecientes de escala (menores costos de transporte desde el origen hasta el destino) que ellas generan en la prestación del servicio. Por consiguiente, el análisis de costos unitarios para el transporte de residuos sólidos ayuda a determinar cuál es la distancia óptima donde debe ubicarse una ET, dado el trayecto a recorrer entre el centroide de origen (en la cabecera municipal) y el relleno sanitario, de manera que las compañías prestadoras del servicio incurran en menores costos de producción, logren mayor eficiencia económica y obtengan un nivel más alto en sus ganancias. De esta manera, se aprecian

las economías crecientes a escala que generan las ET por: i) disminuir el tiempo de viaje (incluido el improductivo), ii) menores costos de operación y mantenimiento para los vehículos recolectores, iii) aumento en la vida útil de ellos y iv) requerir menos mano de obra.

Por tanto, la distancia adecuada (Dist\*) para establecer una ET, entre el centroide origen y el relleno sanitario, puede obtenerse estimando el punto de corte (PC) entre las curvas de costos con ET (CCET) y transporte directo al sitio de disposición final (ubicación del relleno sanitario, URS, véase gráfica 1) con vehículos de recolección (CSET, costos sin ET). Así, la gráfica 1 describe el comportamiento hipotético de los costos cuando se cuenta o no con el proyecto. Donde, el eje Y representa el valor monetario total incurrido por tonelada o costo unitario de producción de prestar el servicio y el eje X la variable independiente distancia (kilómetros). Sin embargo, otros autores reemplazan esta última por tiempo de viaje (en minutos), de tal forma que el cruce de las dos curvas indica la duración máxima (generalmente 30 minutos) requerida para llegar a una ET, como otro indicador para situar el proyecto.

**Gráfica 1. Análisis de costos para ET a lo largo del recorrido entre el centroide de recolección y relleno sanitario.**



Fuente: Ouano (1983,2).

<sup>3</sup> Véase más detalles en EPA (siglas en Inglés), United States Enviromental Protection Agency (2001).

Los costos unitarios totales (\$/Ton) para estimar ambas curvas son definidos mediante las ecuaciones 1, 2 y 3; donde se refiere a los costos fijos unitarios (\$/Ton) para cada caso,  $\beta$  la constante que acompaña la distancia recorrida entre el centroide de origen y relleno sanitario (Dist). La expresión 1 corresponde a una función lineal para ejemplificar el ahorro obtenido por ET.

$$\frac{\$}{Ton} = \alpha + \beta_1 Dist + \varepsilon_i \quad (1)$$

En este caso, es el intercepto de modelo y representa los costos fijos unitarios de producción con ET o sin ET, respectivamente. Por su parte  $\beta_1$ , el respectivo parámetro que acompaña la distancia recorrida entre el centroide de origen y el relleno en su forma lineal y  $\varepsilon_1$  el término aleatorio o error del modelo, según cada caso. La expresión 1, es estimable económicamente y a partir del resultado es posible encontrar la distancia óptima (Dist\*) donde debe ubicarse la estación de transferencia.

Además de la distancia adecuada para ubicar una ET, es necesario tener en cuenta otros factores técnicamente relevantes como ambientales, económicos, sociales y políticos, basados en los criterios de exclusión, técnicos y específicos de la comunidad potencialmente afectada por la construcción de una ET. En Colombia, se presentan generalmente otros factores que deben ser considerados como adicionales a los descritos, entre los cuales se destacan las condiciones viales y presencia de peajes, razones a incluir en las funciones de costos expuestas en las ecuaciones ocho y nueve.

Finalmente, y a manera de referencia, la evidencia señala que rellenos ubicados por encima de los 20 a 40 km (Malarin y Vaughan, 1997, 11) o entre 30 y 60 minutos de recorrido (en Melbourne-Australia, véase Victorian Government Department of Sustainability

and Environmental, 2009, 8, parte 3, nombre en inglés) necesitan apoyarse en una ET para disminuir los costos de recolección y transporte de residuos sólidos; distancia y tiempo determinado a partir del cruce señalado en la gráfica 1, el cual diagnostica la viabilidad de ET.

Por otra parte, y de acuerdo con estimaciones realizadas por United States Environmental Protection Agency (2001, 9), 100 toneladas diarias de residuos sólidos es el monto mínimo requerido para operar una estación de transferencia tipo descarga directa con aumento en capacidad; teniendo en cuenta el crecimiento poblacional, agrícola e industrial de una zona, dado que esta clase de ET, es la más económica de implementar.

Asimilando estos mismos criterios, la Guidelines for Establishing Transfer Stations for Municipal Solid Waste (2005) describe el comportamiento desagregado de costos para estaciones de transferencia que tienen capacidad de recibir hasta 10.000 toneladas/año, 192 toneladas/semana (10.000/52 semanas) o 38,5 toneladas/día (192/5 días). No obstante, este valor puede variar de acuerdo con las condiciones del mercado atendido, siempre que garantice la ocupación de los vehículos de transferencia disponibles.

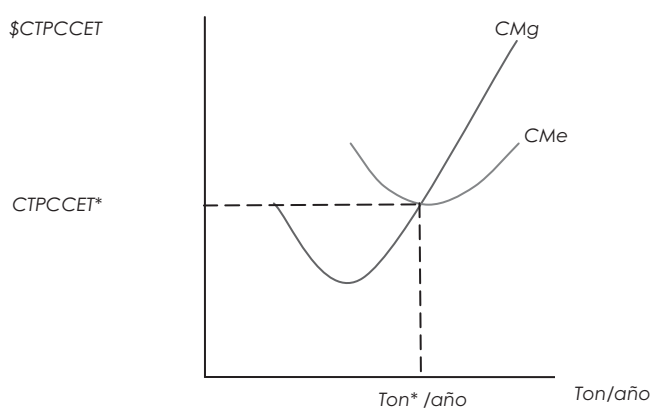
En el mismo sentido, según UNEP (United Nations Environment Programme, 2005, 94-108, siglas en inglés), antes de tomar la decisión de realizar una estación de transferencia es importante y esencial realizar cuidadosamente un análisis beneficio-costos, económico y financiero; y con los resultados del mismo determinar la viabilidad del proyecto. Así, la ET debe ser únicamente implementada cuando los costos de transporte directo hasta el relleno sanitario en los vehículos de recolección supera representativamente a los incurridos con transporte a granel apoyado en una ET y sus ahorros de implementación resulten significativos.

**B. Análisis de costos de producción de transporte y tamaño del mercado a partir del cual es viable contar con estaciones de transferencia**

Aunque marcos teóricos y guías desarrolladas en el ámbito internacional, para establecer estaciones de transferencia, enfatizan

sobre la importancia de la distancia desde el centroide hasta el relleno sanitario como la principal variable que determina la existencia o no de una ET; también es primordial calcular previamente el tamaño del mercado óptimo (Ton\*/año) a partir del cual es viable contar con una ET.

**Gráfica 2. Cantidad óptima de recolección y transporte de residuos sólidos.**



Fuente: los autores.

Así, la cantidad apropiada de residuos sólidos a recolectar puede obtenerse mediante un análisis de costos total de producción de transporte con ET (CTPC CET, véase gráfica 2), a través del cruce entre el costo marginal (CMg) y medio (CMe). En este punto, se establece la carga mínima (Ton\*/año) generadora

del menor costo que garantiza la viabilidad de una ET para el oferente del servicio de transporte y recolección de residuos sólidos; con cantidades inferiores a este valor, el CMe superaría el CMg generando pérdidas para los transportadores.

$$CTPC CET = f(Ton) \quad (2)$$

$$CTPC CET = \beta_0 + \beta_1 Ton - \beta_2 Ton^2 + \beta_3 Ton^3 \quad (3)$$

La ecuación 2 exhibe la función de costo total (CTPC CET) determinada por el monto (ton), la cual puede obtenerse mediante una aproximación cúbica como se encuentran en la ecuación 3. Donde,  $\beta_0$  es el intercepto

de modelo y representa los costos fijos de producción con ET,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$ , y los respectivos parámetros que acompañan a Ton en su forma lineal, cuadrática y cúbica y el término aleatorio o error del modelo.

$$CMg = \beta_1 - 2\beta_2 Ton + 3\beta_3 Ton^2 \quad (4)$$

$$CMe = \frac{\beta_0}{Ton} + \beta_1 - \beta_2 Ton + \beta_3 Ton^2 \quad (5)$$

Las ecuaciones 4 y 5 describen los costos marginales (CMg) y medios (CMe) obtenidos de la función de costos total en la ecuación tres. Igualando estas dos, se obtiene el valor de Ton\* que indica el tamaño de mercado a partir del cual es viable contar con una estación de transferencia.

### 3. Metodología analítica

A continuación se describe la metodología, con el objetivo de estimar la distancia óptima al relleno sanitario y tamaño de mercado, a partir del cual es viable contar con estaciones de transferencia para el manejo de residuos sólidos en Colombia. Para esto, se utiliza la información disponible en el Sistema Único de Información (SUI), donde se encuentran disponibles datos de las variables descritas en la sección anterior para 260 empresas; en distintos momentos del tiempo (2006, 2007 y 2008). Dadas las características de la información, y con el fin de estimar los costos totales y unitarios con y sin ET, la aproximación se realizará mediante datos panel y análisis diferencias en diferencias, descritas a continuación.

#### A. Modelos con datos panel

Datos panel es un método generalmente utilizado en econometría cuando se cuenta con información de corte transversal a través del tiempo. En otras palabras, teniendo observaciones de los mismos individuos (empresas) en distintos periodos. Las 260 empresas equivalen al corte transversal y los años de muestra (2006, 2007 y 2008) para las mismas, corresponden a las series de tiempo en el modelo de datos panel propuesto en la ecuación 6.

$$Y_{it}(\beta, X_{it}, \varepsilon_{it}) = f(\beta, X_{it}, \varepsilon_{it}) \quad (6)$$

- i = empresa 1, empresa 2, ..., empresa 260, según SUI.
- t = 2006, 2007 y 2008. Periodos de análisis para los individuos (empresas, según SUI) anteriores i.

Esta expresión corresponde a la representación general de la estructura panel, donde  $Y_{it}$  distingue la variable dependiente (costos de producción totales y unitarios),  $X_{it}$  (distancia, Ton, variables cualitativas dicótomas) las independientes, los parámetros y el término del error del modelo. Por otra parte, los modelos panel se caracterizan por ser no balanceados, cuando las observaciones individuales difieren al tamaño de la muestra establecidas en el tiempo (información incompleta) o balanceados, a cada individuo le corresponde una unidad de tiempo (información completa); esta última, corresponde a los datos del estudio por contar con información completa.

Además de las características anteriores, se distinguen tres procedimientos fundamentales en este tipo de modelos, método agrupado (*pooled data*, palabras en inglés), efectos fijos y aleatorios. Es importante señalar qué categorías se ajustan los datos empleados, para obtener estimadores insesgados y eficientes. Con ellos determinar el verdadero impacto de las estaciones de transferencia sobre los costos de producción y así tomar decisiones de política correctas, de acuerdo a los resultados.

Debido a las diferencias en tamaños entre empresas, de acuerdo a la cantidad de toneladas de residuos generadas en el mercado servido, y que dos de ellas cuentan con estaciones de transferencia (Palmaseca y Valle de Aburrá, a partir de abril de 2009 y septiembre de 2005, en los municipios de Cali y Medellín) los estimadores deben ser obtenidos a través de efectos fijos (EF) o aleatorios (EA)<sup>4</sup>. Adicionalmente, es importante comprender los modelos de datos panel con el fin de realizar análisis mediante diferencias en diferencias y, así, validar el impacto de los ahorros obtenidos con ET y el tamaño de mercado para el cual es viable contar con este proyecto.

## B. Diferencias en diferencias

La metodología diferencias en diferencias busca evaluar el impacto de una política o suceso sobre la variable dependiente (costos de producción totales o unitarios) por empresa. Este enfoque, ayuda a comprender en el estudio como han cambiado los costos de producción totales en las firmas por contar con ET en Colombia entre 2006 y 2008. La variable (bina-

ria) de política la determina el año para cada fase implementada (2006, 2007 y 2008 para el Valle de Aburrá y 2008 Palmaseca), tomando valor de cero durante el 2006, 2007 y 2008 en firmas que no han implementado el proyecto (situación sin proyecto, sp) y señalado con uno en el 2008 ( $D_t$ ) para la empresa en Cali ( $D_{cp}$ ) con ET, igualmente este valor durante el 2006, 2007 y 2008 ( $D_t$ ) en Medellín ( $D_{cp}$ ) que también cuenta con proyecto (CP).

$$Y_{it} = \alpha_0 + X_{it}\beta + \beta_i D_{cp} x_{it} + \alpha_1 D_{cp} + \alpha_2 D_t + \gamma D_{cp} D_t + w_{it} \quad (7)$$

$$\gamma = (\overline{cp}_{t,cp} - \overline{cp}_{t,sp}) - (\overline{cp}_{t-1,cp} - \overline{cp}_{t-1,sp})$$

De esta forma, la ecuación 7 representa el modelo lineal general para el estimador (y) diferencias en diferencias en un modelo de datos panel con efectos aleatorios. Donde evidencia si el cambio en los costos fijos de producción (totales o unitarios,  $\alpha_0$ ) es significativo o no con el proyecto ET y en cuanto posiblemente se incrementaron, a partir del

mismo. Mostrando la diferencia en costos de producción promedio ( $\overline{cp}$ ) con proyecto (p) y sin este (sp),  $(\overline{cp}_{it,p} - \overline{cp}_{it,sp}) - (\overline{cp}_{it-1,p} - \overline{cp}_{it-1,sp})$ <sup>5</sup>. Aunque la forma funcional lineal se expone de manera general, la función de costos puede estar asociada a una cúbica o cuadrática como las expuestas en las ecuaciones dos y tres.

$$\frac{\partial y_{it}}{\partial x_{it}} = \beta + \beta_i D_{cp} \quad (8)$$

Asimismo, el cambio marginal en los costos totales ( $y_{it}$ ) ocasionado por la variable independiente (en este caso distancia  $X_{it}$ ) puede diferir entre empresas con proyecto y sin ET. Así, en la ecuación 8 son establecidos dichos efectos marginales y con ellos, es posible determinar la cantidad óptima de la variable independiente que minimiza los costos. De esta forma,  $\beta$  es la contribución marginal de  $X_{it}$  en  $y_{it}$  para firmas sin ET y  $\beta + \beta_i$  la de las compañías con proyecto; esta diferencia ayuda a determinar el ahorro que ocasiona una ET en los costos totales de producción.

## 4. Proceso de recolección de los datos

En esta sección se detalla la recolección de información, su tratamiento y relación entre las variables costos totales (con ET y sin ET) y producción de transporte de residuos sólidos en

<sup>4</sup> Ver más detalles en Rosales, Perdomo, Morales y Urrego, (2010) y Greene (1999).

<sup>5</sup> Ver más detalles Wooldrige (2001) y Rosales, Perdomo, Morales y Urrego, (2010).



Colombia. A partir de lo anterior y acorde con la información obtenida, se evidencia con la metodología analítica anterior (datos panel con EA y análisis diferencias en diferencias) la distancia óptima entre el centroide y relleno sanitario que genera el mínimo costo de producción; igualmente, el tamaño de mercado a partir del cual es viable contar con estaciones de transferencia.

Los datos para este estudio fueron conseguidos de la información secundaria reportada por las empresas de aseo en Colombia al Sistema Único de Información (SUI) donde se encuentran los aspectos financieros y balances más destacados de las empresas, mediante el cual se determinaron y agregaron los costos fijos y variables de producción de transporte y recolección de residuos, con el fin de conformar los costos totales de producción, en pesos, a partir del Plan Único de Cuentas (PUC). Implícitamente, esta información contiene los aspectos sobre el valor incurrido por el pago de peajes acorde con la cantidad de ejes del camión, consumo de combustibles, mantenimiento y depreciación de los vehículos (recolectores y a granel); rubro que refleja las condiciones viales y tiempos en el recorrido enfrentados por cada firma.

Igualmente, en el SUI se establece la distancia en kilómetros recorrida entre el centroide o cabecera municipal y el relleno sanitario, distancia en kilómetros recorrida en la actividad de recolección de residuos al

interior del municipio o área servida. También, es discriminada por empresa periódicamente (mensual y anualmente) las toneladas de residuos sólidos recolectadas y depositadas, el tamaño de la empresa dado el número de usuarios por municipio.

La información específicamente de cada empresa dedicada al transporte y recolección es detallada sobre 2.111 firmas, pero sólo se cuenta con datos completos para los años 2006, 2007 y 2008; no obstante, unificando cada uno de los módulos correspondientes en el SUI se obtuvo una muestra de 776 datos completos, en las variables mencionadas, resultados de agruparlas en datos panel, dada la información para los años 2006, 2007 y 2008 de 260 empresas.

Por otra parte, los costos totales fueron deflactados a precios de 2008 y discriminados mediante variables cualitativas dicótomas por empresa, municipio y año con valores de cero (sin ET) y uno (con ET)<sup>6</sup>; aprovechando la presencia y experiencia de las estaciones de transferencia ubicadas en Palmaseca y Valle de Aburrá (a partir de abril de 2009 y septiembre de 2005, en los municipios de Cali y Medellín). Permitiendo así determinar mediante el método diferencias en diferencias el impacto del proyecto ET sobre los costos de producción de recolección y transporte (CTP) para residuos sólidos en Colombia; efectuado a través de un modelo de datos panel con efectos aleatorios.

**Cuadro 1. Estadísticas descriptivas para CTP y Ton.**

Variable	N° de Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo
Costos total de producción/año	776	3.070'000.000	11.900'000.000	92.936.45	133.000'000.000
Costos unitario (\$/Ton_año)	774	263,112.20	1,540,128.00	82.42	35,000,000.00
Distancia desde el centroide de partida hasta el relleno sanitario en Km	776	32.26	42.68	0	250.00
Distancia desde el centroide de partida hasta el relleno sanitario al cuadrado en Km	776	2,860.40	7,861.79	0	62,500.00
Distancia desde el centroide de partida hasta el relleno sanitario al cubo en Km	776	396,800.70	1'694.015	0	15'600.000
Toneladas transportadas (Ton/año) entre el centroide de partida hasta el relleno sanitario	776	43,376.89	306,627.70	0	6,412,812.00
Toneladas transportadas (Ton/año) entre el centroide de partida hasta el relleno sanitario- al cuadrado	776	95,800,000,000.00	1,710,000,000,000.00	0	4.11E+13
Toneladas transportadas (Ton/año) entre el centroide de partida hasta el relleno sanitario- al cubo	776	4.98E+17	1.03E+19	0	2.64E+20

Fuente: Cálculo de los autores con la información del SUI.

<sup>6</sup> Para más detalles de este tratamiento véase sección cuatro (análisis resultados).



Una vez agrupada la información, el cuadro 1 contiene las estadísticas descriptivas para CTP, distancia y Ton empleadas en el estudio. Los costos totales de producción promedio incurridos por cada firma anualmente ascendieron a 3.070 millones de pesos, los valores unitarios de este rubro alcanzaron un promedio de 263.112 pesos en el mismo periodo, con una distancia de 32,26 km promedio y 43.377 toneladas año.

### 5. Resultados obtenidos

Con el fin de cuantificar la distancia óptima al relleno sanitario y tamaño de mercado a

partir del cual es viable contar con estaciones de transferencia, que genera el mínimo costo de producción en el servicio de transporte y recolección de residuos sólidos en Colombia, las estimaciones fueron realizadas mediante modelos de datos panel con efectos aleatorios, de acuerdo a la relación especificada en la ecuación 3. Así, en el cuadro 2 y las ecuaciones 9 y 10 puede apreciarse la relación entre los unitarios totales de producción con y sin estaciones de transferencia y la distancia recorrida (centroide y relleno sanitario).

$$CU_{itce} = (176007 + 149970) - (512 + 4346)Km_{it} \quad (9)$$

$$CU_{itset} = 176007 - 512Km_{it} \quad (10)$$

**Cuadro 2. Modelo de costos unitarios por tonelada con (CU<sub>cet</sub>) y sin estaciones de transferencia (CU<sub>set</sub>).**

Modelo de costos unitarios a precios constantes de 2008			
Variable dependiente	Costos unitario (\$/Ton-año)		
	Variables independientes	Coficiente	Efecto Marginal con ET
Distancia desde el centrode de partida hasta el relleno sanitario en Km			
Variable empresa con ET (cualitativa binaria con valor de uno si la empresa tiene ET y cero sin ET)			
Variable empresa con ET combinada con Km			
Empresa grande (cualitativa binaria con valor de uno si es grande y cero mediana o pequeña)			
Empresa mediana (cualitativa binaria con valor de uno si es mediana y cero grande o pequeña)			
Costo unitario rezagado un periodo (t-1)			
Intercepto			
Coficiente de determinación R <sup>2</sup>			
Número de observaciones			
<b>Distancia óptima que minimiza los costos unitarios con ET/Km</b>			
<b>Ahorro unitario con ET por Km adicional a 34.51 Km</b>			
Variable estadísticamente significativa a (*) 10%, (**) 5% y (***) 1%; estimación en Stata.			

Fuente: Cálculo de los autores con la información del SUI.

Continuando la interpretación, y conforme con lo presentado en la metodología sobre diferencias en diferencias, las empresas que implementan ET tienen un impacto representativo en sus costos fijos unitario anuales de 149.970<sup>7</sup> pesos aproximadamente; valor superior para el mismo rubro en firmas que no llevan a cabo este tipo de proyectos. Por otra parte, igualando las ecuaciones 9 y 10 se obtiene la cantidad óptima de Km (Km\*) que minimiza los costos totales unitarios anuales

de producción, correspondiente a 34,51Km. Con este valor, puede determinarse como la distancia óptima donde debe ubicarse una estación de transferencia en Colombia.

Igualmente, corresponde al punto común o cruce entre los costos unitarios anuales de producción para las firmas con y sin ET. Adicionalmente, si el sitio de disposición final para residuos sólidos se encuentra a una distancia mayor de 34,51Km, es indispensable que las compañías prestadoras del servicio construyan ET para que puedan ser costo eficientes; disminuyendo sus gastos unitarios variables,

<sup>7</sup> Corresponde al valor del parámetro y (diferencias en diferencias) exhibido en la ecuación siete.

mediante el uso de transporte a granel y no utilizando los camiones recolectores para trasladar directamente los residuos sólidos al relleno sanitario. Generando un ahorro de 4.346 pesos km aproximadamente, por tonelada transportada a distancias superiores de 34,51 km. También, los resultados de km\* con ET señalan que ellas pueden ser ubicadas a distancias menores de 34,51 km; lo más cercana al centroide de origen, en lo posible antes de un peaje. Con el fin de que la empresas minimicen aun más el costo de traslado al relleno, aprovechando

un trayecto más prolongado en transporte a granel y no en vehículos recolectores.

Una vez obtenida la distancia óptima, sobre el cuadro 3 puede apreciarse la relación entre los costos totales de producción (CTP) y las toneladas transportadas anualmente. A partir de los resultados se encontró que la función cúbica en la ecuación 11 es correctamente especificada, dada la consistencia de los signos esperados en los parámetros y la representatividad estadística de los términos lineal, cuadrático y cúbico del Ton (véase cuadro 3).

$$CTP_{it} = 48'600.000 + 12.799Ton_{it} - 0,012Ton_{it}^2 + 0,00000000193Ton_{it}^3 + 431'000.000D_{cp} - 134.802D_{cp}Ton - 0,337D_{cp}Ton_{it}^2 + 0,00000116D_{cp}Ton_{it}^3 \quad (11)$$

$$CMg_{cet} = \frac{\partial CTP}{\partial Ton} = 12.799 - 134.802 - 2 * (0,012Ton) + 3 * (0,00000000193 + 0,00000116)Ton^2 = 0 \quad (12)$$

$$CMe_{cet} = \frac{CTP}{Ton} = \frac{431'000.000}{Ton} + 12.799 - 134.802 - 0,012Ton + (0,00000000193 + 0,00000116)Ton^2 \quad (13)$$

**Cuadro 3. Modelo costo total de producción de transporte para residuos sólidos con y sin estaciones de transferencia a precios constantes de 2008 (CTP).**

Modelo costo total de producción de transporte para residuos sólidos a precios constantes de 2008 (CTP)	
VARIABLES INDEPENDIENTES	COEFICIENTE
Toneladas (Ton/año) entre el centroide de partida hasta el relleno sanitario	12799,37**
Toneladas (Ton/año) entre el centroide de partida hasta el relleno sanitario- al cuadrado	(-0.012023)*
Toneladas (Ton/año) entre el centroide de partida hasta el relleno sanitario- al cúbico	0.00000000193*
Variable empresa con ET (cualitativa binaria con valor de uno si la empresa tiene ET y cero sin ET)	431000000**
Variable empresa con ET combinada con Ton/año	(-134802,4)*
Variable empresa con ET combinada con Ton/año al cuadrado	-0.3369187
Variable empresa con ET combinada con el Ton/año al cúbico	(0.00000116)***
Costo total rezagado un periodo (t-1)	1,08113***
Intercepto	48600000
Coefficiente de determinación R2	0.9924
Número de observaciones	517
<b>Ton* anual óptimo donde se cruzan los CMg y CMe con ET</b>	58805.90
<b>Ton* diario óptimo donde se cruzan los CMg y CMe con ET</b>	161.55
Variable estadísticamente significativa a (*) 10%, (**) 5% y (***) 1%; estimación en Stata.	

Fuente: Cálculo de los autores con la información del SUI.

Igualando y resolviendo, CMg y CMe con ET, de las ecuaciones 12 y 13 se obtiene la cantidad óptima de Ton\* al año para una firma que minimiza CTP con proyecto, que equivale

a 58.506 toneladas/año o 161,55 toneladas/día. Monto, que permite establecer la viabilidad de contar con estaciones de transferencia. En otras palabras, rellenos ubicados a más de

34,51 km y un mercado capaz de generar un monto mayor o igual a 162 toneladas día, debe contar con una o más ET para minimizar los costos variables unitarios de las firmas. Por consiguiente, aumentar su eficiencia económica y por ende el valor para las ganancias percibidas de la actividad.

## 6. Conclusiones

Partiendo del propósito principal, revisión literaria y resultados obtenidos anteriormente, con la metodología de diferencias en diferencias (a través de un modelo de datos panel con efectos aleatorios, y análisis estático comparativo de optimización matemática), indican que un mercado que genera un monto mayor o igual a 162 toneladas de residuos sólidos día, puede contar con una o más ET para minimizar los costos variables unitarios de las firmas, una vez realice su análisis costo-beneficio económico y financiero.

Igualmente, es el tamaño del mercado a partir del cual es viable contar con estaciones de transferencia. 162 toneladas/día garantizan el cubrimiento de los costos variables en el corto plazo para los productores de transporte que cuentan con estaciones de transferencia; esta cantidad les permite percibir el precio techo donde al menos sus beneficios son nulos, sin incurrir en pérdidas económicas.

Por otra parte, las estaciones de transferencia son concebidas como una solución costo-eficiente al manejo, recolección y transporte de residuos sólidos cuando se generan grandes cantidades en áreas urbanas y el tramo para trasladarlos entre el sitio origen y destino es extenso; dado que ocasionan reducciones en tiempos de viajes, prolongan la vida útil de los vehículos recolectores y disminuyen la cantidad de mano de obra empleada.

Las dos principales razones para que existan estaciones de transferencia en una determinada zona son de índole económica y

prestación del servicio de recolección en áreas rurales que carecen del mismo. Sin embargo, el factor económico es la principal razón, dada la propensión hacia las economías crecientes de escala que ellas generan en la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos.

La ubicación ideal de este tipo de proyectos debe ser relativamente cerca al centroide de la población servida, para minimizar costos de recolección y transporte, o sobre la ruta que conduce al relleno. Asumiendo que es situado en un lugar con las condiciones ambientales requeridas, evitando riesgos sobre la salud humana e incomodidades a la sociedad. No obstante, bajo la consideración económica y comparando el comportamiento de los costos bajo un escenario sin y con estaciones de transferencia (ET), es posible obtener la distancia o tiempo adecuado donde preferiblemente debe realizarse el proyecto.

De acuerdo con EPA (2001, 9), 100 toneladas diarias de residuos sólidos es el monto mínimo requerido para operar una estación de transferencia tipo descarga directa con aumento en capacidad; teniendo en cuenta el crecimiento poblacional, agrícola e industrial de la zona, dado que esta clase de ET, es la más económica de implementar. Asimilando estos mismos criterios, la Guidelines for Establishing Transfer Stations for Municipal Solid Waste (2005) describe el comportamiento desagregado de costos para estaciones de transferencia que tienen capacidad de recibir hasta 10.000 toneladas/año o 38,5 toneladas/día; y resalta que las cantidades de residuos sólidos anticipadas para una ET deben ser estimadas acorde con el área servida, con el fin de obtener un monto que garantice cargar toda la capacidad de los vehículos de transferencia disponibles.

La evidencia internacional señala que rellenos ubicados por encima de los 20 a 40 km (Malarin y Vaughan, 1997, 11) o entre 30

y 60 minutos de recorrido (en Melbourne-Australia, véase Victorian Government Department of Sustainability and Environment, 2009, 8, parte 3, nombre en inglés) necesitan apoyarse en una ET para disminuir los costos de recolección y transporte de residuos sólidos; distancia y tiempo determinado a partir del punto de quiebre en la gráfica 1, el cual diagnostica la viabilidad de la ET.

Conforme con lo presentado en la metodología sobre diferencias en diferencias, las empresas que implementan estaciones de transferencia tienen un impacto representativo en sus costos fijos unitarios anuales de 149.970 pesos (412 pesos día) aproximadamente; valor superior para el mismo rubro en firmas que no llevan a cabo este tipo de proyectos.

No obstante, en Colombia la distancia óptima donde debe ubicarse una estación de transferencia es 34,51 km; dado que indica los puntos comunes o donde se cruzan los costos unitarios anuales de producción para las firmas con y sin ET. Adicionalmente, si el sitio de disposición final para residuos sólidos se encuentra a una distancia mayor de 34,51 km, es indispensable que las compañías prestadoras del servicio construyan ET para que puedan ser costo-eficiente; disminuyendo sus gastos unitarios variables, mediante el uso de transporte a granel y no utilizando los camiones recolectores para trasladar directamente los residuos sólidos al relleno sanitario.

Aunque el impacto de implementar una ET es representativo y genera mayores costos fijos unitarios anuales, el efecto marginal de un km adicional a recorrer entre el centroide origen y el relleno por encima de los 34,51 km\*, implica una reducción en el costo unitario anual de 4.346 pesos aproximadamente para firmas con ET. Este valor se convierte en el ahorro por tonelada transportada cuando se cuenta con una ET, por cada km adicional a 34,51 km en el recorrido hasta el relleno sanitario.

Una vez determinada la distancia apropiada para una ET, mediante el resultado del punto de cruce entre las curvas de costos, identificar el área adecuada de prestación para utilización de estaciones de transferencia también depende de otros factores técnicamente relevantes como ambientales, económicos, sociales y políticos, basados en los criterios de exclusión, técnicos y específicos de la comunidad potencialmente afectada por la construcción de una ET.

En el mismo sentido, según UNEP (United Nations Environment Programme, 2005, 94-108, siglas en inglés), antes de tomar la decisión de realizar una estación de transferencia es importante y esencial realizar cuidadosamente un análisis beneficio-costos económico y financiero; y con los resultados del mismo determinar la viabilidad del proyecto. Así, la ET debe ser únicamente implementada cuando los costos de transporte directo hasta el relleno sanitario en los vehículos de recolección supera representativamente a los incurridos con transporte a granel apoyado en una ET y sus ahorros de implementación resulten significativos.

Las estaciones de transferencia preferiblemente deben ubicarse antes de los peajes o donde potencialmente puedan existir. Así la variabilidad del cobro, dadas las características propias de los vehículos, puede homogeneizarse sólo pagando el rubro máximo correspondiente a las tractomulas de mayor capacidad, evitando de esta forma la heterogeneidad en el pago de peajes que pueden causar los camiones recolectores y de transferencia; si ambos, se ven en la necesidad de pasar por ellos. Por otra parte, el mal estado de las vías impactaría directamente los costos fijos, incrementando los gastos en mantenimiento y depreciación (vida útil) de los vehículos de transferencia o tractomulas. por esta razón deben considerarse dentro de la función de costos como se detalló en la ecuación 1.

Bajo el supuesto que se cuenta con una ET la cual permite homogenizar el pago del peaje de acuerdo al monto máximo a pagar por una tractomula de 25 toneladas, con la ecuación 1 puede obtenerse los costos marginales, los cuales reflejarán los pagos adicionales al precio techo establecido (\$/Ton-año). Estos costos deben reconocerse a una determinada empresa cuando enfrenta un número de peajes y cantidad de kilómetros en mal estado dentro del recorrido, diferenciando de esta manera el valor pagado (precio techo) a otra firma que no afronta este tipo de restricciones.

## 7. Referencias

- Chiang, A. (1988), *Métodos Fundamentales de Economía Matemática*, Tercera edición, USA: McGraw-Hill.
- De Rus, G. Campos, J y Nombela, G. (2004), *Economía del Transporte*, Gran Canaria: Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Antoni Bosh Editor.
- Documento de trabajo (2005) *Metodologías de costos y tarifas para el servicio público de aseo*, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA.
- Greene, William. (1999), *Análisis Económico*, Tercera edición, Madrid: Prentice Hall.
- Guidelines for Establishing Transfer Stations for Municipal Solid Waste (2005), <http://www.env.gov.bc.ca/epd/epdpa/mpp/gfetsfms.html>.
- Gujarati, Damodar N. (2003), *Econometría Básica*. 4ª edición. México D.F. Editorial McGraw-Hill.
- Malarin, H. y Vaughan, W. (1997), *An Approach to the Economic Analysis of Solid Waste Disposal Alternatives*, United States, Washington D.C.
- McCharty, Patrick. (2001), *Transportation Economics Theory and Practice: An Case Study Approach*, First Edition, Oxford: Blackwell Publishers.
- Mendianta, Juan Carlos y Perdomo, Jorge Andrés (2008), *Fundamentos de economía del transporte: teoría, metodología y análisis de política*, primera edición, Bogotá-Colombia, ediciones Uniandes.
- Mendieta, J. C. y Perdomo, J. A. (Octubre de 2007), “Especificación y estimación de un modelo de precios hedónico espacial para evaluar el impacto de Transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá”. Documento CEDE (Centro de Estudios Sobre Desarrollo Económico), Facultad de Economía, Universidad de los Andes, 22, 1-44.
- Ouano, E. (1983), *Hauling Distance and Transfer Station Location*, *Journal of Environmental Engineering*, 109, 6, 1429-1433.
- Pindyck, Robert S. & Rubinfeld, Daniel L (2000), *Econometría Modelos y Pronósticos*, Cuarta Edición, McGraw-Hill.
- Resolución 351 de 2005, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA.
- Rosales, R. Perdomo, J.A., Morales, C. y Urrego, A. (2010), *Fundamentos de econometría intermedia: teoría y aplicaciones*. CEDE (Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico), Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
- Sánchez, J. y Estrada, R. (1996), *Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas*, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- United Nations Environment Programme, UNEP. (2005), *Solid Waste Management (Volume I)*, CalRecovery Incorporated.

United States Environmental Protection Agency, EPA. (2001), Waste Transfers Stations: a Manual for decision-Making.

Varian, Hal R. (1993), Intermediate Microeconomics a Modern Approach, third Edition, New York: W.W Norton & Company.

Victorian Government Department of Sustainability and Environment (2009), Metropolitan Waste and Resource Recovery Strategic Plan, Metropolitan landfill Schedule, part 3, Melbourne-Australia.



# LA UTILIZACIÓN DEL ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (IPC) PARA LA ACTUALIZACIÓN DE TARIFAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN COLOMBIA

*Silvia Juliana Yepes Serrano,  
Juan Andrés Ramírez,  
Liza Paola Gruesso,  
Germán L. Orjuela Borda.*

## Resumen

En este documento se explora la conveniencia de la utilización del Índice de Precios al Consumidor (IPC) para la actualización de las tarifas de acueducto y alcantarillado en Colombia con sus fundamentos jurídicos y conceptuales. El estudio inicia con la revisión de las investigaciones relacionadas desarrolladas para el contexto del país y un repaso de los métodos de actualización de tarifas del sector a nivel latinoamericano. Acto seguido, se comparan las diferencias entre la evolución de los costos reales y la evolución de los mismos actualizados por IPC; de forma paralela se contrasta, a nivel agregado y por componente de costo, el comportamiento del IPC y un índice teórico de referencia. De acuerdo al análisis desarrollado, se recomienda mantener el IPC como índice de actualización del sector, teniendo en cuenta que su utilización está dentro de las prácticas comunes a nivel latinoamericano y no resulta viable la esti-

mación de un índice particular para el sector. Adicionalmente, en términos agregados para el periodo 2003-2008, no se presentan diferencias importantes entre la evolución de los costos reales de los prestadores y la evolución de los mismos actualizados por IPC, así como entre el IPC y un índice teórico compuesto de referencia.

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como principal objetivo evaluar la pertinencia de utilizar el Índice de Precios al Consumidor (IPC) como índice para actualizar las tarifas del sector de acueducto y alcantarillado en Colombia.

El mencionado análisis inicia con una revisión de los fundamentos y antecedentes jurídicos relacionados con el tema seguido de un breve resumen de la consultoría realizada



para la CRA en el 2001, en relación con la estimación de un índice de precios particular para los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia, y una revisión de los índices de actualización del sector utilizados en otros países centro y suramericanos.

El siguiente paso corresponde a una comparación del índice simple construido a partir de la variación de los costos reales para diferentes grupos y subgrupos de costos, estimado con base en el Plan Único de Cuentas (PUC) para una muestra representativa de 46 empresas con más de 2.500 suscriptores, con la evolución del IPC (índice actualmente utilizado en el sector). Específicamente, se divide cada tipo de costos: i.) Costos Medios de Administración (CMA), ii.) Costos Medios de Operación Comparables (CMOc) y iii.) Costos Medios de Operación Particulares (CMOp); en grupos y subgrupos, según sus características y porcentaje de participación, para posteriormente estimar el índice correspondiente a cada uno de estos, tomando como insumo el promedio ponderado anual del costo medio de las empresas de la muestra (periodo 2003-2008). Con los mencionados cálculos, básicamente se busca conocer si existen diferencias, porcentuales y expresadas en valores absolutos, importantes entre la evolución de los costos reales y el IPC (índice y costos del año base actualizado).

Para complementar el análisis anterior, se procede a comparar las variaciones del IPC en relación con una serie de índices teóricos de referencia, los cuales se considera reflejan la variación de precios de los grupos y subgrupos de costos definidos. Básicamente, los índices teóricos seleccionados corresponden a índices ya publicados por el Departamento Nacional de Estadística (DANE) para renglones específicos de la economía, con base en los cuales se estiman índices agregados para el CMA, CMOc, CMOp, CMI y Cargo por consumo. En esta sección se pretende conocer el grado de disparidad entre el IPC y los índices

de referencia propuestos; diferencias importantes indicarían la necesidad de considerar otros índices diferentes al IPC que, dado su nivel de desagregación, se aproximen mejor a la evolución de los costos que componen las tarifas de acueducto y alcantarillado, garantizando la suficiencia financiera en la prestación del servicio.

El presente artículo está dividido en cinco numerales a saber: como primer paso se introducen los fundamentos jurídicos, posteriormente, en la tercera sección, se resume la consultoría realizada sobre la estimación de un índice específico para el sector y los métodos de indexación que se utilizan en otros países de la región. En el cuarto numeral, se realiza una comparación entre la indexación con IPC frente a la evolución del índice de costos reales para una muestra representativa de prestadores; mientras que en el siguiente paso, se contrasta el comportamiento de un índice de actualización de referencia compuesto con el observado para el IPC. Finalmente, en el numeral seis se exponen las conclusiones inferidas con base en los análisis realizados.

## 2. FUNDAMENTO JURÍDICO

De conformidad con lo previsto en el artículo 125 de la Ley 142 de 1994:

“Durante el período de vigencia de cada fórmula, las empresas podrán actualizar las tarifas que cobran a sus usuarios aplicando las variaciones en los índices de precios que las fórmulas contienen. Las nuevas tarifas se aplicarán a partir del día quince del mes que corresponda, cada vez que se acumule una variación de, por lo menos, un tres por ciento (3%) en alguno de los índices de precios que considera la fórmula.

Cada vez que las empresas de servicios públicos reajusten las tarifas, deberán comunicar los nuevos valores a la Super-

intendencia de Servicios Públicos, y a la comisión respectiva. Deberán, además, publicarlos, por una vez, en un periódico que circule en los municipios en donde se presta el servicio, o en uno de circulación nacional”.

A su turno, las funciones y facultades de la CRA relacionadas con la actualización de tarifas se sustentan, además, en los siguientes artículos de la Ley 142 de 1994:

- Artículo 73 numeral 73. 11. “FUNCIONES Y FACULTADES GENERALES. Las comisiones de regulación tienen la función de regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos, cuando la competencia no sea, de hecho, posible; y, en los demás casos, la de promover la competencia entre quienes presten servicios públicos, para que las operaciones de los monopolistas o de los competidores sean económicamente eficientes, no impliquen abuso de la posición dominante, y produzcan servicios de calidad. Para ello tendrán las siguientes funciones y facultades especiales:

73.11 Establecer fórmulas para la fijación de las tarifas de los servicios públicos cuando ello corresponda según lo previsto en el artículo 88; y señalar cuándo hay suficiente competencia como para que la fijación de las tarifas sea libre”.

- Artículo 86, numeral 86.4. Establece que el régimen tarifario está compuesto por “Las reglas relativas a procedimientos, metodologías, fórmulas, estructuras, estratos, facturación, opciones, valores y, en general, todos los aspectos que determinan el cobro de las tarifas”.
- Artículo 87. “CRITERIOS PARA DEFINIR EL RÉGIMEN TARIFARIO. El régimen tarifario estará orientado por los criterios de eficiencia económica, neutralidad, solidaridad, redistribución, suficiencia financiera, simplicidad y transparencia.

87.4. Por suficiencia financiera se entiende que las fórmulas de tarifas garantizarán la recuperación de los costos y gastos propios de operación, incluyendo la expansión, la reposición y el mantenimiento; permitirán remunerar el patrimonio de los accionistas en la misma forma en la que lo habría remunerado una empresa eficiente en un sector de riesgo comparable; y permitirán utilizar las tecnologías y sistemas administrativos que garanticen la mejor calidad, continuidad y seguridad a sus usuarios”<sup>1</sup>.

- Artículo 88. Régimen de regulación. “Al fijar sus tarifas, las empresas de servicios públicos se someterán al régimen de regulación, el cual podrá incluir las modalidades de libertad regulada vigilada, o un régimen de libertad, de acuerdo con las siguientes reglas:

88.1. Las empresas deberán ceñirse a las fórmulas que defina periódicamente la respectiva comisión para fijar sus tarifas, salvo en los casos excepcionales que se enumeran adelante. De acuerdo con los estudios de costos, la comisión reguladora podrá establecer topes máximos y mínimos tarifarios, de obligatorio cumplimiento por parte de las empresas; igualmente, podrá definir las metodologías para determinación de tarifas si conviene en aplicar el régimen de libertad regulada o vigilada”.

- Artículo 92. Restricciones al criterio de recuperación de costos y gastos de operación. “En las fórmulas de tarifas las comisiones de regulación garantizarán a los usuarios a lo largo del tiempo los beneficios de la reducción promedio de costos en las empresas que prestan el servicio y, al mismo tiempo, darán incentivos a las

<sup>1</sup> Sobre la constitucionalidad de este numeral, particularmente frente a la expresión “expansión”, ver la Sentencia de la H. Corte Constitucional, C-150 del 25 de febrero de 2003, M.P. Manuel José Cepeda Espinosa.

empresas para ser más eficientes que el promedio, y para apropiarse los beneficios de la mayor eficiencia.

Con ese propósito, al definir en las fórmulas los costos y gastos típicos de operación de las empresas de servicios públicos, las comisiones utilizarán no solo la información propia de la empresa, sino la de otras empresas que operen en condiciones similares, pero que sean más eficientes.

También podrán las comisiones, con el mismo propósito, corregir en las fórmulas los índices de precios aplicables a los costos y gastos de la empresa con un factor que mida los aumentos de productividad que se esperan en ella, y permitir que la fórmula distribuya entre la empresa y el usuario los beneficios de tales aumentos”.

De acuerdo con los fundamentos jurídicos arriba expuestos, la CRA tiene la competencia para definir las fórmulas tarifarias a las cuales se deben someter las empresas de servicios públicos al momento de fijar las tarifas.

Dentro de los criterios que orientan el régimen tarifario se encuentra el de suficiencia financiera, el cual se garantiza, entre otros mecanismos, con la actualización de las tarifas.

De otra parte, tal fijación de tarifas se realiza de acuerdo con lo establecido en el artículo 1º de la Resolución CRA 271 de 2003, el cual modifica el artículo 1.2.1.1 de la Resolución CRA 151 de 2001. En tal sentido, quien define las tarifas es la entidad tarifaria local. Veamos:

“Entidad tarifaria local. Es la persona natural o jurídica que tiene la facultad de definir las tarifas de los servicios de acueducto, alcantarillado y/o aseo, a cobrar en un municipio para su mercado de usuarios”.

De acuerdo con lo previsto en el inciso anterior, son entidades tarifarias locales:

- a) El alcalde municipal, cuando sea el municipio el que preste directamente el servicio, o la Junta a que hace referencia el inciso 6º del artículo 624 de la Ley 142 de 1994;
- b) La junta directiva de la persona prestadora, o quien haga sus veces, de conformidad con lo establecido en sus estatutos o reglamentos internos, cuando el responsable de la prestación del servicio sea alguno de los prestadores señalados en el artículo 1525 de la Ley 142 de 1994.

En ningún caso, el concejo municipal es entidad tarifaria local, y por lo tanto, no puede definir tarifas.”<sup>2</sup>

Así las cosas, cuandoquiera que el responsable de la prestación del servicio sea alguno de los prestadores señalados en el artículo 15 de la Ley 142 de 1994, será la Junta Directiva o quien haga sus veces quien deberá, en su calidad de entidad tarifaria local, fijar las tarifas que le garanticen suficiencia financiera al prestador, para lo cual deben considerar el impacto negativo que podría causarle la decisión de no actualizar dichas tarifas que, como se sabe, reflejan la recuperación de los costos y gastos propios de la operación, incluyendo la expansión, la reposición y mantenimiento; permiten la remuneración del patrimonio de los accionistas; y prevén la posibilidad de utilizar tecnologías y sistemas administrativos que garanticen la mejor calidad, continuidad y seguridad a sus usuarios<sup>3</sup>.

En este contexto, vale la pena tener presente las previsiones contenidas en el Código de Comercio relacionadas con la responsabilidad de los administradores de las sociedades, incluidas las juntas directivas o quien(es) haga(n) sus veces, en los siguientes términos:

<sup>2</sup> Sobre el alcance del concepto de entidad tarifaria local ver la Circular CRA 008 del 29 de noviembre de 2006.

<sup>3</sup> Cfr. Artículo 87, numeral 87.4 de la Ley 142 de 1994.

“ARTÍCULO 200. RESPONSABILIDAD DE ADMINISTRADORES. Subrogado por el artículo 24 de la Ley 222 de 1995: Los administradores responderán solidaria e ilimitadamente de los perjuicios que por dolo o culpa ocasionen a la sociedad, a los socios o a terceros.

No estarán sujetos a dicha responsabilidad, quienes no hayan tenido conocimiento de la acción u omisión o hayan votado en contra, siempre y cuando no la ejecuten.

En los casos de incumplimiento o extralimitación de sus funciones, violación de la ley o de los estatutos, se presumirá la culpa del administrador.

De igual manera se presumirá la culpa cuando los administradores hayan propuesto o ejecutado la decisión sobre distribución de utilidades en contravención a lo prescrito en el artículo 151 del Código de Comercio y demás normas sobre la materia. En estos casos el administrador responderá por las sumas dejadas de repartir o distribuidas en exceso y por los perjuicios a que haya lugar.

Si el administrador es persona jurídica, la responsabilidad respectiva será de ella y de quien actúe como su representante legal.

Se tendrán por no escritas las cláusulas del contrato social que tiendan a absolver a los administradores de las responsabilidades antedichas o a limitarlas al importe de las cauciones que hayan prestado para ejercer sus cargos” (subrayado fuera de texto).

En relación con la responsabilidad descrita, la Ley 142 de 1994 también contiene previsiones aplicables a la materia. En efecto, el artículo 94 del Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios dispone que “De acuerdo con los principios de eficiencia y suficiencia financiera, y dada la necesidad de lograr un adecuado equilibrio entre ellos, no se permitirán alzas destinadas a recuperar pérdidas patrimoniales. La recuperación patrimonial

deberá hacerse, exclusivamente, con nuevos aportes de capital de los socios, o con cargo a las reservas de la empresa o a sus nuevas utilidades”.

A su turno, para aquellos casos en los que el municipio preste directamente alguno de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico, en los términos del artículo 6º de la Ley 142 de 1994, son los alcaldes municipales quienes en forma exclusiva actúan como entidad tarifaria local y, por tanto, son directamente responsables por garantizar que las tarifas sean actualizadas conforme a la legislación y regulación vigente.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. ESTUDIO SOBRE UN ÍNDICE DE ACTUALIZACIÓN PARTICULAR REALIZADO EN EL 2001

Dentro del cumplimiento de sus funciones regulatorias, la CRA realizó en el año 2001 un estudio, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), denominado “Metodología para el Cálculo de un Índice de Precios en Acueducto y Alcantarillado”.

Dicho estudio tiene por objetivos<sup>4</sup>:

- Diseñar y estimar un índice de costos particular de operación, administración, mantenimiento e inversión para los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia.
- Determinar cada componente de la canasta de insumos relacionados con la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, así como sus respectivos precios relativos.

<sup>4</sup> Documento de trabajo CRA “Otros Índices” del 26 de octubre de 2007.

- Plantear un modelo de almacenamiento de información y estimación periódica del índice particular del sector.
- Determinar las fuentes de los datos que a utilizar en el modelo propuesto, la frecuencia y pasos a seguir para la actualización del mismo y la cobertura.

Para estimar el índice particular, se decidió adoptar la metodología de cálculo utilizada para estimar el Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP), publicado por el Departamento Nacional de Estadística (DANE). Como primer paso en el proceso de diseño del indicador propuesto para el sector, se identificaron los rubros con mayor participación en los costos totales, con el objetivo de asociar aquellos que por motivos técnicos se comportan de forma similar. Posteriormente, se estimaron índices de precios simples para las agrupaciones de rubros con mayor participación en los costos, los cuales, a su vez, servirían como insumo para estimar el índice global de los costos de administración, operación, mantenimiento e inversión de acueducto y alcantarillado. El índice global propuesto en el estudio adelantado por la CRA en 2001 equivale a la media ponderada de los índices simples, utilizando los pesos derivados de la estructura de costos.

En el cálculo del índice particular se establecieron dos grandes componentes: i) gastos

de administración, operación y mantenimiento (AOM) y ii) gastos en inversión.

- Gastos AOM: Para la elaboración de un Plan Único de Insumos, se estimó la participación de los nueve componentes de los costos de administración y de los siete componentes de los costos de operación y mantenimiento en sus respectivos costos totales, para los servicios de acueducto y alcantarillado, se analizaron los componentes del total de costos Administración Operación y Mantenimiento (AOM) por servicio y se estimaron las ponderaciones definitivas para los rubros considerados como “representativos” de dichos costos.
- Gastos Inversión: Se dividieron los sistemas de acueducto y alcantarillado en actividades: i) captación y tratamiento, ii) distribución, iii) recolección iv) tratamiento y disposición. Para obtener un Índice de Costos General de Inversión se realizó una suma ponderada de los Índices de cada uno de los procesos industriales mencionados, donde cada ponderador equivale a la participación de una lista de activos en las diferentes actividades.

En los cuadros 1 y 2 presentan las ponderaciones e índices obtenidos para los componentes de inversión y administración, operación y mantenimiento.

**Cuadro 1.- Índice de Precios Inversión**

Ciudad	Captación y Tratamiento	Distribución	Recolección	Tratamiento y Disposición	Índice total Construcción
Total Barranquilla	0	0	0.036	0	0.036
Total Bogotá	0.11	0.146	0.122	0	0.377
Total Bucaramanga	0.021	0.018	0.023	0.012	0.075
Total Cali	0.098	0.085	0	0	0.183
Total Manizales	0.009	0.006	0.012	0	0.026
Total Medellín	0.059	0.066	0.083	0	0.208
Total Pereira	0.023	0.046	0.045	0	0.113
Total	0.32	0.366	0.321	0.012	1.019

Fuente: CRA, 2001.

**Cuadro 2.- Índice de Precios AOM: Total Acueducto y Alcantarillado por Ciudades**

Ciudad	Adm.	Oper. y Mant.	Adm.	Oper. y Mant.	Índice Total
	Acueducto	Acueducto	Alc.	Alc.	AOM
Total Barranquilla	0.169	0.574	0.084	0.072	0.898
Total Bogotá	0.428	0.379	0.17	0.115	1.092
Total Bucaramanga	0.391	0.558	0.058	0.091	1.097
Total Cali	0.28	0.428	0.179	0.188	1.076
Total Manizales	0.5	0.276	0.195	0.099	1.07
Total Medellín	0.435	0.459	0.094	0.083	1.071
Total Montería	0.201	0.721	0.05	0.093	1.066
Total Pereira	0.217	0.483	0.133	0.237	1.07
Total Popayán	0.412	0.368	0.162	0.141	1.083
Total Tuluá	0.426	0.334	0.193	0.111	1.064
Total Valledupar	0.456	0.425	0.127	0.064	1.073

Fuente: CRA, 2001.

A pesar de la pertinencia de los índices estimados, no resultó viable su implementación, ya que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) no tiene como función recolectar y certificar la información estadística que generan las empresas del sector, la cual se constituiría en el insumo principal del índice de precios específico para los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.

Cabe señalar que el desarrollo del ejercicio expuesto contribuyó de manera significativa a identificar los rubros o ítems específicos con mayor participación en los costos de administración, operación, mantenimiento e inversiones, así como a conocer los proyectos “característicos” por actividad, que se desarrollan normalmente bajo la clasificación de inversiones.

### 3.2. COMPARACIÓN INTERNACIONAL DE MÉTODOS DE INDEXACIÓN<sup>5</sup>

A nivel internacional, específicamente en América Latina, los países consideran diferentes mecanismos e índices para mantener el valor real de las tarifas de los servicios de acueducto y alcantarillado. En el cuadro tres, se presentan los métodos de indexación de tarifas que han adoptado algunos países de la región, de acuerdo con la información reportada por ADERASA en el informe del 2005 “Las Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en América Latina”.

<sup>5</sup> Documento de trabajo CRA “Otros Índices” del 26 de octubre de 2007.

**Cuadro 3.- Mecanismos de Indexación de Tarifas – Países de América Latina**

	¿Existe indexación de tarifas?	¿Con base en qué índice de costos?	¿Existe un umbral para ajuste tarifario?	¿Cuál es el proceso de ajuste tarifario?
Bolivia	Sí	Polinomio (IPC EE.UU.)	Ninguno	Con autorización (Automáticamente)
Brasil				
• Ceará	Sí (parcial)	IPM	No	Con autorización
• Pernambuco	No	n/a	–	–
• Sao Paulo	Sí	Polinomio	Ninguno	–
Chile	Sí	Polinomio	3%	Automáticamente
Colombia	Sí	IPC	3%	Automáticamente
Costa Rica	No	n/a	–	–
Ecuador	Sí	IPC	–	–
Nicaragua	Sí	Polinomio	10%	Automáticamente
Panamá	No	n/a	–	–
Paraguay	Sí	Polinomio	3%	Automáticamente
Perú	Sí	IPM	3%	Con autorización
Uruguay (Punta del Este)	Sí	IPC	10% (Ninguno)	Con autorización (Automáticamente)

Fuente: ADERASA 2005 (SF)

Cabe señalar que, en una revisión de los mecanismos de indexación utilizados en los países del cuadro anterior, se encontró que se han dado las siguientes modificaciones:

- La empresa de servicios sanitarios de Paraguay (ESSAP), prestador de carácter público más grande del país, tiene congeladas sus tarifas para el servicio de acueducto y alcantarillado.
- Desde el término de la vigencia del contrato de concesión de Aguas de Illimani en La Paz (Bolivia), se eliminó cualquier referencia al IPC de Estados Unidos. Actualmente se realiza la actualización con base en el índice “Unidad de Fomento de la Vivienda” (UFV), el cual es estimado con base en las

variaciones del IPC publicadas por el Banco Central de Bolivia.

- En Ecuador sólo se aplican indexaciones en el caso de la concesión de Guayaquil, ya que las tarifas están expresadas en dólares.

De la revisión realizada, se infiere que existe un importante grado de heterogeneidad en los métodos de actualización de tarifas, los cuales se definen por criterios como las características del esquema de regulación adoptado, las condiciones de la economía, la naturaleza jurídica del prestador, las políticas del sector nacionales o regionales, entre otros. Algunos países utilizan el Índice de Precios al Consumidor (IPC) como parámetro para indexar las tarifas, mientras que en otros



casos se aplica un polinomio compuesto por otros índices. Por lo tanto, independiente de las recientes modificaciones a los métodos de actualización, se considera que el uso del IPC está dentro de las prácticas comunes en el sector de servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.

Adicionalmente, cabe anotar que en ningún caso la autoridad regulatoria estima un índice de precios particular para acueducto y alcantarillado; más aún, en los países analizados la indexación se realiza por medio de índices ya generados por la autoridad competente (ya sea por el Instituto Nacional de Estadística o por el Banco Central).

#### 4. ANÁLISIS DE INDEXACIÓN CON IPC FRENTE A LA EVOLUCIÓN DE COSTOS DE MUESTRA DE PRESTADORES (DATOS SUI)

##### 4.1. METODOLOGÍA

Como primer paso para evaluar la pertinencia de utilizar el IPC para la actualización de tarifas de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, se compara la evolución de los costos medios de una muestra representativa de empresas del sector con la evolución del IPC, con el fin de establecer si existen diferencias significativas en el comportamiento de estas dos variables. El mencionado contraste se lleva a cabo de dos formas:

Variación porcentual IPC vs. Variaciones porcentuales de índice de costos reales: El primer tipo de análisis consiste en una comparación de las variaciones porcentuales anuales del índice IPC y el índice de costos reales, durante el periodo 2003-2008, para cada uno de los grupos de costos del CMA, CMOc y CMOp.

Costo Medio actualizado con IPC vs. Costo medio real: Posteriormente, se compara el costo medio del año base (2003) actualizado

por IPC, con la evolución real de los costos medios entre 2003 y 2008, para cada uno de los grupos de costos del CMA, CMOc y CMOp.

Cabe señalar que con los dos ejercicios mencionados se busca determinar la tendencia de las diferencias existentes entre los costos reales y los costos actualizados por IPC. Se hace énfasis en la imposibilidad de calcular un monto exacto para las diferencias entre la variación de precios reales que enfrenta un prestador y la variación de los costos derivados de la actualización con IPC, ya que estas pueden ser explicadas por otros factores distintos a las variaciones reales de precios, como la variación en eficiencia, por ejemplo.

Índice de Costos:

La literatura académica recomienda el uso del índice de Laspayres como metodología para estimar índices de precios o costos, ya que este asigna un peso proporcional a la participación de cada ítem de la canasta de bienes y además permite diferenciar si las variaciones en el mismo son originadas por cambios en los precios o en las cantidades<sup>6</sup>.

A pesar de la idoneidad de la metodología mencionada en la estimación de un índice de precios, para el presente análisis no es posible aplicar dicha fórmula, ya que en el plan único de cuentas (PUC) los costos están expresados de forma agregada ( $\text{Costos} = p_0 (\text{precio}) * q_0 (\text{cantidad})$ ) y no se cuenta con fuentes de información de precios y/o cantidades expresados de manera independiente. Básicamente, el único mecanismo para obtener la información desagregada de "p" y "q" para cada uno de los rubros incluidos en los costos de prestación del servicio consiste en la realización de una

<sup>6</sup> Lora, Eduardo. Técnicas de Medición Económica, Metodología y Aplicaciones en Colombia. Tercer Mundo Editores, Bogotá. 1994.



encuesta a una muestra representativa de prestadores, lo cual está fuera del alcance de este estudio.

Por lo tanto, de acuerdo a la información con la que se cuenta se estimará el índice de precios, utilizando la fórmula de un índice simple, cuya expresión genérica es la siguiente:

$$I_s = \frac{\text{Precio año considerado}}{\text{Precio año Base}} \quad (3)$$

La principal desventaja de este mecanismo consiste en que asigna igual ponderación a todos los ítems o subíndices que componen la canasta con base a la cual se pretende estimar el índice único y dificulta la comparación de precios o valores expresados en unidades distintas. Adicionalmente, el índice simple no permite conocer con exactitud si las variaciones son originadas por cambios en los precios o en las cantidades.

Para reducir el impacto de las mencionadas desventajas, para cada componente de costos definido en la Resolución CRA 287 de 2004, se crearon grupos de costos en los cuales se asociaron las cuentas PUC con características similares. De esta forma, se espera que la va-

riación del total en la canasta o grupo de ítems de costos no difiera de mucho de la variación de cada cuenta de forma individual.

Adicionalmente, con el fin de facilitar el manejo de las cifras y homogeneizar las unidades en que están expresadas, los valores de todas las cuentas del PUC se presentan como costos medios. Específicamente, las cuentas relacionadas con los costos administrativos se expresan en pesos por usuario, mientras que las incluidas en los costos operativos se presentan en pesos por metro cúbico.

La fórmula aplicada para estimar cada uno de los índices simples de costos es la siguiente:

$$I_s = \frac{\text{Costo Medio}_{\text{año } 2004-2008}}{\text{Costo Medio}_{\text{año } 2003}} \quad (4)$$

Por otra parte, los subgrupos definidos para cada uno de los componentes de costos,

de acuerdo con la metodología tarifaria vigente, son los siguientes:

**Cuadro 4.- Subgrupos de Costos Definidos**

COSTOS MEDIOS DE ADMINISTRACIÓN
Gastos de personal administrativo
Gastos generales administrativos
Comisiones, honorarios y servicios
Suministro, Medios Impresos, Comunicaciones
Gastos planta y equipo
Servicios Públicos
Otros gastos generales
CA
ICTA
CA + ICTA

<b>COSTOS MEDIOS DE OPERACIÓN COMPARABLES</b>
Gastos de personal operativo
Gastos generales operativos
Depreciaciones
Arrendamientos
Contratos de mantenimiento y reparaciones
Servicios Públicos
Materiales y otros costos
Seguros
Contratos por otros servicios
CO
<b>COSTOS MEDIOS DE OPERACIÓN PARTICULARES</b>
Productos Químicos 753701
Energía 753704
ACPM, <i>fuel oil</i>
Otros insumos directos
Compra de agua en bloque
CMOp sin ITO
CO + CMOp sin ITO
ITO
CMOp + ITO

Fuente: CRA

Tomando como referencia la metodología y grupos definidos en la consultoría sobre índice de precios para el sector realizada en 2001, se definió cada uno de los grupos que componen los costos administrativos y operativos. Específicamente, se estimó la participación de cada uno de los rubros del PUC, se asociaron aquellos ítems de naturaleza similar y, finalmente, se tomaron los grupos con mayor participación en el total de costos. En el anexo 1, se presentan las cuentas con mayor participación en cada tipo de costos.

Cabe señalar que, a pesar de que en los costos medios de operación particulares se incluye el rubro “compra de agua en bloque”, se decidió excluirlo del análisis por el bajo nivel de representatividad en la muestra de empresas y el alto nivel de distorsión que genera en los índices.

En relación con los costos medios de inversión, no es posible estimar un índice simple que capture la variación anual de los costos reales, ya que la metodología vigente estima parte del CMI como una proyección de inversiones y no se toma como referencia la contabilidad de la empresa para determinar los montos para reconocer vía tarifa.

Una vez definidos los grupos por tipo de costos, se procede a generar una muestra representativa de empresas, cuyo PUC para cada uno de los años del periodo 2003-2008, servirá como insumo para la estimación del índice simple de costos. Inicialmente, se tomó una muestra de 112 prestadores con más de 2.500 suscriptores, la cual una vez depurada de aquellas con información incompleta o errores significativos de reporte, descendió a 46 (27 empresas con menos de 25.000 suscriptores y 19 con más de 25.000 suscriptores).

Acto seguido, se obtuvieron del SUI los valores de las cuentas permitidas a incluir en los costos de administración y operación de acuerdo la metodología de costos vigente, para las 46 empresas de la muestra y cada uno de los años del periodo 2003–2008. Con base en esta información, se estimó el costo medio para cada una de las cuentas y grupos de costos, dividiendo el valor total por el correspondiente número de suscriptores –en el caso de los costos administrativos– o por los metros cúbicos anuales producidos para los costos operativos.

Tomando como insumo los costos medios de cada empresa, para cada año se estimó un valor único, por cuenta y grupo de costos, igual al promedio ponderado del total de las 46 empresas de la muestra; el ponderador equivale a los metros cúbicos producidos o número de suscriptores, según el tipo de costo.

## 4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### a) CARGO FIJO

Los índices estimados para cada grupo de costos de CMA son los siguientes:

**Cuadro 5.- Índice de Costos Medios Administrativos vs. IPC**

SUBGRUPOS DE CUENTAS	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>IPC base 2003</b>	<b>1.0000</b>	<b>1.1009</b>	<b>1.1541</b>	<b>1.1995</b>	<b>1.2719</b>	<b>1.3633</b>
Gastos de personal administrativo	1.0000	1.1452	1.1345	1.1843	1.2865	1.5031
Gastos generales administrativos	1.0000	1.2030	1.0824	0.9066	0.9904	1.0399
Comisiones, honorarios y servicios	1.0000	0.6904	0.8645	0.5467	0.7824	0.8116
Suministro, Medios Impresos, Comunicaciones	1.0000	0.8144	0.8317	0.8565	1.0111	1.0714
Gastos planta y equipo	1.0000	1.1538	1.2656	1.1282	1.1890	1.3884
Servicios Públicos	1.0000	1.4477	1.3755	1.1540	1.0426	1.1259
Otros gastos generales	1.0000	1.6755	1.6479	0.7157	1.4905	1.3660
CMA	1.0000	1.1097	1.1201	1.0392	1.1807	1.3331
ICTA	1.0000	1.0096	0.9838	0.8470	0.7416	0.7452
CMA + ICTA	1.0000	1.0949	1.0999	1.0108	1.1157	1.2461

Fuente: CRA – SUI

Al analizar la diferencia entre la variación porcentual del índice IPC y la variación porcentual del índice de costos reales (tomando como base los datos de 2003), a nivel de grupo de costos, se destaca la desigualdad por encima del IPC de los rubros otros gastos generales, gastos de personal administrativo, servicios públicos y gastos de planta y equipo. El impacto de cada uno de estos grupos de costos depende de su participación en el total del CMA, la cual asciende a 4%, 52%, 2% y 6%\*, respectivamente,

para el año base. Los grupos restantes que conforman los costos administrativos presentan aumentos porcentuales por debajo del IPC.

Específicamente, llaman la atención la alta variación del rubro “otros gastos” y la variación de los “gastos de personal administrativo” durante el periodo analizado. Sin embargo, el impacto en el índice total de la variación de otros gastos no resulta importante, ya que la mayor participación la presentan los rubros de gastos en personal administrativo (por encima del 50% durante la totalidad del periodo) y el

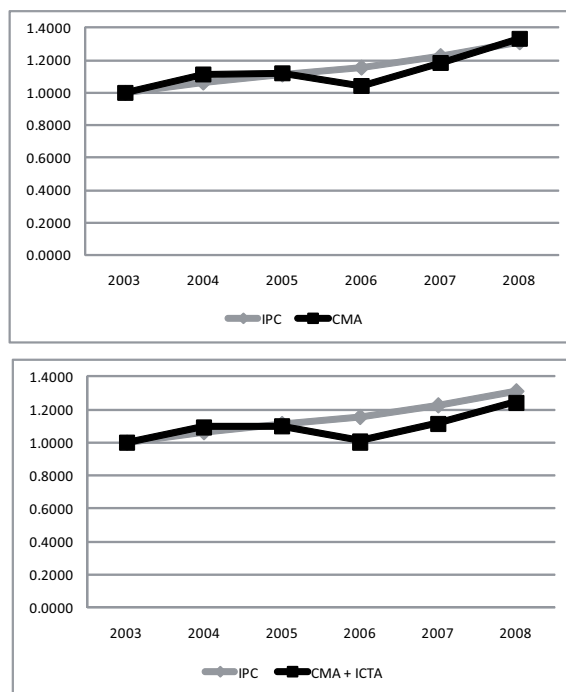
\* ver anexo 1.

componente ICTA (igual o mayor al 10% del total de costos)<sup>7</sup>.

El componente ICTA tiene un peso considerable en la tendencia general del índice de costos durante todo el periodo; mientras que los costos de administración sin incluirlo (CMA) presentan un aumento sostenido, excepto para el 2006, con respecto al año de referencia, al incluir el ICTA en los costos administrativos, el nivel del incremento disminuye considerablemente. En el mismo sentido,

se encuentra que el índice de variación para el CMA sin ICTA asciende durante el 2008 a 1.3331, mientras que el CMA con ICTA para el mismo año equivale a 1.2461. La reducción constante del ICTA, que a su vez reduce el incremento del CMA, se explica en parte por la disminución, entre 2006 y 2008, de los valores en pesos por suscriptor reportados en las cuentas “534508 Software”, “512004 Contribución a las Superintendencias” y “512005 Contribución a las comisiones”.

**Gráfico 1.- Índice IPC vs. Índice PUC (Base 2003)**



Fuente: CRA – SUI

En términos generales, como se puede observar en el gráfico anterior, los costos medios administrativos evolucionan de manera similar a la variación del IPC. Se destaca la caída del índice de costos del CMA en el 2006, la cual se origina a su vez por la disminución

en los rubros gastos generales administrativos (25%), comisiones, honorarios y servicios (5%), otros gastos generales (57%) e ICTA (16%).

El siguiente paso en el análisis consiste en cuantificar las diferencias en pesos por suscriptor asociadas a la utilización del índice de costos o del IPC para el periodo 2003-2008, lo cual se realiza mediante la comparación de la

<sup>7</sup> Ver porcentajes de participación en el anexo 1.

evolución de los costos medios de administración anuales actualizados por IPC y los costos medios anuales actualizados con el índice de costos estimado a partir de los planes de cuentas. Los valores por rubro con signo negativo resultantes de la diferencia mencionada indican la magnitud en la que los costos reales están por encima del IPC, mientras que aquellos

con signo positivo señalan el monto en el que los costos resultan inferiores. Adicionalmente, con el fin de conocer el efecto de las diferencias anuales para todo el periodo analizado, se agregó la columna "Total Dif.", la cual es igual a la sumatoria de todas las diferencias anuales por rubro entre 2003 y 2008.

**Cuadro 6.- Valor Diferencia Anual y Total CMA con IPC y CMA real<sup>8</sup> (\$/Usu)**

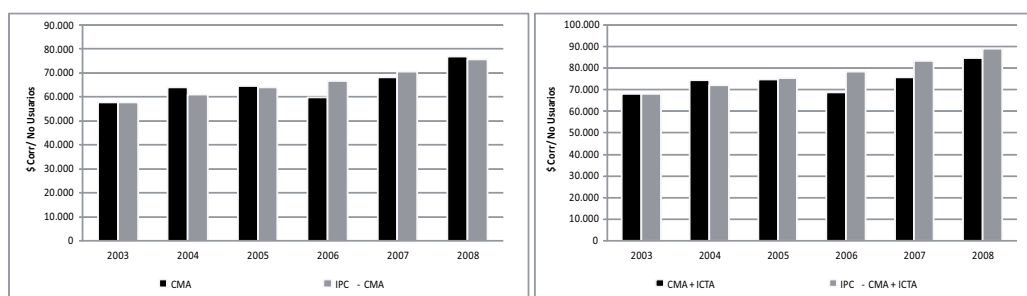
	DIFERENCIA CMA (IPC) Y (CMA (PUC)						Total Dif.
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Gastos de personal administrativo	0.00	-2,973.60	-793.20	-1,008.61	-2,147.38	-6,671.90	-13,594.70
Gastos generales administrativos	0.00	-754.68	156.43	1,320.66	1,246.50	1,450.81	3,419.72
Comisiones, honorarios y servicios	0.00	2,782.20	1,859.15	4,575.80	3,328.96	3,771.10	16,317.22
Suministro, Medios Impresos, Comunicaciones	0.00	510.93	581.23	620.58	444.52	502.11	2,659.37
Gastos planta y equipo	0.00	-362.67	-598.43	106.89	142.06	-291.95	-1,004.10
Servicios Públicos	0.00	-489.66	-333.48	2.15	231.25	237.22	-352.52
Otros Gastos Generales	0.00	-1,544.24	-1,346.12	1,104.96	-665.74	-131.86	-2,583.00
CMA	0.00	-2,831.72	-474.43	6,722.44	2,580.17	-1,134.47	4,861.99
ICTA	0.00	512.25	1,286.06	3,097.89	4,855.77	5,702.73	15,454.70
CMA + ICTA	0.00	-2,319.47	811.63	9,820.33	7,435.94	4,568.26	20,316.69

Fuente: CRA – SUI

Al observar la sumatoria de las diferencias para el total del periodo, se destaca la magnitud por encima del IPC de los gastos de perso-

nal administrativo y otros gastos, cuyo efecto es anulado por el monto por debajo del IPC de comisiones, honorarios y servicios.

**Gráfico 2.- Valor CMA IPC vs. Valor CMA real (Base 2003 – Pesos Corrientes)**



Fuente: CRA – SUI

Específicamente, el CMA se encuentra 4.861 \$/usuario por debajo del costo del IPC (1.24% de la sumatoria del CMA 2003-2008) y el CMA + ICTA 20.316 \$/usuario (4.56% de

<sup>8</sup> El CMA está expresado en términos anuales, de forma tal que para conocer el CMA mensual promedio sería necesario dividir esta cifra por 12.

la sumatoria del CMA 2003-2008); eso indica que en términos generales, los costos de los prestadores durante el periodo analizado están más que cubiertos, con las actualizaciones por IPC.

#### b) CMOc

Los índices de costos simples estimados para los componentes del costo medio de operación comparables se presentan a continuación:

**Cuadro 7.- Índice de Costos Medios de Operación Comparables vs. IPC**

SUBGRUPOS DE CUENTAS	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>IPC base 2003</b>	<b>1.0000</b>	<b>1.1009</b>	<b>1.1541</b>	<b>1.1995</b>	<b>1.2719</b>	<b>1.3633</b>
Gastos de personal operativo	1.0000	1.0044	1.0394	1.1113	1.3591	1.4809
Gastos generales operativos	1.0000	0.7259	0.8530	1.0370	1.1775	1.0456
Depreciaciones	1.0000	0.8990	0.9827	0.9665	1.1135	1.3296
Arrendamientos	1.0000	0.9607	1.0422	0.6864	0.8783	1.1917
Contratos de mantenimiento y reparaciones	1.0000	1.0241	1.5690	1.6840	2.1968	2.5858
Servicios Públicos	1.0000	0.9231	0.6901	0.6612	0.7463	0.7282
Materiales y otros costos	1.0000	0.9108	1.1662	1.6139	1.6235	1.7946
Seguros	1.0000	0.8007	0.6516	0.5095	0.5016	0.4919
Contratos por otros servicios	1.0000	1.2652	1.5181	1.6451	2.0823	1.9643
<b>CMOc</b>	<b>1.0000</b>	<b>0.9999</b>	<b>1.1201</b>	<b>1.1894</b>	<b>1.4408</b>	<b>1.5340</b>

Fuente: CRA – SUI

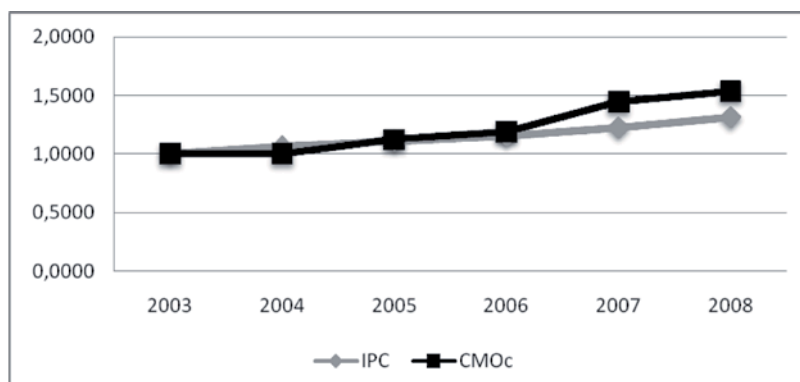
En relación con los costos de operación comparables, los rubros de mayor variación porcentual sostenida durante el periodo corresponden a: i) contratos de mantenimiento y reparaciones, ii) contratos por otros servicios, iii) materiales y otros costos y iv) gastos de personal operativo. En este caso, dicha variación sí incide de manera considerable en el índice general de precios del CMOc, ya que la participación de cada uno de estos grupos de costos se mantuvo por encima del 11%, 17%, 6% y 37%, respectivamente (72% en total).

En particular, los costos de contratos de mantenimientos y reparaciones presentan una alta variación en el 2007 y 2008, explicada por el incremento en las cuentas 724002 – Mantenimiento de maquinaria y equipo (participación superior al 6%), 754007 – mantenimiento

de redes y ductos (participación superior al 32%) y 754014 – reparación de líneas, redes y ductos (participación superior al 17%).

De forma paralela, el rubro contratos por otros servicios tuvo una variación importante por encima del IPC, generada por el aumento en las cuentas 757090 – Otros Contratos (participación superior al 82%), 757003 – Casino y cafetería (participación superior al 1%) y 757002 – Vigilancia y Seguridad (participación superior al 11%).

Para los rubros restantes del costo medio de operación de costos comparable, predominan diferencias porcentuales positivas o con valores negativos relativamente bajos; esto implica que para estos subgrupos el índice IPC se mantenga por debajo o muy cercano al índice de costos reales.

**Gráfico 3.- Índice IPC vs. Índice PUC (Base 2003)**

Fuente: CRA – SUI

Como se puede observar en el gráfico anterior, el índice general del CMOc presenta una desviación importante por encima del IPC únicamente durante el 2007 y 2008, la cual asciende en promedio a 12,9%. Este componente no se incluye ningún tipo de impuestos, contribuciones o tasas que influyan de manera significativa en el índice.

Con el fin de estimar el impacto de las variaciones de los índices que se están contrastando, en el siguiente cuadro se presenta la estimación de las diferencias entre el Costo medio actualizado por IPC y el costo medio real, expresadas en pesos por metro cúbico anuales para cada rubro.

**Cuadro 8.- Valor Diferencia Anual y Total CMOc con IPC y CMOc real (\$/m<sup>3</sup>)**

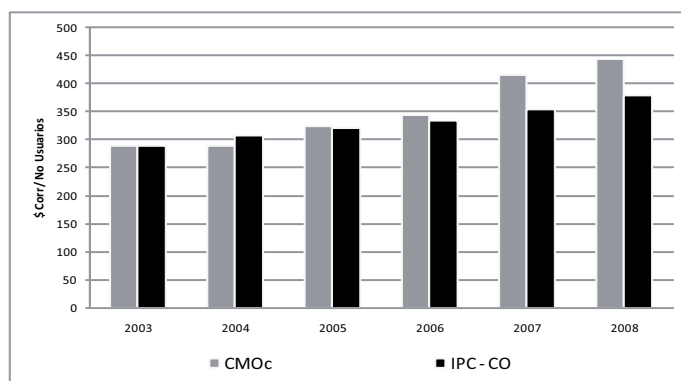
	DIFERENCIA CMOc (IPC) y (CMOc (PUC)						Total Dif.
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Gastos de personal operativo	0,00	6,39	8,23	5,04	-15,18	-19,02	-14,54
Gastos generales operativos	0,00	5,55	4,29	1,97	0,79	4,44	17,05
Depreciaciones	0,00	2,31	1,84	2,70	1,60	-0,23	8,21
Arrendamientos	0,00	1,08	0,75	5,08	3,75	1,32	11,98
Contratos, mantenimiento y reparaciones	0,00	1,14	-14,20	-16,41	-30,17	-39,52	-99,16
Servicios Públicos	0,00	1,63	5,01	5,87	5,69	6,95	25,15
Materiales y otros costos	0,00	2,43	-0,88	-7,42	-6,45	-7,79	-20,11
Seguros	0,00	6,77	12,00	16,84	18,86	21,41	75,88
Contratos por otros servicios	0,00	-9,77	-19,41	-23,39	-40,95	-31,11	-124,64
CMOc	0,00	17,53	-2,37	-9,73	-62,06	-63,55	-120,18

Fuente: CRA – SUI

En términos agregados, el monto en que el CMOc real está por encima de aquel actualizado por IPC asciende a 120.18 \$/m<sup>3</sup> (equivalentes al 5.72% de la sumatoria del CMOc para el periodo analizado). En este sentido,

los rubros que atenúan la diferencia señalada corresponden a seguros 75 \$/m<sup>3</sup>, servicios públicos 25.15 \$/m<sup>3</sup> y gastos generales operativos 17.05.

**Gráfico 4.- Valor CMOc IPC vs. Valor CMOc real (Base 2003 – Pesos Corrientes)**



Fuente: CRA – SUI

Como se presenta en el gráfico anterior, las diferencias entre el CMOc actualizado por IPC y el estimado con base a los costos efectivamente reportados al PUC se mantienen en niveles relativamente bajos, para finalmente aumentar por encima del IPC alrededor de 62.06 \$/m<sup>3</sup> y 63.55 \$/m<sup>3</sup> en 2007 y 2008, respectivamente.

#### c) CMOp

Los índices simples estimados para el costo medio de operación particular y el total de costos medios de operación se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 9.- Valor Diferencia Anual y Total CMOc con IPC y CMOc real (\$/M3)**

SUBGRUPOS DE CUENTAS	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>IPC base 2003</b>	<b>1.0000</b>	<b>1.1009</b>	<b>1.1541</b>	<b>1.1995</b>	<b>1.2719</b>	<b>1.3633</b>
Productos Químicos 753701	1.0000	0.9667	1.1331	1.0494	1.3807	1.5366
Energía 753704	1.0000	1.0037	1.0787	0.9536	1.2313	1.5354
ACPM, fuel oil	1.0000	0.8719	5.0052	3.7999	3.8640	4.0326
753790 - Otros Insumos Directos	1.0000	0.8393	0.9221	0.2393	0.4599	0.5511
CMOp sin ITO	1.0000	0.9720	1.0728	0.8823	1.1658	1.4033
CMOc + CMOp sin ITO	1.0000	0.9950	1.1118	1.1357	1.3926	1.5111
ITO	1.0000	0.6335	0.8071	1.2979	1.0119	1.0078
CMOp + ITO	1.0000	0.9583	1.0620	0.8991	1.1596	1.3873
CMOc + CMOp	1.0000	0.9923	1.1096	1.1369	1.3898	1.5074

Fuente: CRA – SUI

De la tabla anterior se puede inferir que, a pesar de que en términos generales los subgrupos del CMOp presentan variaciones importantes durante el periodo analizado, el

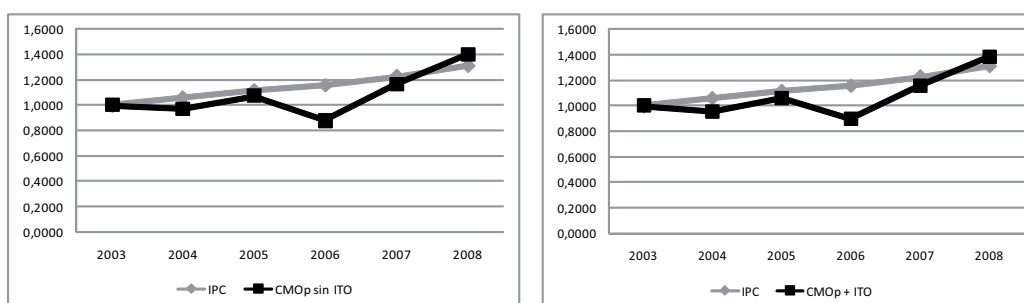
rubro de mayor cambio corresponde a ACPM fuel oil; este no es representativo del total de la muestra, ya que su participación en el total se mantuvo constante (por debajo del 1%).



En particular, llaman la atención los importantes incrementos en todos los componentes del CMOp durante el 2007 y 2008, entre los cuales tienen mayor impacto los costos de energía (participación superior al 58%) e insumos químicos (participación mayor al 24%). Adicionalmente, se destaca la caída del índice CMOp sin incluir ITO en el 2006, originada por la disminución de las cuentas de los costos de energía y otros insumos directos, cuya participación conjunta para este año asciende a 70%.

Cabe recordar, que se excluyó del análisis el rubro compra de agua en bloque, ya que a pesar de que únicamente cuatro de las 46 empresas de la muestra registraban valores para esta cuenta, presentaba una participación del 30% en el CMOp total. La relativamente alta participación, sumada a la sostenida evolución por debajo del IPC de este rubro, generaba una reducción artificial en el índice del CMOp.

**Gráfico 5.- Índice IPC vs. Índice PUC (Base 2003)**



Fuente: CRA – SUI

En términos generales, tal y como se presenta en el gráfico anterior, el CMOp sin ITO e incluyendo ITO, se mantiene por debajo de las variaciones del IPC durante la mayor parte del periodo analizado, excepto para el 2008. En este sentido, se destaca la baja influencia del ITO en los costos medios particu-

lares de operación, la cual se infiere de las reducidas desigualdades entre los dos escenarios analizados.

A continuación se presentan las diferencias expresadas en pesos por metro cúbico entre el CMOp de 2003 actualizado por IPC y el CMOp estimado con base en el PUC.

**Cuadro 10.- Valor Diferencia Anual y Total CMOp con IPC y CMOp real (\$/M3)**

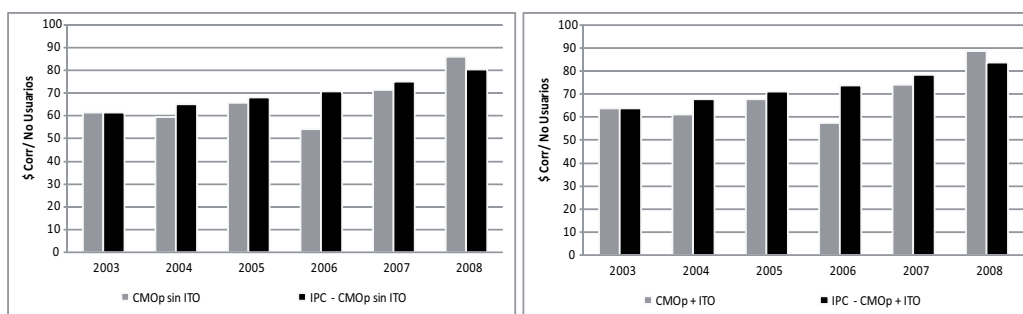
	DIFERENCIA CMOp (IPC) y (CMOp (PUC)						Total Dif.
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Productos Químicos 753701	0,00	1,47	-0,33	1,66	-2,42	-3,48	-3,11
Energía 753704	0,00	2,12	1,24	7,53	-0,22	-8,27	2,40
ACPM, Fuel Oil	0,00	0,00	-0,09	-0,06	-0,06	-0,06	-0,26
753790 - Otros Insumos Directos	0,00	1,83	1,57	7,59	6,34	6,32	23,66
CMOp sin ITO	0,00	5,43	2,39	16,72	3,65	-5,49	22,69
CMOc + CMOp sin ITO	0,00	22,95	0,03	6,99	-58,41	-69,04	-97,49
ITO	0,00	1,10	0,79	-0,37	0,55	0,79	2,86
CMOp + ITO	0,00	6,53	3,18	16,35	4,20	-4,70	25,55
CMOc + CMOp	0,00	24,05	0,81	6,62	-57,87	-68,25	-94,64

Fuente: CRA – SUI

La sumatoria de las diferencias entre 2003 y 2008, expresadas en términos unitarios, para los costos de insumos químicos y ACPM, *fuel oil* ascienden, respectivamente, a 3.1 \$/m<sup>3</sup> y 0.2 \$/m<sup>3</sup> por encima de la variación del IPC (Columna Total Dif). En contraste, las diferencias agregadas de los rubros restantes,

costos de energía, otros insumos directos e ITO son de signo positivo; razón por la cual, al evaluar el efecto agregado se obtiene que el CMOp con y sin ITO, está 25.55 \$/m<sup>3</sup> y 22.69 \$/m<sup>3</sup> por debajo de la variación del IPC, respectivamente.

**Gráfico 6.- Valor CMOp IPC vs. Valor CMOp real (Base 2003 – Pesos Corrientes)**



Fuente: CRA – SUI

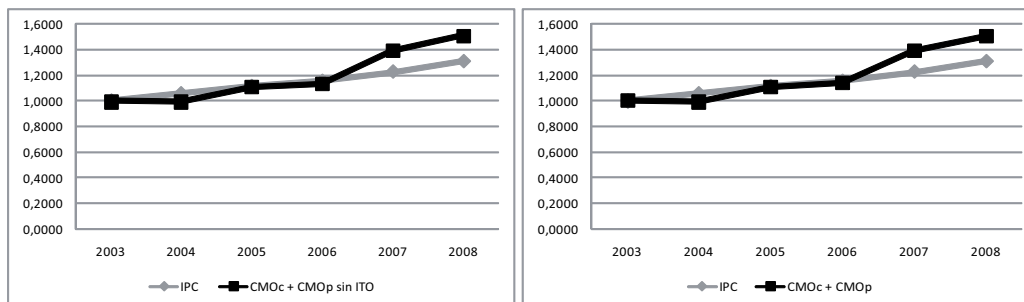
En términos porcentuales, las diferencias agregadas para el CMOp + ITO y CMOp mencionadas, corresponden a 5.5% y 6.08% de la sumatoria de los costos operativos particulares totales entre 2003 y 2008. De tal forma, que no se considera que la actualización de las tarifas por IPC genere divergencias importantes con la evolución de costos a nivel general<sup>9</sup>.

#### d) CMOc + CMOp

Por otra parte, al estimar un índice único para los costos medios de operación comparables y particulares (incluyendo o no ITO), la tendencia general cambia de forma considerable; específicamente, entre 2003 y 2006 el índice mencionado se mantiene muy cercano a las variaciones del IPC, para finalmente igualarlo en 2006 y sobrepasarlo durante 2007 y 2008. El cambio de tendencia es explicado básicamente por los incrementos del índice CMOc durante los últimos dos años del periodo bajo análisis.

<sup>9</sup> Asumiendo comportamiento normal de la economía y las dinámicas del sector.

**Gráfico 7.- Índice IPC CMOc + CMOp vs. Índice PUC CMOc + CMOp (Base 2003)**

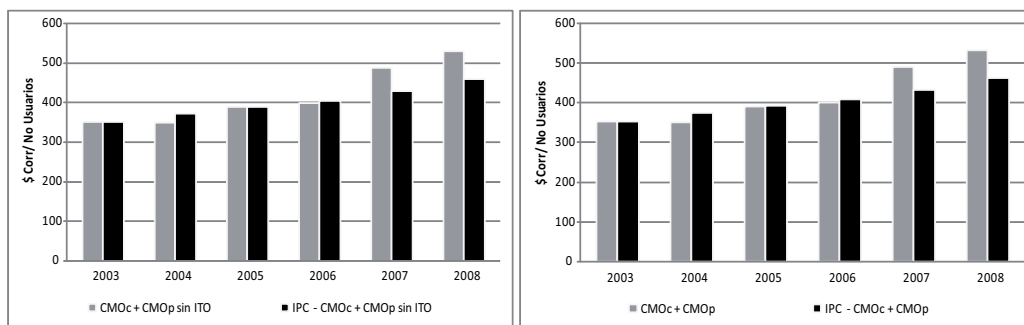


Fuente: CRA – SUI

Como se puede observar en el cuadro diez, la diferencia agregada del CMOc + CMOp (incluyendo ITO) resulta superior a los costos actualizados por IPC en 94.64 \$/m<sup>3</sup>, lo cual equivale al 3.8% de la sumatoria de los costos

operativos para el total del periodo. En este sentido, la diferencia agregada del CMOc por encima del IPC asciende a 120.18 \$/m<sup>3</sup>, mientras que para el CMOp con ITO equivale a 25.55 \$/m<sup>3</sup> por debajo del IPC.

**Gráfico 8.- Valor CMOc + CMOp IPC vs. Valor CMOc + CMOp real (Base 2003 – Pesos Corrientes)**



Fuente: CRA – SUI

El cambio de tendencia entre los costos de operación particulares y los costos operativos totales es explicado por dos factores: i) la importante diferencia agregada, por encima de los costos actualizados por IPC, del CMOc durante el 2007 y 2008 y ii) el cambio en el signo de la serie de diferencias agregadas totales del CMOp durante el 2008.

De forma paralela, al calcular el monto anual de las diferencias agregadas para el car-

go fijo y el cargo variable<sup>10</sup>, se estima que este valor se encuentra un 0.56% por encima de los costos actualizados por IPC, con respecto a la sumatoria de costos totales anuales.

<sup>10</sup> Monto agregado para cada año del periodo analizado, es igual a la multiplicación de la diferencia entre los costos reales y el costo actualizado por IPC del CMA y CMO, por el número de usuarios y metros cúbicos facturados según corresponda.

Finalmente, con base en el análisis realizado, se puede concluir que a pesar de que existen diferencias menores entre la evolución real de costos y los costos actualizados por IPC para algunos rubros<sup>11</sup>, a nivel agregado la disparidad entre la evolución de costos reales para los componentes CMA, CMOc y CMOp y la actualización por IPC es relativamente baja (0.56% de la sumatoria del total de costos).

## 5. ÍNDICE DE ACTUALIZACIÓN COMPUESTO POR ÍNDICES PUBLICADOS POR EL DANE VERSUS IPC

Teniendo en cuenta las limitaciones que presenta para la Comisión de Regulación de Agua Potable la estimación de un índice particular para el sector de acueducto y alcantarillado (como el propuesto en la consultoría realizada en el 2001) y la dificultad de diferenciar las variaciones por precios o eficiencia en el índice simple de costos<sup>12</sup>, en esta sección se busca conocer la pertinencia de la actualización de tarifas por IPC en relación con la evolución de precios expresada mediante índices particulares publicados por el DANE.

Específicamente, se compara si existen diferencias importantes entre el comportamiento del IPC y el comportamiento de un índice compuesto por índices ya existentes, el cual se considera que refleja las variaciones reales de precios (índice teórico de referencia).

### 5.1. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la comparación entre la actualización de tarifas con el índice IPC y un índice teórico de referencia, se estima un índice compuesto para cada tipo de costos definido en la Resolución CRA 287 de 2004, tomando como base aquellos índices que se considera que reflejan mejor la evolución de precios de cada grupo de costos<sup>13</sup> fijado en la sección anterior.

Como criterio de selección de los índices publicados por el DANE para cada grupo de costos, se tendrán en cuenta aquellos recomendados por la consultoría de definición de un índice específico de precios para el sector (desarrollada en el 2001) y el análisis de la pertinencia de índices o subíndices ya existentes.

Posteriormente, con base en los índices seleccionados, se calculará un índice compuesto para el CMA, CMOc, CMOp y CMI aplicando la siguiente fórmula:

$$I_{i,t} = I_{a,t} * P\%_{a,t} + I_{b,t} * P\%_{b,t} + I_{n,t} * P\%_{n,t} \quad (4)$$

Donde:

$I_{i,t}$ : Índice de precios compuesto para el grupo de costos o tipo de costos i.

$I_{n,t}$ : Índice de precios publicado por el DANE o compuesto, definido para el grupo o tipo de costos i para el mes y año t, con base 2003.

<sup>11</sup> Se detectaron las mayores diferencias por encima del IPC en los rubros Gastos de personal administrativo (CMA), Servicios Públicos (CMA), Otros Gastos Generales (CMA), Contratos por Otros Servicios (CMOc), Contratos de Mantenimientos y Reparaciones (CMOc), Gastos de Personal Operativo (CMOc), Insumos Químicos (CMOp) y ACPM, *fuel oil*.

<sup>12</sup> Para diferenciar los efectos de la variación de precios y eficiencia en los costos totales, es necesario realizar una encuesta para obtener los precios y cantidades de todos los rubros que se incluyen en los costos del sector, lo cual está fuera del alcance del presente análisis.

<sup>13</sup> Corresponde a la agrupación de cuentas por tipo de costos, presentado en cada cuadro de índices de costos del ejercicio previamente realizado.

$P_{n,t}$ : Porcentaje de participación de  $I_{n,t}$  en  $I_{i,t}$  durante el 2003 (año de referencia), en el grupo o tipo de costos  $i$  del mes y año  $t$ .

$n$ : Grupo o tipo de costos que compone  $I_{i,t}$ .

$t$ : Mes y año de estimación del índice, que puede comprender entre junio de 2003 y junio de 2009.

Con el fin de hacer comparables los índices a utilizar como insumo, se transformaron todos a una base común –junio de 2003–, el cual corresponde al año de referencia del ejercicio de la sección anterior y a uno de los años comúnmente utilizados en la estimación de los costos y tarifas de acuerdo a los reportes realizados a MOVET por los prestadores.

Una vez se estimen los índices específicos mencionados, se determinará si existe una diferencia importante en la evolución de estos con respecto al IPC, en términos de índice y valores absolutos<sup>14</sup>. Adicionalmente, para medir las diferencias a nivel general se comparará la factura media, para un consumo de 20 m<sup>3</sup>, actualizada con el índice utilizado actualmente y el teórico de referencia.

## 5.2. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el siguiente cuadro se presenta el índice teórico de referencia definido para cada tipo y grupo de costos, acompañado por su respectivo porcentaje de participación. Las ponderaciones mencionadas se estimaron tomando como base los costos medios de referencia del 2003, para la muestra de 46 empresas utilizada en la sección anterior.

<sup>14</sup> Se actualizará cada costo medio de referencia para el 2003, estimado en la sección anterior, utilizando el IPC y el índice teórico óptimo.

**Cuadro 11.- Índices Teóricos Seleccionados y Porcentajes de Participación por Subgrupo de Costos y Grupo general de Costos en el 2003**

Rubro de Costo	Índice	Ponderación Grupo de Costo	Ponderación Tipo de Costos
<b>COSTOS DE ADMINISTRACION</b>			
Gastos de personal administrativo	IMM - Índice Salarios Reales	52%	No Aplica
Gastos generales administrativos	IPC	8%	
Comisiones, honorarios y servicios	IPC	11%	
Suministro, Medios Impresos, Comunicaciones	IPC	3%	
Gastos planta y equipo	IPC	6%	
Servicios Públicos	IPC - indice servicios públicos	2%	
Otros gastos generales	IPC	4%	
ICTA	IPC	15%	
<b>COSTOS DE OPERACIÓN COMPARABLES</b>			
Gastos de personal operativo	IMM - Índice Salarios Reales	39%	22%
Gastos generales operativos	IPP	6%	
Depreciaciones	IPC	5%	
Arrendamientos	IPC	4%	
Contratos, mantenimiento y reparaciones	IPC (50%) e indicador de Obras Civiles: Tuberías y cables locales (50%)	11%	
Servicios Públicos	IPC - indice servicios públicos	4%	
Materiales y otros costos	IPP	6%	
Seguros	IPC	9%	
Contratos por otros servicios	IPC	17%	
<b>COSTOS DE OPERACIÓN PARTICULARES</b>			
Productos Químicos 753701	Indice Particular Insumos Quimicos	24%	7%
Sulfato Aluminio	IPP - 34242 (CPC)	43%	
Cloro	IPP - 34231 (CPC)	43%	
Cal	IPP - 37420 (CPC)	14%	
Energía 753704	IPC - Energía Eléctrica	58%	
ACPM, FUEL OIL	IPP - 2321 Fabricación de productos de la refinación del petróleo, elaborados en refinería	0.03%	
Otros	IPC	13%	
ITO	IPC	4%	
<b>COSTOS DE INVERSION</b>			
Equipos	ICCP - Equipos	12%	71%
Materiales	ICCP - Materiales	65%	
Mano de Obra	ICCP - Mano de Obra	23%	

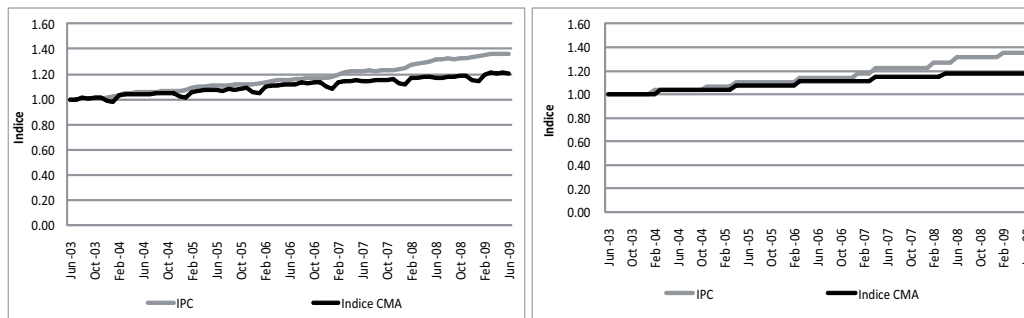
Fuente: CRA – SUI

Del análisis realizado, se destaca que una parte importante de los rubros de costos efectivamente evoluciona de manera similar al IPC, especialmente los costos de administración y de operación comparable; no obstante, por el alto porcentaje de participación del componente de inversiones en el total de costos, se espera que la influencia del IPC se reduzca de manera considerable.

#### a) CARGO FIJO

A continuación se presenta la evolución del índice teórico de referencia de los costos medios de administración con respecto al IPC entre junio de 2003 y junio de 2009 (índices con base en 2003), de forma general (gráfico izquierdo) y acumulado al 3% (gráfico derecho).

**Gráfico 9.- Evolución del Índice Teórico de Costos Medios de Administración versus IPC (Base 2003)**



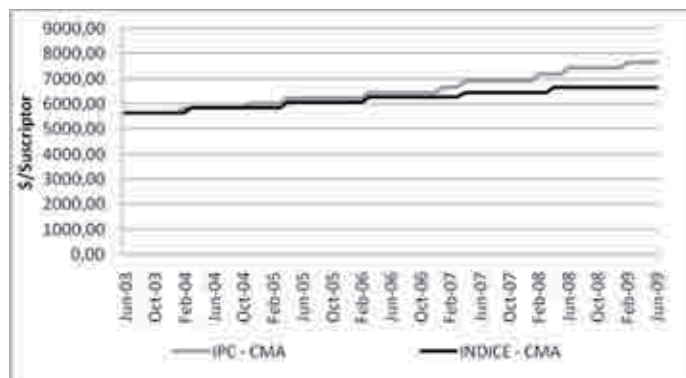
Fuente: CRA – SUI

Como se puede observar, el índice teórico de referencia del CMA se ubica para todo el periodo por debajo del IPC; inicialmente, este evoluciona de manera similar, para gradualmente separarse y alcanzar una diferencia de aproximadamente 17% a junio de 2009. La mencionada tendencia se debe a que los gastos de personal administrativo, que tienen un porcentaje de participación de 52% en el CMA, son actualizados utilizando el índice de salarios de la industria manufacturera con tri-

lla de café; este índice, se mantiene de forma importante por debajo de la evolución del IPC para la mayor parte del periodo evaluado, lo cual influye de manera clara en la tendencia del índice teórico de referencia.

Con el fin de conocer el impacto de la utilización del IPC y el índice teórico de referencia sobre la evolución de los costos de administración, en el siguiente gráfico se presenta la actualización del CMA real de 2003, con los dos índices mencionados a contrastar.

**Gráfico 10.- Evolución del CMA mensual de 2003 actualizado con el Índice Teórico de Costos Medios de Administración y el IPC**



Fuente: CRA – SUI

Como se puede observar en el gráfico anterior, a junio de 2009, el índice teórico de referencia se ubica 13% (971 \$/usuario/mes)

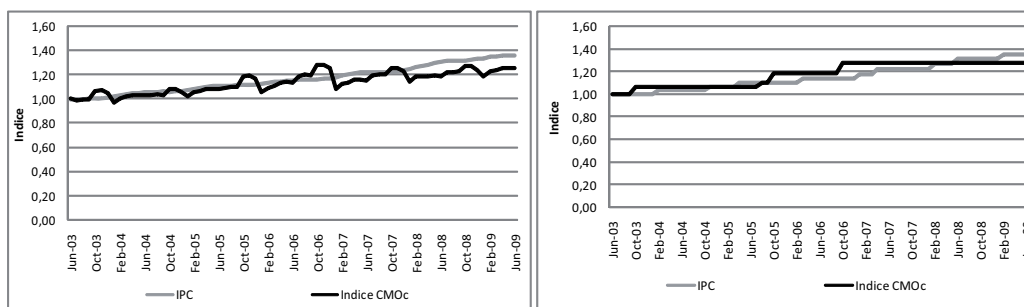
por debajo del CMA actualizado por IPC. Adicionalmente, la sumatoria de las diferencias mensuales de todo el periodo analizado as-

ciende a 23,038 \$/usuario por debajo de CMA actualizado por IPC (5.08% de la sumatoria del CMA de referencia), mientras que el promedio de las mencionadas diferencias para todo el periodo equivale a 315 \$/usuario/mes (5.08% del CMA de referencia promedio).

### b) CARGO VARIABLE

A continuación se presenta la comparación de la evolución del índice IPC e índice teórico de referencia para los tipos de costos CMOc, CMOp y CMI.

**Gráfico 11.- Evolución del Índice Teórico de Costos Medios de Operación Comparable versus IPC (Base 2003)**

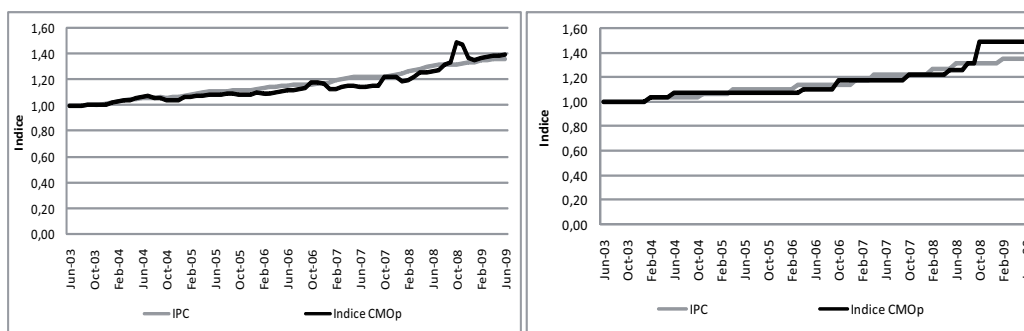


Fuente: CRA – SUI

En contraste con el comportamiento del CMA, el índice teórico del CMOc fluctúa de manera importante en relación con el IPC; aunque al observar la evolución de los mencionados índices acumulados al 3%, las variaciones del índice teórico de referencia no se desvían de manera importante de la evolución del IPC.

Cabe señalar que las variaciones por encima del IPC son generadas principalmente por el índice trimestral de obras civiles – Tuberías y cables locales y el índice de servicios públicos del IPC<sup>15</sup>, cuya participación en el índice teórico de referencia asciende a 5.5% y 4%, respectivamente. Los índices de referencia restantes presentan variaciones similares o inferiores a las del índice de precios al consumidor.

**Gráfico 12.- Evolución del Índice Teórico de Costos Medios de Operación Particulares versus IPC (Base 2003)**



Fuente: CRA – SUI

<sup>15</sup> Ver comportamiento en anexo 4.

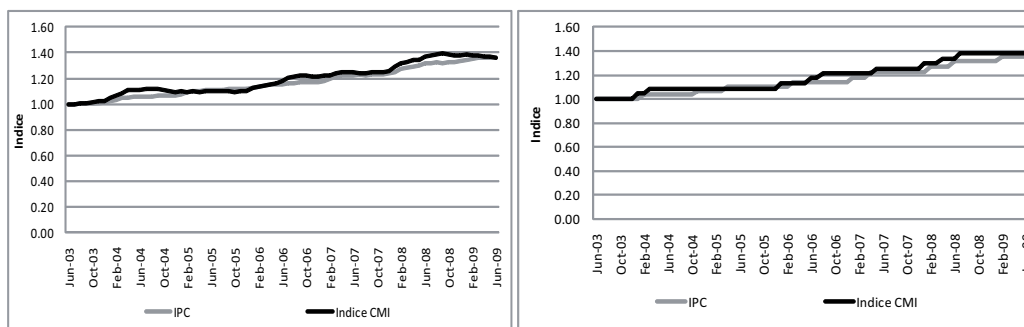


Como se puede observar en el gráfico anterior, el índice teórico de referencia del CMOp se mantiene levemente por debajo de los valores del IPC para la mayor parte de periodo analizado tanto en la evolución simple mensual como en la acumulada, excepto durante los meses posteriores a octubre de 2008. Básicamente, las altas variaciones del índice del rubro ACPM, *fuel oil* por encima del IPC, son atenuadas por las variaciones inferiores al IPC de los índices de los grupos de

costos de insumos químicos y energía, cuya participación asciende a 24% y 58%, respectivamente.

Para la estimación de la evolución de los precios de insumos químicos, se seleccionaron los tres insumos más utilizados para la potabilización (de acuerdo con la información reportada al MOVET) y se creó un índice compuesto con base en los respectivos subíndices pertenecientes al IPP<sup>16</sup>.

**Gráfico 13.- Evolución de Índice óptimo de Costos Medios de Inversión Versus IPC (Base 2003)**



Fuente: CRA – SUI

Como se mencionó en la sección anterior, en el caso de los costos medios de inversión, los grupos de costos y sus respectivas ponderaciones fueron obtenidas de la consultoría para estimar un índice específico del sector; en el referido estudio, se analizaron los principales componentes de costos de las obras por actividad, para una muestra representativa de empresas con más de 2.500 suscriptores.

Resultó necesario tomar los datos señalados de la consultoría, ya que la única forma para determinar la participación de los costos del CMI por rubro consiste en realizar una encuesta detallada con los precios y cantidades para cada tipo de obra, lo cual escapa del alcance del presente análisis.

Por otra parte, los costos medios de inversión fueron divididos en los rubros materiales,

equipo y mano de obra, cuyas ponderaciones ascienden a 65%, 12% y 23%, respectivamente. Los índices teóricos de referencia para cada categoría señalada corresponden a los subíndices materiales, equipo y mano de obra del índice de la construcción pesada (ICCP), publicado trimestralmente por el DANE. Los mencionados subíndices fueron seleccionados, ya que gran parte de los ítems que componen cada uno de estos corresponden a los de mayor participación en el CMI, de acuerdo a la consultoría desarrollada en el 2001.

Como se puede observar en el gráfico anterior, el índice teórico de CMI evoluciona

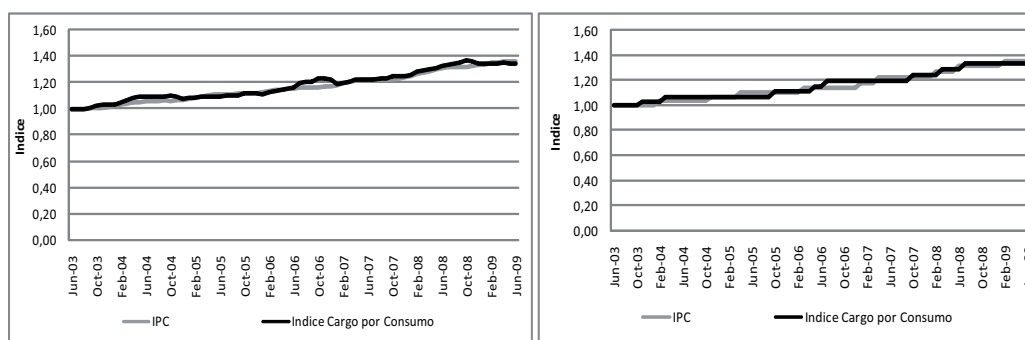
<sup>16</sup> El índice de insumos químicos está compuesto por Sulfato de Aluminio (43%), cloro (43%) y cal (14%).

de manera muy similar al IPC, con leves variaciones superiores e inferiores al mismo, en términos mensuales y acumulados al 3%. Los periodos en que el índice teórico sobrepasa al IPC se explican por el comportamiento del índice materiales y equipo, que en términos generales se mantiene por encima del utili-

zado para actualizar tarifas de acuerdo con la metodología vigente.

Teniendo en cuenta los índices teóricos particulares para cada uno de los componentes del cargo por consumo, a continuación se presenta la comparación del índice agregado estimado para este componente de costos.

**Gráfico 14.- Evolución de Índice Teórico del Cargo por Consumo versus IPC (Base 2003)**



Fuente: CRA – SUI

Como se ilustra en los dos gráficos anteriores, en términos generales, el índice teórico de referencia del cargo por consumo se comporta de manera similar al IPC a lo largo de todo el periodo analizado. Al respecto, se observa que la diferencia por encima del IPC del índice teórico de referencia del CMOc, es atenuada por el comportamiento de los índices de referencia del CMI (participación del 77% en el Cargo por Consumo).

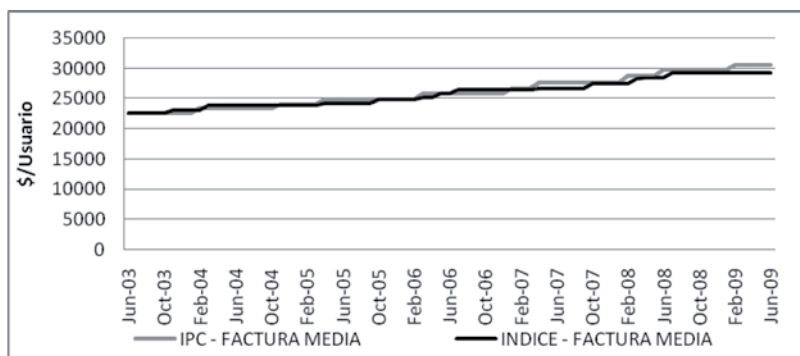
De acuerdo a las variaciones observadas, se estima que en promedio la diferencia mensual del índice teórico del cargo por consumo asciende a 6.46 \$/m<sup>3</sup> por encima del índice IPC (0.66% del CC. Promedio de referencia), mientras que la sumatoria de las diferencias entre los dos índices comparados para el total del periodo es igual a 471.44 \$/m<sup>3</sup> por encima del índice IPC (0.66% de la sumatoria del CC. de referencia).

### 5.3. IMPACTO GENERAL

Con el objetivo de conocer el impacto general de la aplicación de cada uno de los índices estimados, en el siguiente gráfico se presenta la evolución de la factura media conjunta para una muestra representativa de prestadores colombianos de los servicios de acueducto y alcantarillado, calculada con los costos de junio de 2003 actualizados por el índice teórico e IPC.

En promedio, la diferencia entre facturas medias asciende a 186.12 \$/usuario por debajo del IPC entre junio de 2003 y junio de 2009 (0.72% de la factura de referencia promedio); mientras que en términos agregados, la sumatoria de las diferencias para el periodo señalado es igual a 13,609 \$/usuario por debajo del IPC (0.72% de la sumatoria de las facturas de referencia de todo el periodo).

**Gráfico 15.- Evolución de la Factura Media de 2003 Actualizada con el Índice Teórico y el IPC (20 m<sup>3</sup>)**



Fuente: CRA – SUI

En resumen, con base en el comportamiento observado a nivel individual y agregado de los índices bajo análisis, se puede inferir que en términos generales no existe una diferencia importante entre la actualización de precios con IPC y el índice teórico de referencia; más aun, la actualización con IPC resulta en facturas medias ligeramente superiores, en relación con el índice de referencia, para consumos residenciales de 20 m<sup>3</sup>.

## 6. CONCLUSIONES

Se recomienda mantener el uso del Índice de Precios al Consumidor (IPC) para la actualización de las tarifas de acueducto y alcantarillado, por las siguientes razones:

- A pesar de que las diferencias evidenciadas entre la evolución real de costos y los costos actualizados por IPC para algunos rubros<sup>17</sup>, a nivel agregado las variaciones

entre la actualización por IPC y la evolución de costos reales para los componentes CMA, CMOc y CMOp es relativamente baja: 0.56% por encima de los costos actualizados con IPC. De hecho, el comportamiento agregado de los costos para los componentes mencionados se mantiene cercano o ligeramente superior al IPC entre 2003 y 2008; de forma tal, que no se considera que la actualización de las tarifas por IPC implique diferencias importantes con la evolución de costos a nivel general<sup>18</sup>.

- A nivel agregado, el índice IPC se comporta de manera similar al índice teórico de referencia propuesto<sup>19</sup> para los servicios de acueducto y alcantarillado; de hecho, entre junio de 2003 y 2009, la actualización de tarifas por IPC resulta en una factura media levemente inferior que la estimada con el índice teórico (0.72% en promedio). Específicamente, se observa que el índice teórico de referencia del cargo fijo varía de manera constante por debajo del IPC,

<sup>17</sup> Se detectaron las mayores diferencias por encima del IPC en los rubros Gastos de personal administrativo (CMA), Servicios Públicos (CMA), Otros Gastos Generales (CMA), Contratos por Otros Servicios (CMOc), Contratos de Mantenimientos y Reparaciones (CMOc), Gastos de Personal Operativo (CMOc), Insumos Químicos (CMOp) y ACPM, *fuel oil*.

<sup>18</sup> Asumiendo comportamiento normal de la economía y las dinámicas del sector.

<sup>19</sup> Se asume que el índice teórico refleja las variaciones reales en los precios de los insumos del sector.

mientras que el índice teórico del cargo por consumo es ligeramente superior al IPC en algunos tramos. Esta divergencia en el comportamiento de los índices particulares de algunos grupos de costos es atenuada de manera importante por la variación similar al IPC de los índices de inversión<sup>20</sup> y el importante número de grupos de costos cuyos precios varían con el IPC.

- La aplicación y seguimiento del índice IPC resulta mucho más simple para la actualización de tarifas en comparación a un índice compuesto (cumple el principio de simplicidad); adicionalmente, presenta la ventaja que es de amplio conocimiento y aceptación por parte de los prestadores y usuarios, ya que se ha venido utilizando desde el 2001 en el sector.
- El uso de índice de precios al consumidor (IPC) para la actualización de tarifas de acueducto y alcantarillado, se encuentra

dentro de las prácticas comunes en otros países de la región.

## REFERENCIAS

*Aderasa – Grupo de Tarifas y Subsidios.* “Las Tarifas de Agua Potable y Alcantarillado en América Latina”. Aderasa – World Bank Group, 2005.

*Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento.* “Documento de trabajo CRA - Otros Índices”. Octubre de 2007.

DANE. “Metodología de Índices de Precios al Consumidor”. DANE, *Colección Documentos*. Número 62. 2009.

Lora, Eduardo. *Técnicas de Medición Económica, Metodología y Aplicaciones en Colombia*. Tercer Mundo Editores, Bogotá. 1994.

*Interproyectos y CRA.* “Metodología para el Cálculo del Índice de Precios en Acueducto y Alcantarillado”. Junio 2001.

<sup>20</sup> Cuya participación en el cargo por consumo es de 71%.

## ANEXO 1 – PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS SUBGRUPOS Y GRUPOS DE COSTOS

### PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LOS SUBGRUPOS DE COSTOS EN CADA COMPONENTE DE COSTOS INCLUYENDO IMPUESTOS, TASAS Y CONTRIBUCIONES

SUBGRUPOS DE CUENTAS	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Gastos de personal administrativo	52%	54%	54%	61%	60%	63%
Gastos generales administrativos	8%	9%	8%	7%	7%	7%
Comisiones, honorarios y servicios	11%	7%	9%	6%	8%	7%
Suministro, Medios Impresos, Comunicaciones	3%	2%	2%	3%	3%	3%
Gastos planta y equipo	6%	6%	7%	6%	6%	6%
Servicios Públicos	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Otros gastos generales	4%	6%	6%	3%	5%	4%
CMA	85%	86%	87%	88%	90%	91%
ICTA	15%	14%	13%	12%	10%	9%
CMA + ICTA	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Gastos de personal operativo	39%	40%	37%	37%	37%	38%
Gastos generales operativos	6%	4%	4%	5%	5%	4%
Depreciaciones	5%	4%	4%	4%	4%	4%
Arrendamientos	4%	4%	3%	2%	2%	3%
Contratos de mantenimiento y reparaciones	11%	11%	15%	15%	16%	18%
Servicios Públicos	4%	4%	3%	2%	2%	2%
Materiales y otros costos	6%	5%	6%	8%	6%	7%
Seguros	9%	7%	5%	4%	3%	3%
Contratos por otros servicios	17%	21%	22%	23%	24%	21%
CMOc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Productos Químicos 753701	24%	25%	26%	29%	29%	27%
Energía 753704	58%	61%	59%	62%	62%	65%
ACPM, fuel oil	0%	0%	0%	0%	0%	0%
753790 - Otros Insumos Directos	13%	11%	11%	3%	5%	5%
CMOp sin ITO	96%	97%	97%	94%	96%	97%
CMcO + CMOp sin ITO	548%	569%	574%	692%	658%	597%
ITO	4%	3%	3%	6%	4%	3%
CMOp + ITO	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: CRA – SUI

**COMPOSICIÓN DE SUBGRUPOS DE COSTOS SEGÚN CUENTAS DE MAYOR PARTICIPACIÓN  
PARA EL 2003 (AÑO BASE)**

	Total	< 25.000	>25.000
<b>CMA</b>			
<b>Gastos de personal administrativo</b>			
<b>Gastos generales administrativos</b>			
511105 - GASTOS DE ORGANIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	3.7%	3.2%	3.7%
511106 - ESTUDIOS Y PROYECTOS	7.5%	18.2%	6.6%
511113 - VIGILANCIA Y SEGURIDAD	24.2%	10.7%	25.3%
511119 - VIÁTICOS Y GASTOS DE VIAJE	10.0%	8.4%	10.2%
511122 - FOTOCOPIAS	2.7%	5.6%	2.5%
511123 - COMUNICACIONES Y TRANSPORTE	8.2%	7.4%	8.3%
511125 - SEGUROS GENERALES	17.2%	16.4%	17.3%
511140 - CONTRATOS DE ADMINISTRACIÓN	3.9%	3.4%	3.9%
511149 - SERVICIOS DE ASEO, CAFETERÍA, RESTAURANTE Y LAVANDERÍA	12.6%	5.4%	13.2%
<b>Comisiones, honorarios y servicios</b>			
<b>Suministro, Medios Impresos, Comunicaciones</b>			
511114 - MATERIALES Y SUMINISTROS	44.5%	70.9%	38.8%
511120 - PUBLICIDAD Y PROPAGANDA	36.2%	16.4%	40.5%
<b>Gastos planta y equipo</b>			
511115 - MANTENIMIENTO	53.6%	33.0%	54.3%
511118 - ARRENDAMIENTO	42.0%	53.9%	41.6%
<b>Servicios Públicos</b>			
<b>Otros gastos generales</b>			
<b>ICTA</b>			
533006 - MUEBLES, ENSERES Y EQUIPO DE OFICINA	4.7%	12.1%	4.6%
533007 - EQUIPO DE COMUNICACIÓN Y COMPUTACIÓN	13.2%	32.9%	12.6%
533008 - EQUIPO DE TRANSPORTE, TRACCIÓN Y ELEVACIÓN	29.0%	8.6%	29.5%
512002 - CUOTA DE FISCALIZACIÓN Y AUDITAJE	5.2%	0.1%	5.3%
512003 - CONTRIBUCIÓN SOBRE TRANSACCIONES FINANCIERAS	17.5%	15.9%	17.5%
512004 - CONTRIBUCIÓN A LAS SUPERINTENDENCIAS	14.7%	9.2%	14.9%
512005 - CONTRIBUCIÓN A LAS COMISIONES DE REGULACIÓN	6.1%	3.6%	6.1%
<b>CMOc</b>			
<b>Gastos de personal operativo</b>			
<b>Gastos generales operativos</b>			
751006 - ESTUDIOS Y PROYECTOS	23.0%	39.5%	22.2%
751028 - TASAS	10.6%	5.1%	10.9%

	Total	< 25.000	>25.000
751037 - TRANSPORTE, FLETES Y ACARREOS	13.3%	14.0%	13.2%
751090 - OTROS COSTOS GENERALES	37.3%	21.5%	38.1%
<b>Depreciaciones</b>			
751504 - DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO	55.0%	48.4%	55.2%
751507 - DEPRECIACIÓN EQUIPO DE COMUNICACIÓN Y COMPUTACIÓN	13.1%	2.3%	13.4%
751509 - DEPRECIACIÓN EQUIPO DE TRANSPORTE, TRACCIÓN Y ELEVACIÓN	25.8%	34.3%	25.6%
<b>Arrendamientos</b>			
751702 - CONSTRUCCIONES Y EDIFICACIONES	50.4%	70.6%	48.2%
751704 - EQUIPO DE OFICINA	1.7%	0.0%	1.9%
751705 - EQUIPO DE COMPUTACIÓN Y COMUNICACIÓN	17.9%	0.0%	19.9%
751790 - OTROS	5.5%	2.5%	5.9%
751707 - FLOTA Y EQUIPO DE TRANSPORTE	13.0%	8.3%	13.5%
<b>Contratos, mantenimiento y reparaciones</b>			
754007 - MANTENIMIENTO LÍNEAS, REDES Y DUCTOS	32.4%	19.9%	33.8%
754014 - REPARACIÓN DE LÍNEAS, REDES Y DUCTOS	23.8%	27.6%	23.4%
754090 - OTROS CONTRATOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	21.0%	26.6%	20.4%
<b>Servicios Públicos</b>			
754504 - ENERGÍA Y ALUMBRADO	82.7%	94.6%	81.4%
<b>Materiales y otros costos</b>			
755004 - COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	20.8%	17.5%	21.1%
755005 - MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN	9.4%	32.5%	7.7%
755090 - OTROS COSTOS	56.7%	38.4%	58.0%
<b>Seguros</b>			
756090 - OTROS SEGUROS	84.8%	5.8%	85.2%
<b>Contratos por otros servicios</b>			
757090 - OTROS CONTRATOS	81.5%	65.5%	81.8%
<b>CMOp</b>			
753701 - PRODUCTOS QUÍMICOS	25.5%	42.2%	24.9%
753704 - ENERGÍA	60.9%	53.3%	61.2%
753790 - OTROS INSUMOS DIRECTOS	13.5%	3.5%	13.9%
<b>ITO</b>			
756505 - DE VEHÍCULOS	7.5%	3.0%	7.9%
756590 - OTROS IMPUESTOS	86.9%	86.1%	87.0%

Fuente: CRA – SUI

# DEFINICIÓN DE PRECIOS MÁXIMOS DE REFERENCIA PARA LA SUPERVISIÓN DEL COMPONENTE DE COSTOS PARTICULARES DE INSUMOS QUÍMICOS DE LOS PRESTADORES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN COLOMBIA

*Germán L. Orjuela Borda,  
Juan Andrés Ramírez,  
Julio César del Valle,  
Nelly Irreño*

## Resumen

El presente estudio tiene como objetivo la definición de valores máximos de referencia para el componente de insumos químicos como un mecanismo regulatorio que permita incentivar la eficiencia en los costos por este concepto. La definición de estos valores de referencia posibilitará establecer las condiciones que justifican la adopción de montos superiores a los costos y precios de referencia. Los mencionados valores fueron identificados estableciendo intervalos de confianza para los indicadores costo medio por metro cúbico potabilizado y el precio de adquisición por kilogramo para cada uno de los insumos comúnmente utilizados. La metodología de estimación para cada caso mencionado consistió en: eliminación de outliers mediante un diagrama de cajas; aplicación de los tests de normalidad de Shapiro-Wilk y Shapiro-Francia y estimación del límite superior de referencia, buscando el valor de “t” (número de desvia-

ciones estándar de la media) que permita la identificación y recolección de información detallada para un grupo significativo de empresas. En todas las situaciones mencionadas, se encontró que la muestra presentaba una distribución normal y se definió un valor límite de 0.86 desviaciones estándar por encima de la media. Específicamente, el costo por metro cúbico de referencia asciende a 44,7 \$ dic. 09/m<sup>3</sup>, mientras que el precio de referencia del sulfato equivale a 861 \$ dic. 09/kg, el cloro a 4.692,5 \$ dic. 09/kg y la cal a 545,5 \$ dic. 09/kg. En el futuro, se espera contar con información de mejor calidad, de manera que sea posible definir modelos econométricos que incluyan variables que expliquen el comportamiento de estos indicadores.

## 1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que las particularidades de los sistemas de acueducto justifican la naturaleza de “pass through” del componente de costo



medio de insumos químicos, dentro de la propuesta para el nuevo marco tarifario de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, contenida en la Resolución CRA 485 de 2009 se pretende implementar medidas que incentiven en éste la eficiencia técnica (cantidad óptima) y asignativa (relación precio/calidad óptima)<sup>1</sup>. En este sentido, el objetivo del presente análisis es el desarrollo de un instrumento regulatorio que permita identificar y hacer objeto de seguimiento especial, a aquellos prestadores de los servicios públicos domiciliarios de acueducto que se aparten de los valores típicos asociados al uso de insumos químicos para los procesos de potabilización de agua, en términos de costos y precios unitarios.

Básicamente, se busca estimar un valor de referencia para el costo de insumos químicos necesario para producir un metro cúbico de agua tratada y para los precios de compra de los insumos comúnmente utilizados, de forma tal que sirvan como una señal a partir de la cual, aquellos prestadores que superen los valores estimados, deban justificar el comportamiento observado ante la entidad de control competente. La relación costo/metros cúbicos producidos servirá como índice general de costo por prestador, mientras que el precio por kilogramo de cada insumo permitirá evaluar la eficiencia de los mecanismos de compra utilizados por la empresa.

Cabe aclarar que estas estimaciones corresponden a valores de referencia y no a precios techo, que restrinjan los costos que pueden ser cobrados por los prestadores. De esta forma, ex-ante el componente de insumos químicos mantiene sus características de “pass through” (paso directo); mientras que ex-post, aquellas empresas que superen los máximos de referencia serán sujetas a una

verificación particular al respecto de las variables que explican dichos valores.

El presente documento está dividido en cuatro secciones: en la primera se resume la normatividad y avances del sector en la regulación de los costos de insumos químicos; en la segunda y tercera se presenta el análisis y estimación de precios máximos de referencia, de acuerdo con el comportamiento estadístico del costo unitario de potabilización de agua y el precio por kilogramo de los insumos de mayor uso (sulfatos, cloro y cal); finalmente, en la cuarta sección, se realizan las recomendaciones pertinentes con base en el análisis desarrollado.

## 2. ANTECEDENTES

De la estrecha relación existente entre el costo de insumos químicos y la calidad del agua tratada, se infiere que cualquier mecanismo regulatorio que se implemente para este componente debe ser evaluado principalmente en función de los incentivos que genera para cumplir con las metas de calidad del agua tratada y posteriormente los incentivos para alcanzar precios y cantidades óptimas de insumos.

Dentro del marco normativo, además de los mecanismos definidos en el artículo 14 de la Resolución CRA 287 de 2004, existen herramientas regulatorias que buscan generar incentivos a la eficiencia y al suministro de agua de buena calidad, y que determinan los costos en que incurre un prestador por concepto de insumos químicos. Estos mecanismos incluyen:

*Calidad de Agua:* El reporte y verificación del Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA), el índice de riesgo municipal por abastecimiento de agua para consumo humano (IRABAm) y mapa de riesgo de calidad de agua para consumo humano, según los lineamientos definidos en el Decreto 1575

<sup>1</sup> Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. “Documento de Trabajo de la Resolución CRA 287 de 2004”. CRA. 2004.

de 2007 y la Resolución 2115 de 2007, expedidas por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, respectivamente. Estas permiten aproximarse al nivel efectividad que tienen los recursos destinados al tratamiento del agua, de manera que se suministre líquido apto para el consumo humano.

Adicionalmente, como complemento al seguimiento de indicadores, en la Resolución CRA 485 de 2009 se incorporan descuentos en las tarifas de los prestadores que se aparten de los estándares mínimos de calidad. Particularmente, en el artículo 53 de la mencionada resolución, se define la fórmula de cálculo del indicador de agua potable (ICAP), el cual depende del IRCA y que servirá como base para la estimación de los descuentos en la tarifa del usuario final.

*Precio:* Introducción de competencia en la dinámica de compra de insumos químicos, mediante la implementación de la herramienta de concurrencia de oferentes o licitación.

Al respecto, es relevante señalar que para efectos de profundizar los incentivos a la eficiencia vinculados con la adquisición de los insumos químicos, resulta necesario revisar las señales relacionadas con la implementación de mecanismos que promuevan la adopción de esquemas competitivos en la compra de estos productos; por ejemplo, la concurrencia de oferentes.

Sin embargo, teniendo en cuenta que el diseño e implementación de estos mecanismos requiere de estudios de mercado que permitan establecer la estructura del mismo; específicamente, si se presentan o no comportamientos de tipo monopólico u oligopólico, se considera que dichos análisis superan el alcance de este estudio.

*Cantidad:* Reporte y verificación de las dosificaciones óptimas por cada tipo de insumo

químico utilizado en el proceso de potabilización, enviados como soporte al MOVET<sup>2</sup>.

Sobre el particular, se debe tener en cuenta que existen condiciones que dificultan la definición de cantidades óptimas de insumos para la potabilización del agua. Dentro del documento de trabajo de la Resolución CRA 287 de 2004, por ejemplo, se menciona lo siguiente:

“Los sistemas de agua potable pueden obtener el recurso desde diferentes tipos de fuentes (subterránea, superficial dulce y superficial salobre). Dependiendo de esto y de factores externos al sistema como son: estado de la cuenca tributaria, usos del recurso aguas arriba, grado de embalsamiento, etc., la calidad del agua cruda varía y por ende la tecnología necesaria para lograr los estándares físicos, biológicos y químicos de calidad de agua potable, también es diferente.

A tal efecto, se propone establecer los costos de químicos, presentes en la cuenta de insumos, como un *pass through* a la tarifa, de tal forma que cada empresa los recupere de acuerdo con la calidad de sus fuentes”.

De esta manera, es evidente que la calidad del agua cruda es una variable determinante en los costos en que incurre un prestador para producir agua apta para el consumo humano. Igualmente, dadas las particularidades asociadas a cada fuente, no resulta procedente la definición de un modelo general de costos que restrinja los recursos de cada prestador, de acuerdo con sus análisis de dosificación óptima (mantener naturaleza de paso directo del componente de insumos químicos).

Sin embargo, el razonamiento anterior no riñe con la posibilidad de establecer valores de referencia, obtenidos a partir de los costos de insumos químicos en que efectivamente incu-

<sup>2</sup> Modelo de Verificación de Estudios Tarifarios

re una muestra representativa de empresas para suministrar agua de buena calidad. El supuesto implícito en este caso, es que si el costo de los insumos químicos necesarios para el tratamiento del agua está determinado por la calidad del agua cruda u otro tipo de condiciones particulares, es posible plantear modelos que permitan reflejar esta relación de manera general.

### 3. ESTIMACIÓN DEL INTERVALO DE COSTOS DE INSUMOS QUÍMICOS POR METRO CÚBICO

Como aproximación inicial para determinar el costo óptimo de insumos químicos, se intentó estimar una función por grupo de empresas, usando como variables independientes el nivel de agua producida e indicadores de contaminación de acuerdo con características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda. Lo anterior, cumpliendo con el lineamiento señalado en el artículo 17 de la Resolución CRA 485 de 2009, según el cual: "(...) La Comisión establecerá los valores máximos que se reconocerán como costo de insumos químicos, los cuales se determinarán a través de un modelo que relacione estos costos, entre otros, con la cantidad de agua producida y con las características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda. Aquellos prestadores cuyos costos unitarios de tratamiento, los cuales deben en cualquier caso reflejar los precios del mercado para su adquisición, se aparten de las tendencias identificadas mediante el mencionado modelo para una muestra representativa de prestadores, deberán justificar en su estudio de costos, con los debidos soportes de dosificaciones óptimas y precios eficientes, las causas que explican que sus costos se encuentren por fuera de los valores máximos establecidos por la Comisión a partir de la comparación con los otros prestadores que forman parte de la muestra".

Sin embargo, con base en las estimaciones realizadas, se concluyó que la aplicación de esta aproximación resulta poco práctica debido a que: i) la complejidad de la función definida la haría de difícil comprensión y uso para los prestadores; ii) la alta variabilidad de calidad en agua cruda implicaría definir un importante número de funciones por grupos de empresas; iii) La información de calidad de agua cruda reportada al SUI por los prestadores está incompleta y/o es de baja calidad, lo cual no permite calcular un Índice de Calidad de Agua Cruda (ICA) confiable para un grupo representativo de empresas (ver anexo tres).

Como alternativa, se propuso la estimación de valores de referencia que estuvieran asociados a intervalos específicos de calidad de agua cruda. Es decir que, en lugar de obtener una función que estableciera un costo de referencia para cada valor de calidad de agua cruda, se identificarán intervalos con diferentes niveles de calidad de agua cruda a partir de los reportes del ICA, que permitieran caracterizar condiciones específicas de prestación del servicio y establecer costos de referencia asociados a cada uno de estos límites. Sin embargo, como se indicó antes, la información disponible sobre calidad de agua cruda es de muy baja calidad y su dispersión es mínima, de manera que no permite la definición de estos intervalos (ver anexo tres).

En consecuencia, si se pretende incluir la variable calidad de agua cruda dentro de las estimaciones de los valores de referencia de costos de insumos químicos asociados al tratamiento de agua para consumo humano, es necesario adelantar una gestión orientada al mejoramiento de la información disponible. En este sentido, de manera conjunta con la SSPD, a la fecha se está llevando a cabo la solicitud de los datos mencionados, correspondientes a los años 2007, 2008 y 2009.

Teniendo en cuenta los inconvenientes que presenta el uso de la variable calidad de

agua cruda en la determinación de valores de referencia para los costos de insumos químicos, se utilizará el costo por metro cúbico para comparar los gastos de los prestadores en este componente, sin introducir el ICA como una variable independiente o criterio de segmentación.

Mediante la aproximación mencionada el supuesto cambia; básicamente, la relación observada entre los costos de insumos químicos y volumen de agua tratada ya no se controlaría por la calidad de agua de la fuente. De esta forma, una calidad de agua cruda que se aleje de las condiciones típicas de prestación del servicio entraría a formar parte de las condiciones atípicas que podría ser argumentada por un prestador, en aquellos casos en que este se aparte de los valores de referencia estimados para los costos de insumos químicos.

Específicamente, se utilizará la relación existente entre los costos correspondientes a insumos químicos y cantidad de agua producida de cada sistema, para estimar un intervalo que sirva como referencia para identificar los casos atípicos que requieren una mayor revisión por parte de la entidad de control.

De esta manera, aquellos prestadores que presenten costos de insumos químicos por metro cúbico por encima del máximo de referencia a definir, deberán justificar sus costos ante la entidad competente, mediante estudios de dosificación óptima, estudios de la calidad del agua cruda a lo largo del año o cualquier otra información que se considere relevante.

El análisis de los costos de insumos químicos se realiza observando la información reportada por los prestadores en el Sistema Único de Información (SUI). A partir de esta información se determinará si los valores reportados presentan una tendencia estadística, como por ejemplo una distribución normal, y en caso que esta tendencia exista, se definirá el intervalo de significancia dentro del cual

deberán encontrarse los costos unitarios de la mayoría de empresas.

### 3.1. Metodología

- Construir una muestra del costo por metro cúbico de insumos químicos con las empresas con más de 2.500 usuarios, cuyo IRCA reportado indique que cumplen con los estándares mínimos de calidad de agua definidos en el decreto 1575 de 2007.
- Identificar aquellos prestadores que presentan costos por metro cúbico de insumos químicos excepcionales, mediante un análisis de diagrama de cajas<sup>3</sup>, con el fin de depurar los valores extremos (outliers) de la muestra.
- Realizar las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y Shapiro-Francia<sup>4</sup> a la muestra de costos unitarios de potabilización definida en el paso anterior.
- Estimar el costo de referencia que debe establecer el regulador, mediante la construcción de un intervalo de confianza en el cual, de acuerdo con las estimaciones estadísticas, deben estar incluidas la mayoría de las empresas.
- En caso que la muestra de los costos por metro cúbico no presente una distribución normal, se estimará el valor del costo de referencia utilizando 1.6 desviaciones estándar con respecto a la media, lo cual, de acuerdo con el teorema de Chebyshev<sup>5</sup>, equivale a afirmar que existe una

<sup>3</sup> Gráfico basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza la simetría y dispersión de un conjunto de datos.

<sup>4</sup> Las dos pruebas mencionadas corresponden a test de ajuste para comprobar si los datos de la muestra han sido extraídos de una población normal.

<sup>5</sup> Teorema aplicable a distribuciones diferentes a la normal, el cual indica que la probabilidad que cualquier variable aleatoria  $X$  tome un valor dentro de  $k$  desviaciones estándar de la media es al menos  $1 - 1/k^2$ . Por ejemplo, la probabilidad que un valor de la muestra este dentro de 2 desviaciones estándar de la media no es menor a 75%.

probabilidad de 60% o superior que todas las observaciones se encuentren por debajo de 1.6 desviaciones estándar de la media.

### 3.2. Definición de Variables y Fuentes de Información

Las variables requeridas junto con su respectiva fuente de información son las siguientes:

Costo Anual de Insumos Químicos por Empresa y Sistema: Valor para el año 2008 del registro contable llevado a cabo por parte de las empresas en la cuenta 753701 "Productos Químicos", del Plan Único de Cuentas (PUC), de todos aquellos prestadores que reportan información a MOVET. En el caso que la empresa posea dos o más sistemas, se estima el costo particular de cada uno de éstos, multiplicando el valor de la cuenta 753701 durante el 2008 por los respectivos porcentajes de participación en el total de costos reportado en MOVET<sup>6</sup>. Adicionalmente, con el fin de excluir el efecto de la inflación en las estimaciones a realizar, los costos de la cuenta mencionada se expresan en pesos de Diciembre de 2009.

Se utiliza el valor PUC de 2008, ya que inicialmente, de acuerdo con lo definido en la resolución CRA 485 de 2009, este será el año base a utilizar por los prestadores para la estimación de los costos de insumos químicos, que estará vigente en el próximo periodo tarifario. Adicionalmente, es posible señalar que los costos por metro cúbico entre 2007 y 2008 a nivel agregado, no presentan diferencias significativas, de forma tal que utilizar el promedio de estos dos

años no implica una diferencia importante en las estimaciones<sup>7</sup>.

Metros Cúbicos de Agua Producida: Corresponde los metros cúbicos anuales de agua producida durante 2008, reportados por los prestadores al sistema único de información (SUI) por empresa y por sistema. El agua producida para aquellos sistemas de carácter menor al municipal, se estimó con base en la relación entre el agua producida por el sistema y el agua producida por la empresa reportada en MOVET, con respecto a los metros cúbicos totales producidos en el 2008 (año base).

Índice de Riesgo de Calidad del Agua Para Consumo Humano: IRCA promedio del segundo semestre de 2008 desagregado por municipio, reportado por el Instituto Nacional de Salud (INS). No se estima un IRCA promedio anual para el 2008 ya que existen diferencias importantes, para una gran parte de las observaciones, entre el primer y segundo semestre del año mencionado; de forma tal que resulta más apropiado utilizar los valores del segundo semestre de 2008, los cuales recogen los esfuerzos realizados por los prestadores para mejoras en la calidad durante todo el año.

Por otra parte, se utilizó como referencia de valores de IRCA aceptables para incorporar prestadores a la muestra, todos aquellos en el rango 0–35, equivalentes a muestras con un nivel de riesgo de calidad de agua medio o inferior<sup>8</sup>. En este sentido, por el relativamente bajo número de empresas en relación con el número mínimo de observaciones requeridas

<sup>6</sup> Actualmente MOVET es la única fuente de costos de insumos químicos desagregados por sistema. La participación por sistema es igual al costo anual de insumos químicos dividido por la sumatoria de costo total de la empresa para este rubro.

<sup>7</sup> No es posible incorporar el año 2009 en la estimación del costo de insumos químicos por metro cúbico, debido a que a la fecha existen muy pocas observaciones de metros cúbicos producidos para este año en el SUI.

<sup>8</sup> De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial, calificaciones de IRCA de 0-5 no representan ningún riesgo, calificaciones de IRCA de 5.1-14 representan un nivel de riesgo bajo.

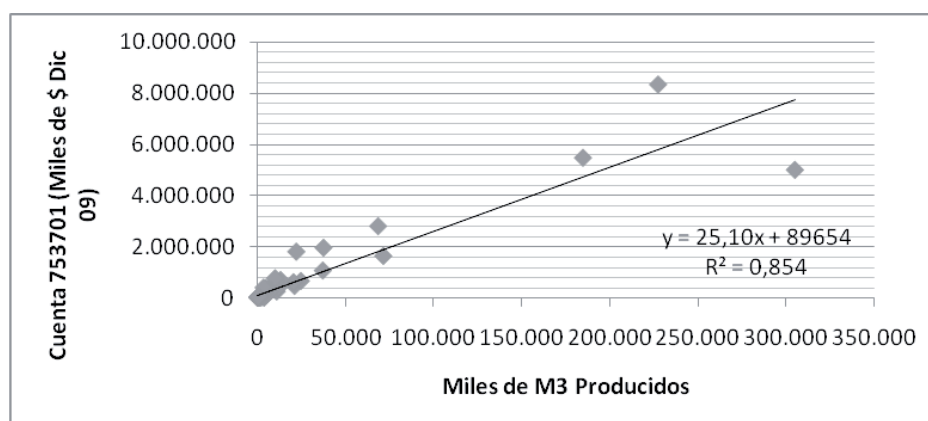
para obtener resultados estadísticamente significativos, fue necesario relajar el criterio de inclusión con respecto a la calidad de agua.

De acuerdo con las especificaciones mencionadas anteriormente, se logró estimar el

costo por metro cúbico de insumos químicos para 74 sistemas con más de 2500 usuarios.

La relación entre los costos anuales de los insumos químicos y los metros cúbicos producidos, se presenta en el gráfico 1:

**Gráfico No. 1 – Dispersión entre Costos Insumos Químicos y Metros Cúbicos Producidos para Empresas de la Muestra**



Fuente: SUI

En el anterior gráfico de dispersión, encontramos que la mayoría las observaciones siguen un patrón similar al lineal<sup>9</sup> y un importante nivel de concentración en los rangos inferiores, por lo que se deduce que existe una forma funcional que describe de manera general la relación entre el costo de los insumos químicos y la producción de agua. Básicamente, se observa que existe una alta correlación entre las dos variables; en este caso, la pendiente de la función indicaría el costo medio en que incurre un prestador por concepto de insumos químicos para el tratamiento de un metro cúbico de agua.

### 3.3. Prueba de Normalidad y Definición de Rangos

A partir de la metodología de diagrama de cajas se define la distribución de frecuencias y el nivel de dispersión del 50% de las empresas ubicadas en la caja. Los límites de la caja equivalen al primer y el tercer cuartil de la distribución y la línea central es la mediana; cuando la caja es simétrica, dicha línea se encontrará en el área central de la caja. Las observaciones o puntos que caen fuera de este rango corresponden a los valores extremos<sup>10</sup>.

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas del costo por metro cúbico.

<sup>9</sup> Con un coeficiente de corrección  $R^2 = 0,85$

<sup>10</sup> Los valores de los bigotes del gráfico de cajas a partir de los cuales se identifican los outliers, son estimados mediante las siguientes fórmulas: i) Mínimo:  $Q1 - 1.5 \text{ IQR}$  ii) Máximo:  $Q3 + 1.5 \text{ IQR}$ , donde  $\text{IQR} = Q3 - Q1$ .

**Tabla No. 1 - Estadísticas Descriptivas  
de la Muestra de Costos de Insumos Químicos de 2008**

Variables Descriptivas	Costo Medio (\$ Dic 09 /m3)
Media	35,39
Error típico	2,78
Mediana	30,88
Desviación estándar	23,92
Mínimo	0,83
Máximo	121,96
Percentil 25%	18,77
Percentil 50%	30,88
Percentil 75%	46,22
Curtosis	5,29
Asimetría	1,33
Cuenta	74

Fuente: Cálculos CRA

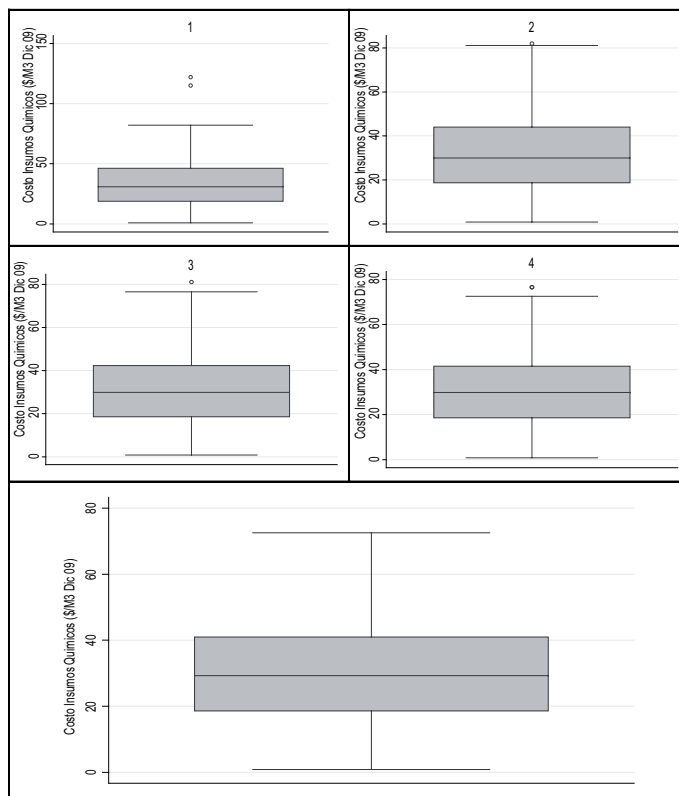
Tal como se muestra en la tabla anterior, de acuerdo a los valores reportados por los prestadores, se encontró que el rango del costo medio de insumos químicos presenta un valor mínimo de 0,83 \$/m<sup>3</sup> y un máximo de 121,96 \$/m<sup>3</sup>. El rango intercuartil tiene un límite inferior de 18,77 \$/m<sup>3</sup>, un límite superior de 46,22 \$/m<sup>3</sup> y una mediana de 30,88 \$/m<sup>3</sup>.

Tanto el costo total de insumos químicos como los metros cúbicos producidos presentan un alto nivel de dispersión (desviación estándar 1.330.941), dado el amplio rango

de tamaños de empresas que se incluye en la muestra. El importante nivel de error típico y desviación estándar en relación con la media, corroboran la idea que el costo por metro cúbico resulta un índice más significativo para la comparación de costos.

En los siguientes diagramas de cajas, se identifican las empresas con costos unitarios de tratamiento excepcionales, las cuales corresponden a todas aquellas con costos por metro cúbico de insumos químicos por encima de 87,39 \$/m<sup>3</sup> (Bigote superior), y se depura la muestra en caso de ser necesario.

**Gráfico No. 2 – Gráfico de Cajas del Costo por Metro Cúbico de 2008 (\$/m<sup>3</sup> dic. 09)**



Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

En los gráficos de cajas del 1 al 4 se identifican y eliminan de forma progresiva las observaciones atípicas (seis en total); el último gráfico de la serie, corresponde a la distribución

de las observaciones de la muestra totalmente depurada de outliers, cuyas estadísticas descriptivas se presentan a continuación.

**Tabla No. 2 - Estadísticas Descriptivas de la Muestra Depurada del Costo de Insumos Químicos de 2008**

Variables Descriptivas	Costo Medio (\$ dic. 09 /m <sup>3</sup> )
Media	30,38
Error típico	2,02
Mediana	29,23
Desviación estándar	16,65
Mínimo	0,83



Variables Descriptivas	Costo Medio (\$ dic. 09 /m <sup>3</sup> )
Máximo	72,55
Percentil 25%	18,56
Percentil 50%	29,23
Percentil 75%	40,95
Curtosis	2,6
Asimetría	0,4
Cuenta	68

Fuente: Cálculos CRA

Los estadísticos descriptivos del costo por metro cúbico de insumos químicos señalan una reducción en el nivel de dispersión; específicamente, se reduce la relación entre la desviación estándar y la media, cae la diferencia entre la media y la mediana y disminuye el valor del error típico junto con la desviación estándar.

Adicionalmente, de acuerdo con las estadísticas descriptivas de la Tabla No. 2, se puede inferir que los costos de tratamiento

por metro cúbico producido siguen una distribución similar a la normal, ya que presentan “Asimetría” y “Curtosis”<sup>11</sup> cercanas a cero y tres, respectivamente.

Con el fin de comprobar de una forma más exacta la presencia de normalidad en la distribución de los costos por metro cúbico de insumos químicos, se aplica a la muestra depurada las pruebas de Shapiro-Wilk y Shapiro-Francia, cuyos resultados se pueden observar en el siguiente cuadro.

**Tabla No. 3 – Resultados Test de Normalidad – Costo de Insumos Químicos**

Variable	Obs.	W	V	Z	Prob>z
Shapiro – Wilk	68	0.97725	1.368	0.680	0.24821
Shapiro-Francia	68	0.98119	1.244	0.432	0.33296

Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

Las probabilidades obtenidas en los dos test de normalidad mencionados corroboran que el costo de insumos químicos por metro cúbico presenta una distribución normal, ya que no es posible rechazar la hipótesis nula de normalidad con un 95% de confianza<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> Una distribución normal se caracteriza por tener un coeficiente de asimetría (*skewness*) cercana a 0 y una *Kurtosis* de 3. *Skewness* corresponde a la medida de simetría de distribución alrededor de la media y *Kurtosis* a la medida de simetría de distribución de los picos.

<sup>12</sup> Ver pruebas gráficas de normalidad en el anexo 5.

### 3.4. Definición de Costo por Metro Cúbico de Referencia

Teniendo en cuenta que los costos por metro cúbico de insumos químicos presentan una distribución normal, a continuación se presenta el costo máximo de referencia para este componente, estimado para distintos niveles de confianza.

Específicamente, se propone estimar el límite superior de referencia, buscando el valor de “t” (número de desviaciones estándar de la media) para distintos porcentajes de inclusión de observaciones entre la media y el valor de la media más “t”, o, de manera complementaria, para distintos porcentajes de observaciones excluidas.

Cabe señalar que se calcularon diferentes posibilidades de costo máximo por metro cúbico de referencia, ya que además de las consideraciones estadísticas, el valor a definir dependerá finalmente del nivel de rigurosidad con que el regulador desee evaluar a los prestadores (número de desviaciones estándar de la media con respecto al cual se define el porcentaje de observaciones excluidas del rango).

Para el presente periodo tarifario se recomienda adoptar porcentajes de exclusión entre el 10% y 20%, con el fin de incentivar la recolección de la mayor cantidad de información posible; es decir, el mencionado porcentaje de sistemas debería presentar una justificación adicional sobre los costos de insumos químicos en los que incurre por concepto de potabilización de agua.

**Tabla No. 4 – Posibles Valores Máximos de Referencia de Costos de Insumos Químicos por Metro Cúbico a Adoptar – Cifras en Pesos de diciembre de 2009**

Costo de Referencia	% Observaciones			No. Sistemas a Revisar	Desv. Estándar de la Media
	Incluidas en Rango Inf. y Sup.	Incluidas en Rango Sup.	Excluidas Rango Superior		
38,04	35,0%	17,7%	32,3%	24	0,46
39,20	40,0%	20,2%	29,8%	22	0,53
40,37	45,0%	22,6%	27,4%	20	0,6
41,70	50,0%	25,2%	24,8%	18	0,68
43,03	55,3%	27,6%	22,4%	17	0,76
44,70	60,5%	30,2%	19,8%	15	0,86
46,03	65,3%	32,6%	17,4%	13	0,94
47,70	70,2%	35,1%	14,9%	11	1,04
49,53	75,0%	37,5%	12,5%	9	1,15
51,86	80,3%	40,2%	9,9%	7	1,29

Fuente: Cálculos CRA

De acuerdo con las consideraciones y estimaciones realizadas, se propone aplicar como costo máximo de referencia para el control y verificación de 44,70 \$/m<sup>3</sup>, equivalente a 0,86

desviaciones estándar de la media; donde, los costos y cantidades de insumos químicos de 15 de los 74 sistemas que conforman la muestra, tendrían que ser revisados de forma más

detallada por la entidad competente (20% de las observaciones por encima del límite).

En relación con los métodos de verificación, dicha información está relacionada con los factores determinantes de los costos de insumos químicos como: dosificación óptima, evolución mensual de índices de calidad de agua cruda y tratada, tecnología empleada para el tratamiento, variación en los parámetros de medición de calidad de agua exigidos por las entidades locales o nacionales, antigüedad de la red y sistema, entre otros.

#### 4. ESTIMACIÓN DE UN PRECIO DE REFERENCIA PARA INSUMOS QUÍMICOS ESPECÍFICOS – SULFATO, CLORO Y CAL

En esta sección se calcula un precio de referencia para los insumos químicos comúnmente utilizados por los prestadores, de acuerdo con los precios por kilogramo reportados al MOVET.

Específicamente, se busca incentivar a las empresas a obtener precios más eficientes, mediante la realización de revisiones y análisis detallados de las condiciones de compra de los insumos químicos de aquellos prestadores cuyos precios unitarios estén por encima del valor límite definido por la CRA. Adicionalmente, en caso que exista una fuerte correlación entre los precios por insumo y los metros cúbicos producidos, se estimará un valor de referencia para grupos de empresas clasificados según su nivel de producción<sup>14</sup>.

En este caso, es necesario resaltar que la unidad de análisis es la empresa, y no el sistema como en la sección anterior; teniendo en cuenta que la capacidad de negociación con que cuenta la empresa, es un factor inde-

pendiente del sistema al cual se destinan los insumos químicos.

Para estimar el valor de referencia mencionado, se analiza si los precios por kilogramo del sulfato, cloro y cal presentan una tendencia estadística similar y en caso que exista, se fija un intervalo de significancia dentro del cual deberán encontrarse un determinado porcentaje de los precios de cada insumo químico (entre 35% y 80%). En caso contrario, basándose en el teorema o desigualdad de Chebyshev<sup>15</sup>, el costo de referencia será definido con base en la desviación estándar de la muestra.

##### 4.1. Metodología

Para calcular el precio por kilogramo, se utiliza la misma metodología definida para estimar el costo por metro cúbico de insumos químicos:

- Construir una muestra del precio por kilogramo del sulfato de aluminio, cal y cloro de las empresas con más de 2.500 usuarios.
- En caso que exista correlación entre los precios de insumos químicos y los metros cúbicos producidos, agrupar los prestadores de acuerdo a los “quiebres” en la tendencia de la relación entre las variables mencionadas.
- Identificar aquellos prestadores con precios por kilogramo excepcionales para cualquiera de los tres insumos mencionados, mediante un análisis de diagrama de cajas<sup>16</sup>, con el fin de depurar los valores extremos (*outliers*) de la muestra.

<sup>15</sup> Teorema aplicable a distribuciones diferentes a la normal, el cual indica que la probabilidad que cualquier variable aleatoria  $X$  tome un valor dentro de  $k$  desviaciones estándar de la media es al menos  $1 - 1/k^2$ . Por ejemplo, la probabilidad que un valor de la muestra este dentro de 2 desviaciones estándar de la media no es menor a 75%.

<sup>16</sup> Gráfico basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza la simetría y dispersión de un conjunto de datos.

<sup>14</sup> Anexo 4.

- Realizar las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y Shapiro-Francia<sup>17</sup> a la muestra de precios definida en el paso anterior.
- Estimar el precio de referencia que debe establecer el regulador, mediante la construcción de un intervalo de valores que incluya un porcentaje a determinar del total de la muestra. Básicamente, el valor de referencia será igual al número de desviaciones estándar por encima de la media, equivalente al porcentaje de observaciones seleccionado a incluir dentro de un intervalo específico.
- En caso de que la muestra no presente una distribución normal, se estimará el valor del precio de referencia utilizando 1.6 desviaciones estándar con respecto a la media. Lo cual, de acuerdo con el teorema de Chebyshev, equivale a afirmar que existe una probabilidad de 60% o superior que todas las observaciones se encuentren por debajo de 1.6 desviaciones estándar de la media.

#### 4.2. Definición de Variables y Fuentes de Información

Las variables y fuentes utilizadas para el análisis del precio de insumos químicos son las siguientes:

*Precio Sulfatos:* Precio por kilogramo reportado por los prestadores al MOVET, expresado en pesos de diciembre de 2009. Con el fin de homogeneizar la muestra se clasificó bajo el título de sulfatos al sulfato de aluminio líquido, sulfato de aluminio tipo B, sulfato de aluminio tipo A, sulfato de aluminio granulado tipo B y los reportados por las empresas como "sulfatos". Cabe aclarar que en la mayoría de

los casos los prestadores no identifican el tipo de sulfato de aluminio utilizado.

*Precio Cal:* Precio por kilogramo reportado por los prestadores al MOVET, expresado en pesos de diciembre de 2009. Con el fin de homogeneizar la muestra se clasificó bajo el título de cal a la cal viva y cal deshidratada.

*Precio Cloro:* Precio por kilogramo reportado por los prestadores al MOVET, expresado en pesos de diciembre de 2009. Con el fin de homogeneizar la muestra se clasificó bajo el título de cloro al cloro gaseoso, cloro líquido y cloro granulado.

*Metros Cúbicos Producidos:* Metros cúbicos de agua producida por empresa y por sistema, para el año base seleccionado en el MOVET (rango 2002-2005), reportado por los prestadores.

El total de empresas mayores de 2.500 usuarios que reportaron costos de insumos químicos al MOVET a la fecha de elaboración del presente informe asciende a 69, las cuales se reducen a 63 después de remover los datos atípicos o inconsistentes de la muestra. Adicionalmente, las 63 empresas poseen un total de 108 sistemas, de los cuales 58 están concentrados en 5 empresas; mientras que las 50 empresas restantes poseen un solo sistema.

Es preciso aclarar que, mientras que para la definición del costo de referencia para insumos químicos por metro cúbico la unidad de referencia fue el sistema, en este caso, dado que la negociación del precio para cada insumo la realiza directamente la empresa (independientemente del sistema que hará uso del insumo), ésta será la unidad de referencia.

Adicionalmente, se encuentra que no resulta apropiado agrupar los prestadores según su tamaño, debido a la baja correlación entre el precio y los metros cúbicos producidos y el bajo número de observaciones para la cal y el cloro (ver anexo cuatro).

<sup>17</sup> Las dos pruebas mencionadas corresponden a test de ajuste para comprobar si los datos de la muestra han sido extraídos de una población normal.

**Tabla No. 5 – Intensidad de Uso y Mecanismo de Adquisición por Tipo de Insumo Químico Reportado a MOVET**

Insumo	No Sistemas
COLORO	100
SULFATOS	98
CAL	32
POLÍMERO	25
CARBÓN ACTIVADO	17
HIPOCLORITO	12
HIDROXICLORURO DE ALUMINIO	10
OTROS	6
SILICATO DE SODIO	5
CLORURO FÉRRICO	3
ERXO	3
ALUMBRE	2
OXÍGENO	2
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	2
SODA CÁUSTICA	2
SULFATO DE SODIO	2
ACIDO CLORHÍDRICO	1
FLOCULANTE	1

Fuente: Elaboración CRA con Datos MOVET.

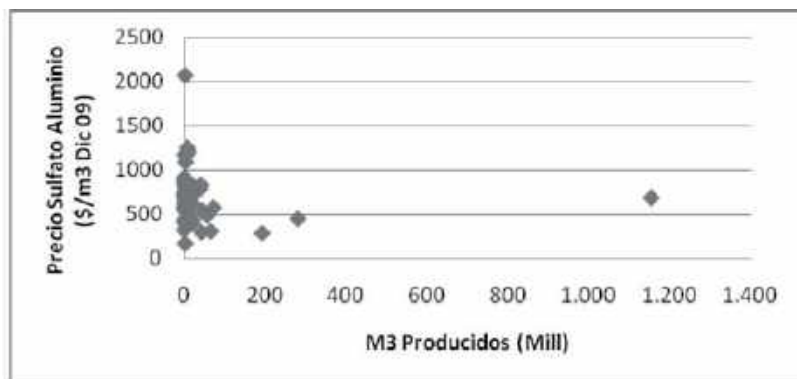
Como se puede observar en la tabla anterior, los insumos químicos de mayor uso por sistema son cloro, sulfatos, cal, polímeros, carbón activado e hipoclorito. En el presente estudio se decidió definir rangos únicamente para los sulfatos, cloro y cal, ya que son los únicos insumos con suficientes observaciones por empresa para realizar estimaciones significativas (más de 21 observaciones). A pesar que los polímeros y el carbón activado tienen un número importante de observaciones por sistema, al analizar en detalle los datos, se encuentra que la mayoría corresponden a un número

muy reducido de empresas, lo cual le resta representatividad a la muestra.

En relación con los mecanismos de compra comúnmente utilizados por las empresas, basados en la información reportada a MOVET, se destaca que en promedio el 69% se realiza mediante procesos competitivos (33% concurrencia de oferentes y 37% licitaciones) y el 31% restante a través de otro tipo de esquemas.

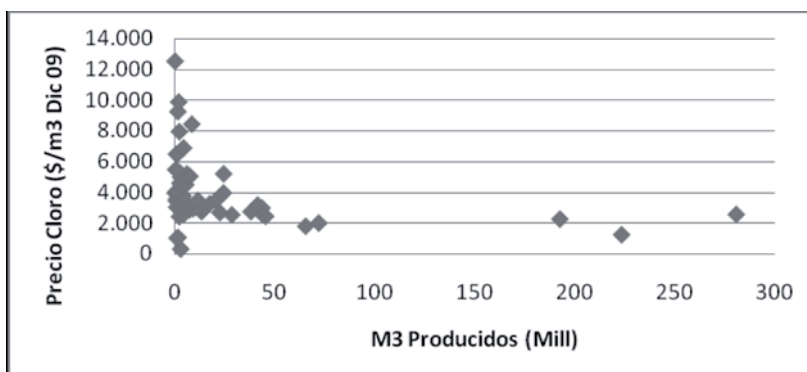
A continuación se presentan los gráficos de la relación existente entre los precios de cada insumo químico a analizar y los metros cúbicos de agua producidos:

**Gráfico No. 3 – Dispersión Entre los Metros Cúbicos Producidos y el Precio del Sulfato - Muestra Inicial por Empresa**



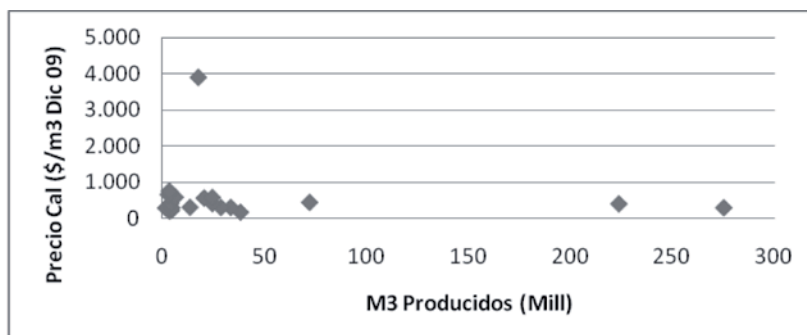
Fuente: CRA

**Gráfico No. 4 – Dispersión Entre los Metros Cúbicos Producidos y el Precio del Cloro - Muestra Inicial por Empresa**



Fuente: CRA

**Gráfico No. 5 – Dispersión Entre los Metros Cúbicos Producidos y el Precio de la Cal - Muestra Inicial por Empresa**



Fuente: CRA

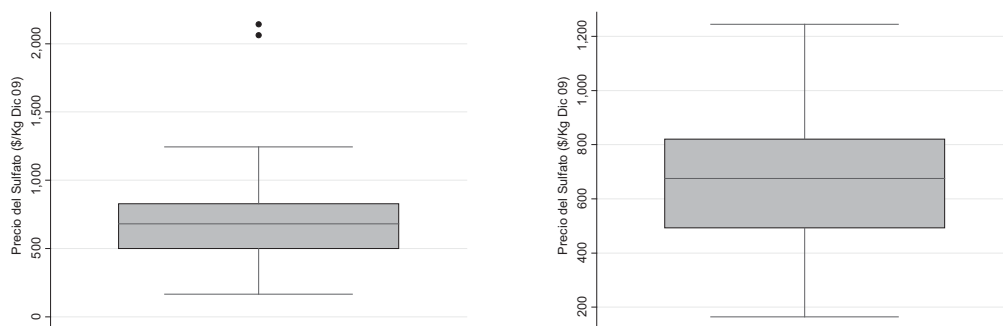
Como se puede observar, los tres tipos de insumos presentan un comportamiento similar: un alto nivel de concentración en el rango inferior y algunos datos atípicos ubicados en los extremos del clúster de observaciones. En consecuencia, se espera que una vez depurada cada muestra, pueda detectarse alguna forma funcional que describa de manera general la relación entre los precios de cada insumo y los metros cúbicos producidos.

### 4.3. Prueba de Normalidad y Definición de Rangos

#### 4.3.1. Sulfatos

De acuerdo con el análisis del diagrama de cajas de los precios por kilogramo del sulfato, se eliminaron de la muestra dos datos atípicos, reduciendo la misma a 51 observaciones, tal como se presenta a continuación.

**Gráfico No. 6 – Gráficos de Cajas del Precio del Sulfato (\$ dic. 09/kg)**



Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

Las estadísticas descriptivas de la muestra depurada son las siguientes:

**Tabla No. 6 – Estadísticas Descriptivas de Precios del Sulfato**

Variables Descriptivas	\$ Dic. 09/Kg Precio Sulfato
Media	659,10
Error típico	32,56
Mediana	675,53
Desviación estándar	234,80
Mínimo	164,60
Máximo	1244,67
Percentil 25%	486,10
Percentil 50%	674,12
Percentil 75%	824,51
Curtosis	3,03
Asimetría	0,34
Cuenta	51

Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

El rango del precio del sulfato presenta un mínimo de 164,60 \$/kg y un máximo de 1.244,67 \$/kg; mientras que el rango intercuartil tiene un límite inferior de 486,10 \$/kg, un límite superior de 824,51 \$/kg y una mediana de 675,53 \$/kg. Adicionalmente, la relación entre la media 659,10 \$/kg y la desviación estándar 234,8 \$/kg indican un nivel de dispersión relativamente bajo.

Por otra parte, con base en los valores de curtosis y asimetría es posible inferir que la

muestra de precio del sulfato sigue una distribución normal, ya que estos están cercanos a cero y tres, respectivamente.

Con el fin de corroborar la distribución normal de la muestra se realizaron las pruebas Shapiro – Wilk y Shapiro-Francia, en las cuales no se rechaza la hipótesis nula de normalidad con un nivel de confianza del 95% (presentan una probabilidad mayor a 0.05).

**Tabla No. 7 – Resultados Test de Normalidad**

Variable	Obs.	W	V	Z	Prob>z
Shapiro – Wilk	51	0,97669	1,113	0,229	0,40929
Shapiro-Francia	51	0,97787	1,165	0,296	0,38345

Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

Una vez corroborada la normalidad de la muestra del precio por kilogramo del sulfato, a continuación se presentan distintas opciones para seleccionar el precio de referencia de este insumo.

Específicamente, el límite superior de referencia se estima, buscando el valor de “t” (número de desviaciones estándar de la media) para distintos porcentajes de inclusión de observaciones entre la media y el valor de la media más “t”.

**Tabla No. 8 – Posibles Rangos de Precio del Sulfato a Adoptar – Cifras en Pesos de diciembre de 2009 por kilogramo**

Costo de Referencia	% Observaciones			No. Prestadores a Revisar	Desv. Estándar de la Media
	Incluidas en Rango Inf. y Sup.	Incluidas en Rango Sup.	Excluidas Rango Superior		
767,11	35%	18%	32%	16	0,46
783,54	40%	20%	30%	15	0,53
799,98	45%	23%	27%	14	0,6
818,76	50%	25%	25%	13	0,68
837,55	55%	28%	22%	11	0,76
861,03	60%	30%	20%	10	0,86
879,81	65%	33%	17%	9	0,94
903,29	70%	35%	15%	8	1,04
929,12	75%	37%	13%	6	1,15
961,99	80%	40%	10%	5	1,29

Fuente: CRA

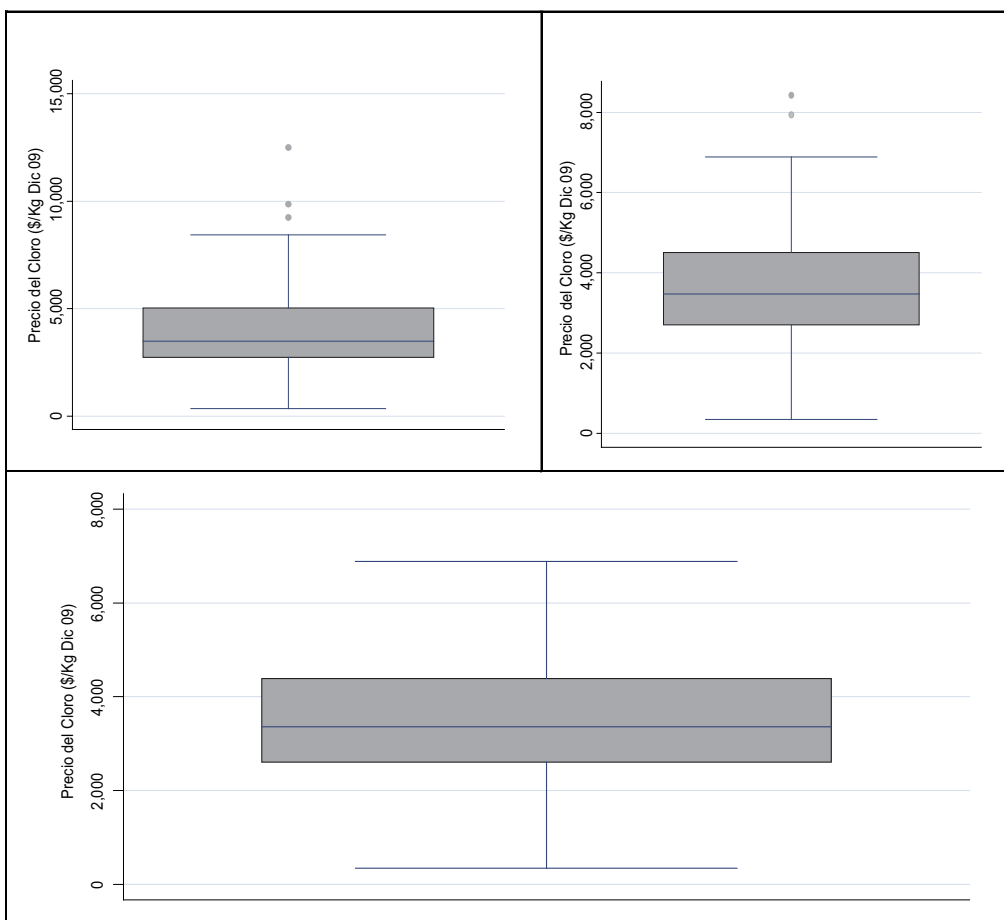


De acuerdo con los valores estimados, se recomienda fijar el precio máximo de referencia del sulfato en 861.03 \$ dic. 09/kg, lo cual equivale a 0.86 desviaciones estándar de la media; esto implica que la entidad competente deberá analizar la información en detalle del 20% de los prestadores que reporten información (10 empresas en una muestra de 51 observaciones).

### 4.3.2. Cloro

Como primer paso para estimar el precio de referencia del cloro, se depura la muestra inicial, de acuerdo con el análisis de diagrama de cajas, presentado a continuación.

**Gráfico No. 7 – Gráfico de Cajas del Precio del Cloro (\$ dic. 09/kg)**



Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

La muestra inicial está compuesta de 56 observaciones (precios de cloro por empresa), las cuales descienden a 51 una vez se eliminan

los datos atípicos. Con la muestra depurada, se procede a estimar los estadísticos de la misma.

**Tabla No. 9 – Estadísticas Descriptivas de Precios del Cloro**

	\$ Dic 09/Kg
Variables Descriptivas	Precio Cloro
Media	3496,77
Error típico	194,7
Mediana	3354,34
Desviación estándar	1390,43
Mínimo	340,07
Máximo	6885,83
Percentil 25%	2603,61
Percentil 50%	3354,34
Percentil 75%	4388,64
Curtosis	3,13
Asimetría	0,33
Cuenta	51

Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

El rango de precios del cloro presenta un mínimo de 340,07 \$/kg y un máximo de 6.885,83 \$/kg; mientras que el rango intercuartil tiene un límite inferior de 2.603,61 \$/kg, un límite superior de 4.388,64 \$/kg y una mediana de 3.354,34 \$/kg.

Por otra parte, con base en los indicadores de curtosis (3.13) y asimetría (0.33) es posible

concluir que los precios del cloro siguen una distribución normal, ya que se acercan a los valores cero y tres, respectivamente.

Para corroborar existencia de normalidad en la distribución de la muestra, se realizan las pruebas Shapiro-Wilk y Shapiro-Francia, cuyos resultados se presentan en el siguiente cuadro.

**Tabla No. 10 – Resultados Test de Normalidad**

Variable	Obs.	W	V	Z	Prob>z
Shapiro – Wilk	51	0,97104	1,383	0,693	0,24419
Shapiro-Francia	51	0,97065	1,546	0,838	0,20113

Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

En las dos pruebas realizadas no es posible rechazar la hipótesis nula de normalidad en la

distribución, debido a que la probabilidad es superior a 0.05 (nivel de confianza del 95%).

Por lo tanto, una vez confirmada la normalidad de la muestra, el siguiente paso consiste en estimar el precio de referencia para el cloro. Básicamente, el límite superior

de referencia se estima, buscando el valor de “t” (número de desviaciones estándar de la media) para distintos porcentajes de inclusión de observaciones entre la media y el valor de la media más “t”.

**Tabla No. 11 – Posibles Rangos de Precio del Cloro a Adoptar  
– Cifras en Pesos de diciembre de 2009 por kilogramo**

Costo de Referencia	% Observaciones			No. Prestadores a Revisar	Desv. Estándar de la Media
	Incluidas en Rango Inf. y Sup.	Incluidas en Rango Sup.	Excluidas Rango Superior		
4136,37	35%	18%	32%	16	0,46
4233,70	40%	20%	30%	15	0,53
4331,03	45%	23%	27%	14	0,6
4442,26	50%	25%	25%	13	0,68
4553,50	55%	28%	22%	11	0,76
4692,54	60%	30%	20%	10	0,86
4803,78	65%	33%	17%	9	0,94
4942,82	70%	35%	15%	8	1,04
5095,77	75%	37%	13%	6	1,15
5290,43	80%	40%	10%	5	1,29

Fuente: CRA

Manteniendo el criterio de implementar límites rigurosos, se recomienda utilizar como precio máximo de referencia del cloro 4,692.54 \$ dic. 09/kg (0.86 desviaciones estándar por encima de la media). El valor anterior implica que aproximadamente al 20% de los prestadores, deberán justificar el precio de este insumo ante la SSPD (10 empresas de una muestra de 51).

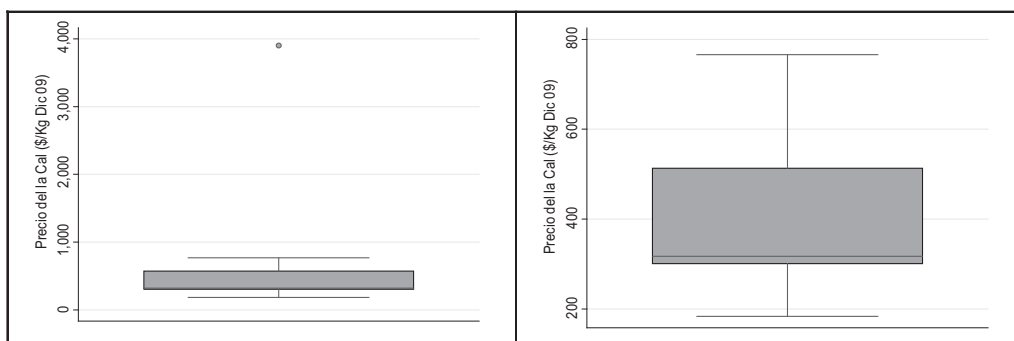
#### 4.3.3. Cal

Inicialmente, se intentó calcular los precios por kilogramo de la cal a partir de una muestra de 32 sistemas, equivalentes a 20 empresas, ya que el número de observaciones por empresa es relativamente bajo.

Los resultados obtenidos fueron poco significativos, ya que 14 de los 32 sistemas pertenecen a una misma empresa y reportan un mismo precio para la cal; de forma tal que el valor de la media tiende hacia el valor de este prestador, debido a que representa casi el 50% de la muestra.

Con el fin de solucionar este inconveniente, se decidió utilizar precios promedio de la cal por empresa, obteniendo así una muestra de 20 prestadores. Una vez se eliminaron las observaciones atípicas, con base en el análisis de diagrama de cajas, la muestra a utilizar se reduce a 19 observaciones.

**Gráfico No. 8 – Gráfico de Cajas del Precio de la Cal (\$ dic. 09/kg)**



Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas estimadas para el grupo de observaciones depurado para los precios de cal:

**Tabla No. 12 – Estadísticas Descriptivas de Precios de la Cal**

	\$ dic. 09/kg
Variables Descriptivas	Precio Cal
Media	403,338
Error típico	37,9137
Mediana	319,302
Desviación estándar	165,262
Mínimo	183,64
Máximo	766,371
Percentil 25%	297,3
Percentil 50%	319,3
Percentil 75%	573,15
Curtosis	2,44
Asimetría	0,7
Cuenta	19

Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

El rango del precios de la cal presenta un mínimo de 183,64 \$/kg y un máximo de 766,37 \$/kg; mientras que el rango intercuartil tiene un límite inferior de 297,30 \$/kg, un límite superior de 573,15 \$/kg y una mediana de 319,30 \$/kg.

Adicionalmente, teniendo en cuenta los valores de Curtosis (2.44) y Asimetría (0.7),

se puede inferir que los precios de la cal presentan un comportamiento similar al de una distribución normal, ya que estos no difieren de los valores estándar de tres y cero, respectivamente.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro–Wilk y Shapiro-Francia:

**Tabla No. 13 – Resultados Test de Normalidad**

Variable	Obs.	W	V	Z	Prob>z
Shapiro–Wilk	19	0,91702	1,894	1,283	0,09969
Shapiro-Francia	19	0,92342	1,933	1,171	0,1208

Fuente: Cálculos CRA - Stata 8.0

Con un nivel de confianza del 95% para las dos pruebas, no es posible rechazar la hipótesis nula de normalidad, ya que la probabilidad es mayor a 0.05. Las pruebas gráficas realizadas pueden observarse en el anexo 5.

Una vez comprobada la distribución normal de la muestra de la cal, se procede a esti-

mar el precio de referencia a aplicar a partir de la media, la desviación estándar de la muestra y los distintos porcentajes de inclusión que estos implican.

Los valores propuestos se presentan en el siguiente cuadro:

**Tabla No. 14 – Posibles Rangos de Precio de la Cal a Adoptar – Cifras en Pesos de diciembre de 2009 por kilogramo**

Costo de Referencia	% Observaciones			No. Prestadores a Revisar	Desv. Estándar de la Media
	Incluidas en Rango Inf. y Sup.	Incluidas en Rango Sup.	Excluidas Rango Superior		
479,36	35%	18%	32%	6	0,46
490,93	40%	20%	30%	6	0,53
502,50	45%	23%	27%	5	0,6
515,72	50%	25%	25%	5	0,68
528,94	55%	28%	22%	4	0,76
545,46	60%	30%	20%	4	0,86
558,68	65%	33%	17%	3	0,94
575,21	70%	35%	15%	3	1,04
593,39	75%	37%	13%	2	1,15
616,53	80%	40%	10%	2	1,29

Fuente: CRA

Siguiendo las consideraciones para la definición de los límites de precio mencionadas anteriormente, se recomienda aplicar como precio máximo de referencia 545.46 \$ dic 09/kg (0.86 desviaciones estándar), lo cual implica que la SSPD deberá revisar los costos de aproximadamente el 20% de las empresas que reporten (4 empresas de una muestra de 19).

En relación con el proceso de revisión de información de precios por parte de la SSPD, se debe solicitar a las empresas que estén por encima del precio de referencia, una copia en físico del contrato de suministro o factura (que incluya precio de compra con el costo de transporte desagregado, nombre específico del insumo adquirido, especificaciones técnicas del insumo y duración del contrato) y el mecanismo de adquisición (en caso que no sea competitivo deberá justificar). Adicionalmente, para lograr desarrollar un seguimiento continuo de la evolución de cada insumo adquirido, se debe incorporar en la compilatoria del SUJ un reporte mensual o anual donde se especifiquen los insumos, precios, dosis óptimas y mecanismos de adquisición utilizados por cada prestador.

## 5. CONCLUSIONES

- No es recomendable la definición de valores techo para el costo por metro cúbico y precios de insumos químicos, ya que las particularidades de los prestadores del servicio público de acueducto (calidad de agua, número de proveedores cercanos, el tipo del planta de tratamiento utilizada, entre otros), no permiten la definición de un modelo general que permita controlar todas las variables a las que se ve enfrentada una empresa. Adicionalmente, la definición de un precio techo puede tener un efecto contrario al esperado, ya que aquellos prestadores con costos inferiores, tendrían la opción de “pegarse” al mismo.
- Sin embargo, como primer paso para incentivar la eficiencia en este componente y reducir la asimetría de información existente, es recomendable utilizar un valor de referencia a partir del cual la entidad competente realice un control y verificación más detallada de los determinantes de los costos de estos prestadores.
- Resulta indispensable actualizar el análisis desarrollado, empleando la información del año base que utilizarán los prestadores en la definición de los costos y tarifas con la nueva metodología, cuya recopilación está siendo coordinada actualmente con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).
- En la medida que se cuente con información de mejor calidad será posible establecer modelos en los cuales los costos máximos de referencia de insumos químicos puedan ser controlados por variables como, por ejemplo, la calidad de agua cruda o el tamaño de las empresas.
- Dentro de la formulación de instrumentos regulatorios para incentivar la eficiencia en el mecanismo de adquisición de los insumos químicos, es fundamental tener en cuenta la información referente a la composición del mercado de insumos (grado de competencia existente); dichos análisis superan el alcance de este documento y se propone que los mismos sean desarrollados con el apoyo de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).
- Los costos unitarios de insumos químicos y precios del sulfato, cal y cloro reportado por los prestadores presentan una distribución normal, de forma tal que se estima el valor de referencia, mediante el cálculo de intervalos de confianza (número determinado de desviaciones estándar con respecto a la media). Los valores propuestos son:

	Valores de Referencia	Unidades
Costo por Metro Cúbico	44,7	\$ dic. 09/m <sup>3</sup>
Sulfato	861,0	\$ dic. 09/kg
Cloro	4692,5	\$ dic. 09/kg
Cal	545,5	\$ dic. 09/kg

El precio de los insumos químicos por kilogramo, puede cambiar de forma importante de acuerdo con variables como la cantidad negociada con el proveedor, definición de nuevos parámetros para medir la calidad del agua potable, el costo del transporte y la cercanía del proveedor a la fuente del insumo, entre otros. Por lo tanto, con el fin de tener un mejor conocimiento de los precios reales de los insumos, se sugiere que como parte del reporte de este componente para el nuevo periodo tarifario, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios solicite la siguiente información a los prestadores: i) el nombre exacto, ii) precio por kilogramo, iii) precio por kilogramo sin transporte, iv) dosificación óptima, v) método de adquisición, vi) proveedor y vi) cantidad total utilizada de cada insumo químico. De forma tal, que sea posible realizar un seguimiento más detallado del comportamiento de este componente del costo.

En relación con el método de verificación, se propone que la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios solicite a los prestadores con valores por encima del valor de referencia, que justifiquen sus costos por metro cúbico mediante soportes como: estudios de dosificación óptima, evolución mensual de índices de calidad de agua cruda y tratada (reportados actualmente al SUI), soporte en físico de los mecanismos de compra

y soporte en físico de los contratos de compra realizados, características técnicas y físicas de la plantas o infraestructura o cualquier otro factor que pueda justificar las variaciones observadas.

## 6. REFERENCIAS

Dearmont, D., B. A. McCarl, and D. A. Tolman (1998), Costs of Water Treatment Due to Diminished Water Quality: A Case Study in Texas, *Water Resources Research*, 849–853.

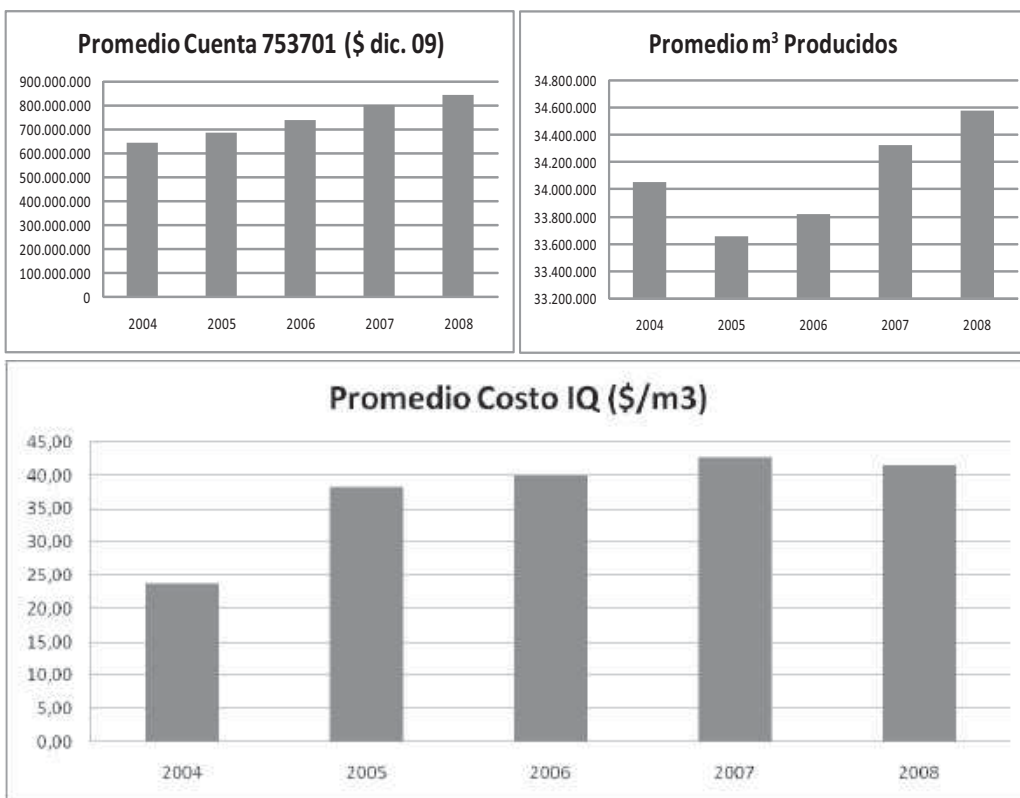
Dasgupta, Susmita., Huq, Mainul., Wheeler, David., Zhang, Chonghua (1996). *Water Pollution Abatement by Chinese Industry. Cost Estimates and Policy Implications*. Policy research working paper No. 1630. The World Bank – Environment, Infrastructure and Agriculture Division.

Mundle, Sudipto., Shankar U., Mehta Shekhar (1995), *Incentives and Regulation for Pollution Abatement With an Application to Waste Water Treatment*. Asian Development Bank.

Sarmiento G., Marcelo G., Villa L., (2005). *Propuesta metodológica para la evaluación del impacto de la contaminación de las cuencas hídricas del país: Estudio de caso del río "La Vieja"*.

**ANEXO ESTADÍSTICO**

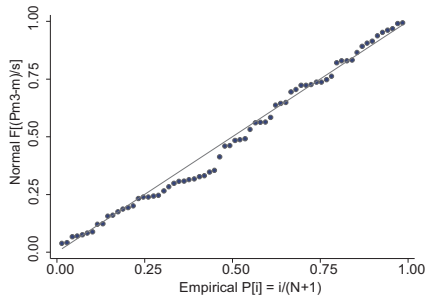
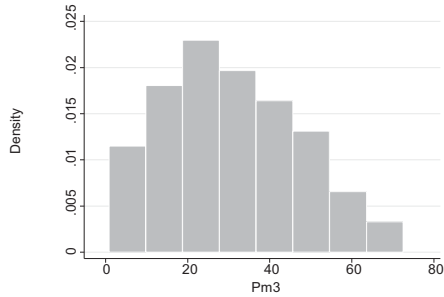
**ANEXO 1 – EVOLUCIÓN DE COSTOS POR METRO CÚBICO DE INSUMOS QUÍMICOS  
POR EMPRESA (sin desagregación por sistema)**



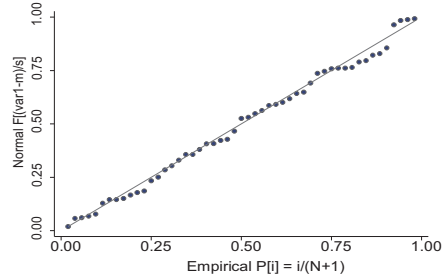
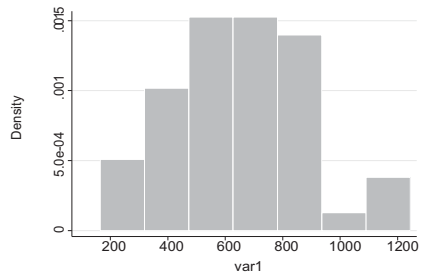
\* Valores promedio de una muestra de 34 empresas mayores a 2.500 suscriptores.



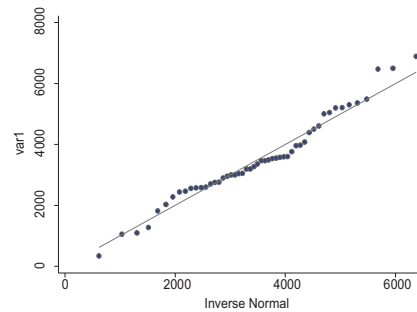
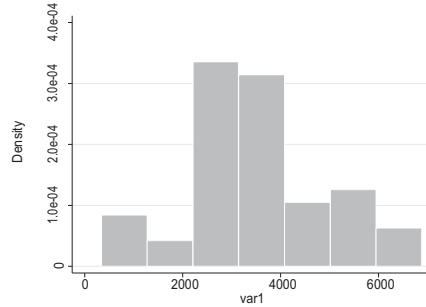
**ANEXO 2 – PRUEBAS GRÁFICAS DE NORMALIDAD  
– HISTOGRAMA Y DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES  
Costo por Metro Cúbico:**



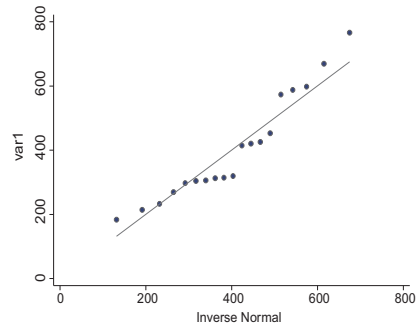
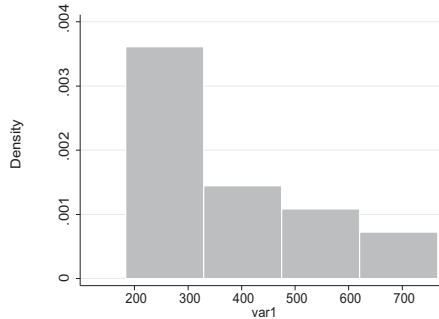
**Precio por kilogramo Sulfato:**



**Precio por kilogramo Cloro:**



**Precio por kilogramo Cal:**



Fuente: Cálculos CRA – E-Views 5.0

### ANEXO 3 – ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA CRUDA (ICA)

Como se puede observar en los cuadros que se presentan a continuación, no resulta relevante agrupar según la calidad de agua cruda los sistemas que conforman la muestra de costos por metro cúbico, teniendo en cuenta lo siguiente:

Los prestadores, no reportan, o reportan con inconsistencias, los datos de los parámetros requeridos para el cálculo del índice de calidad de agua cruda (ICA), por tanto, los puntajes estimados no reflejan efectivamente las características reales del recurso hídrico con que disponen las empresas.

El índice de calidad de agua cruda es una de las variables consideradas dentro de la estimación del puntaje de eficiencia comparativa (PDEA) definido en la Resolución CRA 287 de 2004. El supuesto es que esta variable tiene la capacidad de explicar una porción de los costos operativos comparables en que incurre un prestador, de manera que empresas con una buena calidad de agua cruda tendrán menores costos y viceversa.

Como un incentivo para que los prestadores hagan un adecuado reporte de la información, para efectos de la estimación del PDEA, se asume una calidad de agua óptima para cada parámetro no reportado (puntaje 4).

Así las cosas, cuando se aplica el mencionado procedimiento, la muestra de empresas seleccionada presenta una calidad de agua cruda aceptable, y una muy baja dispersión (puntajes entre 3.5 y 4). Por otra parte, cuando se asume que los datos no reportados corresponden a una calidad de agua cruda deficiente (sin puntaje), el WQI resultante para la mayoría de la muestra es de tipo “muy deficiente” o “deficiente” (igualmente presenta una baja dispersión - puntajes 0 a 2). En los dos casos considerados, el elevado número de puntajes por parámetro no reportados, genera una supra o infra valoración de la calidad del agua de la muestra y un bajo nivel de dispersión, de manera que no resulta posible realizar una diferenciación significativa entre empresas por calidad de agua cruda.

La información del SUI presenta una cantidad importante de observaciones por empresa, las cuales no están asociadas a municipio o fuente, de forma tal que no es posible incorporarlas al índice promedio mensual. Adicionalmente, existen pocos prestadores que consistentemente reportan el ICA mes a mes, lo cual implica que el promedio anual por prestador en realidad corresponde al promedio únicamente de los meses que reporta para un año específico.

ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL ICA 2008 - TODAS LAS EMPRESAS QUE REPORTARON AL SUI															
	Ph Promedio	Oxígeno Disuelto (mg/l)z	Ecoli NMP	Coliformes Totales (NMP)	Turbiedad UNT	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Sólidos Totales (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Color Real UPC	Amoniaco	Manganeso	Hierro	WQI (0 - 100)	WQI (1 - 4)
PROMEDIO	4,18	3,06	5,76	5,25	2,97	7,18	6,83	5,56	3,99	4,73	5,81	6,00	5,64	23,81	0,95
MEDIANA	4,20	2,79	4,40	3,63	1,53	8,10	8,10	5,60	4,00	5,59	6,00	6,00	6,00	21,44	0,86
MODA	4,20	0,18	11,00	11,00	0,23	9,00	9,00	5,60	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	22,00	0,88
DESV EST	1,20	2,88	3,64	3,33	3,12	2,55	2,59	0,67	0,12	1,67	0,65	0,00	1,00	14,46	0,58
MIN	0,14	0,18	0,55	1,65	0,23	0,36	0,36	2,45	0,64	0,26	0,00	6,00	0,17	0,23	0,01
MAX	7,00	9,00	11,00	11,00	9,00	9,00	9,00	6,09	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	94,47	3,78

Fuente: SUI - CRA

ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DEL ICA 2008 - EMPRESAS DE LA MUESTRA															
	Ph Promedio	Oxígeno Disuelto (mg/l)2	Ecolit NMP	Coliformes Totales (NMP)	Turbiedad UNT	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Sólidos Totales (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Color Real UPC	Amoniaco	Manganeso	Hierro	WQI (0 - 100)	WQI (1 - 4)
PROMEDIO	4,21	3,63	4,33	4,01	1,68	6,98	6,18	5,45	4,00	4,44	5,72	6,00	5,47	20,60	0,82
MEDIANA	4,20	4,50	3,63	3,08	0,23	8,10	6,66	5,60	4,00	4,86	6,00	6,00	6,00	17,44	0,70
MODA	4,20	5,40	11,00	2,75	0,23	9,00	9,00	5,60	4,00	5,59	6,00	6,00	6,00	6,00	0,24
DESV EST	0,99	2,75	3,26	2,67	2,46	2,46	2,75	0,91	0,00	1,59	0,89	0,00	1,22	12,88	0,52
MIN	0,14	0,18	0,55	1,65	0,23	0,36	0,36	2,45	4,00	0,26	0,00	6,00	0,17	0,23	0,01
MAX	7,00	9,00	11,00	11,00	9,00	9,00	9,00	6,09	4,00	6,00	6,00	6,00	6,00	86,98	3,48

Fuente: SUI – CRA

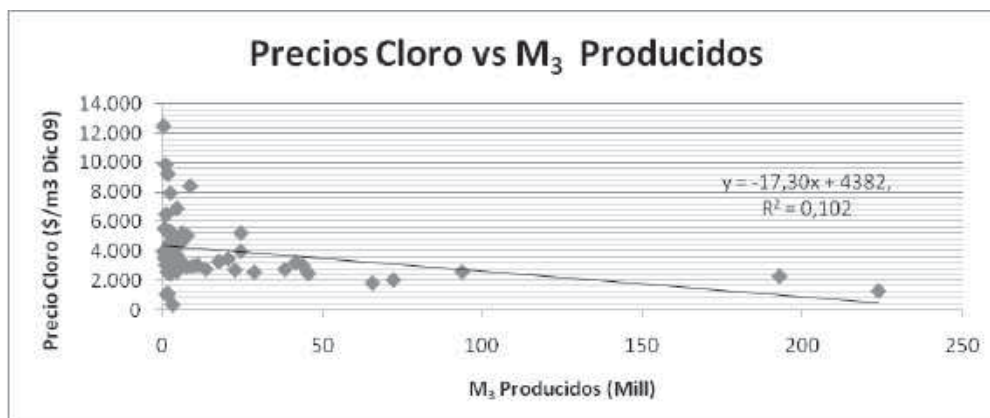
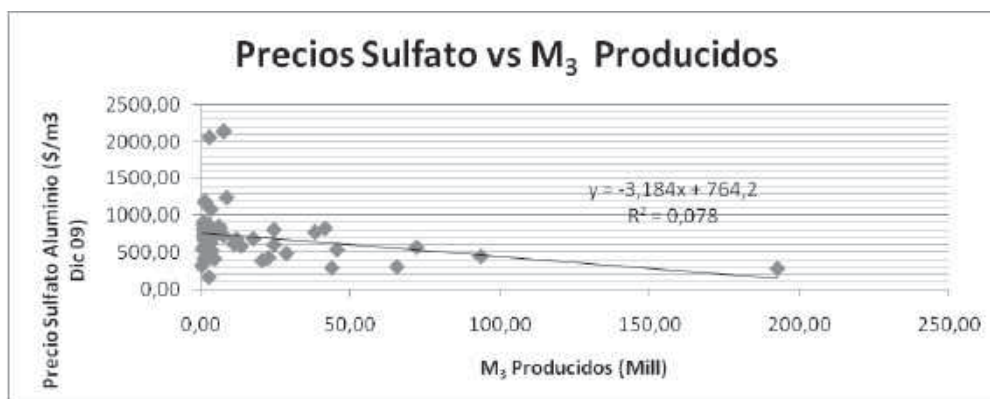
El número original de registros de mediciones mensuales de calidad de agua cruda durante el 2008, para el total de empresas que reportan al SUI asciende a 22.155, una vez se han seleccionado las observaciones correspondientes a la muestra de sistemas re-

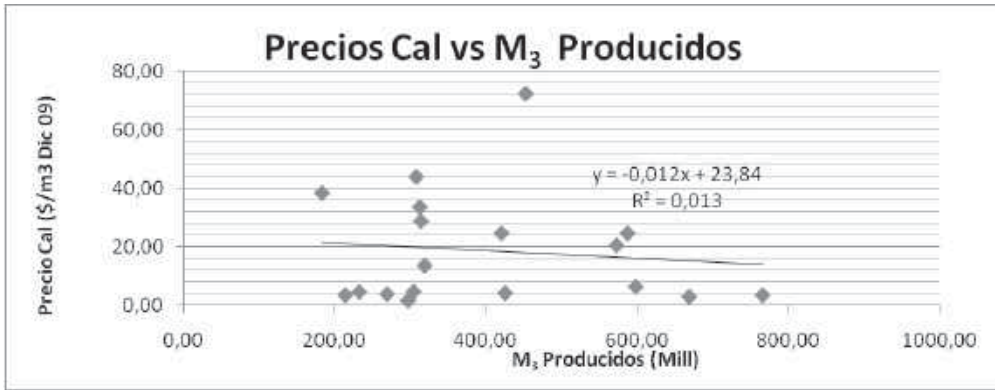
portados al MOVET, se encuentra que ascienden a 7.331; los cuales una vez promediados, únicamente pueden ser asociados a 66 de los 101 sistemas (ninguno con los 13 indicadores requeridos para el cálculo del ICA).

## ANEXO 4 – RELACIÓN PRECIO INSUMO QUÍMICO CON TAMAÑO DE EMPRESA

Como se puede observar en los siguientes gráficos, no existe un nivel de correlación muy fuerte entre el precio de cada insumo químico analizado y los metros cúbicos producidos (proxy de tamaño de la empresa) para la muestra de prestadores seleccionada; específicamente, no se presenta en términos generales un menor precio por insumo a medida que aumenta el tamaño de la empresa (nivel de dispersión importante de la muestra). Por lo tanto, no se considera relevante agrupar los prestadores según su tamaño, para definir un precio de referencia por grupo y por insumo, ya que el alto nivel de dispersión al interior de cada grupo generaría resultados poco precisos (alta desviación estándar).

Una de las posibles explicaciones de este comportamiento atípico, puede ser la presencia de monopolios o oligopolios en la venta de insumos químicos en algunos de los municipios donde prestan el servicio las empresas de la muestra, de forma tal que el poder de mercado del proveedor genera la adquisición del insumo a valores por encima de los de un mercado competitivo. Por lo tanto, se considera importante, analizar la composición del mercado de cada uno de estos insumos a nivel departamental y nacional, así como replicar este análisis con la información a 2008 que esta próxima a ser recopilada por parte de la SSPD.





## EL DESINCENTIVO ECONÓMICO: UN INSTRUMENTO DE POLÍTICA PÚBLICA PARA ESTIMULAR EL CONSUMO EFICIENTE DEL AGUA POTABLE.

---

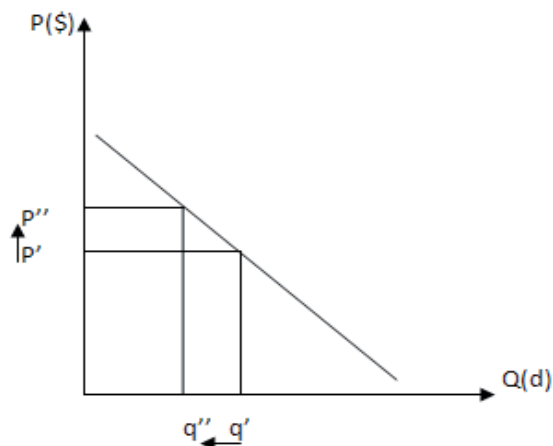
### Summary

The use of economic mechanisms to modify consumer behavior constitutes an appropriate public policy tool. Incentives through price differentiation are among the most common economic mechanisms used by those in charge of define regulatory policies, due to the fact that consumers commonly prefer to change their behavior patterns when facing a threat of an increase in prices. The mentioned theory was validated recently in the Colombian water sector when a scheme of price differentiation was established by the regulator, in order to preserve consumer access to the resource during a dry season. Basically, consumers considerably reduced their water usage in order to avoid increases in their water bill; therefore, the implemented policy confirms that through the use of proper economic incentives it is possible to modify consumer behavior in the water sector to achieve the resource allocation goals.

Los instrumentos económicos tienen como principal característica usar las fuerzas del mercado para influir en las decisiones económicas de los individuos, al tiempo que envían señales sobre el costo de oportunidad de las decisiones que se tomen dentro del mismo.

En este sentido, generalmente los instrumentos económicos son utilizados en las políticas oficiales para lograr un efecto deseado en los ciudadanos. Uno de los instrumentos sugeridos en el análisis microeconómico básico es la diferenciación de precios. Así por ejemplo, cuando los precios son más altos, los consumidores tienen menos incentivos para demandar bienes y servicios; en otras palabras, un incremento en precios manteniendo sin cambios los demás determinantes del consumo, provoca una disminución en las cantidades demandadas cuya proporción está definida por el grado de elasticidad de los bienes y servicios afectados por cambios en los precios. (Figura 1.)

**Figura 1. Cambios en la cantidad demandada como consecuencia de un cambio en precio (Ilustración del enfoque teórico)**



Este postulado primario de la teoría microeconómica ilustrado en la figura 1, es un instrumento válido para estimular el uso eficiente de los recursos naturales. Comquiera que a través de señales de precios se puede crear un desincentivo al uso o consumo excesivo de este tipo de bienes y servicios, que por lo general, son esenciales y/o escasos.

A propósito, el uso racional de los recursos naturales, entre ellos los hídricos, ha sido objeto de estudio desde distintos enfoques del pensamiento económico. Estos estudios convergen en una consigna común: El uso ineficiente de los recursos conlleva a su escasez o agotamiento definitivo, razón suficiente para considerar la aplicación de instrumentos económicos para desestimular la demanda ociosa de un bien fundamental como lo es el agua potable.

En el campo de la regulación, la aplicación de este tipo de instrumentos como elemento de disuasión al uso ineficiente del recurso, es una decisión política necesaria para evitar el desabastecimiento del preciado líquido como resultado del agotamiento de las fuentes de

captación y la suma de exagerados consumos individuales.

A finales de los años sesenta, investigaciones de carácter técnico como la desarrollada por Gerbrandy y Hoogendam (1998)<sup>1</sup> dejaron constancia que un sistema anárquico de gestión del agua produciría una distribución injusta del recurso, ya que todos los individuos consumirían tantas cantidades del recurso como estimen conveniente, en perjuicio de las posibilidades de consumo de los demás, lo que implica que a futuro el sistema no sea sostenible. Este tipo de escenario fue lo que Hardin<sup>2</sup> (1968) denominó La Tragedia de los Comunes: "Un uso completamente libre y no regulado del recurso natural, si bien no afecta a la fuente, sí suele causar desigualdades en el acceso y los usos, pleitos en su distribución y problemas de participación en el manteni-

<sup>1</sup> Gerbrandy, Gerben/ Hoogendam, Paul (1998): Investigación: Aguas y acequias.- Los derechos al agua y la gestión campesina de riego en los Andes bolivianos. La Paz, Centro de Información para el Desarrollo (CID)/ Plural Editores. Netherland Embassy.

<sup>2</sup> Hardin, Garrett (1968): The tragedy of the commons, en: Science, No. 162, p. 1243-48.

miento de la infraestructura”. En la actualidad, la postura de Hardin cobra importancia debido a que existen situaciones que amenazan la disponibilidad del recurso hídrico, tales como los fenómenos de variabilidad climática, los cuales se presentan de manera cíclica, reduciendo los niveles de precipitaciones e incrementando el riesgo de desabastecimiento de las fuentes que alimentan los sistemas de captación de agua con fines de ser distribuidos para el consumo humano.

Recientemente en Colombia, a raíz de las alteraciones en los ciclos de lluvias, provocadas por el fenómeno de “El Niño”, se generaron condiciones de riesgo para el abastecimiento de agua potable, lo cual motivó a las autoridades sectoriales a discutir la conveniencia de utilizar instrumentos económicos y pedagógicos para desestimular el consumo excesivo de agua y así evitar el racionamiento. En este contexto, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico–CRA emitió la Resolución No 493 de 2010 “Por la cual se adoptan medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo”. La citada medida ratificó la efectividad de usar instrumentos económicos tales como la diferenciación de precios, cuando el planificador central pretende readecuar la conducta de los ciudadanos,

en pro de garantizar la continuidad en el acceso al servicio de agua potable.

- **¿En qué consistió la medida?**

Para la elaboración de la citada iniciativa, fue necesario establecer dos parámetros para la aplicación del desincentivo: i) Los límites a partir del cual se consideró el consumo excesivo. ii) El valor del cargo asociado al desincentivo.

En lo que respecta a la determinación de los topes de consumo excesivo, en primer lugar se clasificaron los municipios contenidos en la muestra según el piso térmico donde se encuentran ubicados. Tal clasificación se realizó debido a la correlación existente entre la temperatura y la altitud geográfica. De acuerdo con Swaw Pin Miaoou (1990), quien estudió la incidencia del cambio climático sobre la demanda de agua en Austin (Texas), la temperatura es una variable significativa e influyente en la demanda de agua potable; resultados similares arrojan los trabajos de Aguilar (2000) para el Estado de Zacatecas en México.

Posteriormente, se revisaron los consumos promedios por suscriptor mensuales en el grupo de ciudades según piso térmico, de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 1. Consumo promedio ponderado por suscriptor según piso térmico**

Altitud m.s.n.m.	Consumo promedio x suscriptor en m <sup>3</sup>	Consumo límite superior propuesto en m <sup>3</sup>
> 2.000	14.0	28.0
1.000 a 2.000	17.0	34.0
< 1.000	17.5	35.0

Fuente: Sistema Único de Información (SUI) 2008.

Como se observa en la Tabla 1, en las ciudades geográficamente ubicadas en cada piso térmico, los suscriptores consumen en promedio 14.0 m<sup>3</sup>, frío, 17.0 m<sup>3</sup> en templado, y 17.5 m<sup>3</sup> en cálido. Lo anterior, confirma que

el consumo de agua potable guarda una relación directa con la temperatura ambiente. Con base en estos promedios se determinó el doble del consumo promedio como el límite a partir del cual un consumo a nivel de suscrip-



tor residencial debe considerarse excesivo. Para la fundamentación de tal determinación se consultó la literatura internacional sobre el tema, encontrándose que algunos autores han estimado el nivel de dotación de agua por persona, que se requiere sin llevarla a situaciones de riesgo o deteriorar su calidad de

vida. Por ejemplo, Gleick (1996)<sup>3</sup>, consideró que con 50 litros de agua por persona al día, se cubren las necesidades para consumo propio, servicios sanitarios, ducha y actividades relacionadas con la preparación de alimentos, tal y como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Dotaciones mínimas de agua recomendada por persona.**

Propósito de consumo	Mínimo recomendado (litros persona día)
Ingesta oral	5
Servicios sanitarios	20
Ducha	15
Preparación de alimentos	10
Dotación básica requerida	50

Fuente: Gleick, 1996.

Otra referencia, como las Guías para el diseño de Reservorios Elevados de Agua Potable (OPS–CEPIS; 2005), aplicable para poblaciones rurales de 2000 a 10000 habitantes, menciona que “(...) Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificara su ejecución, podrá tomarse como valores guía, los valores que se indican a continuación, teniendo en cuenta la zona geográfica, clima, hábitos, costumbres y niveles de servicio a alcanzar:”

- a) Costa: 50 – 60 lts/hab/día
- b) Sierra: 40 – 50 lts/hab/día
- c) Selva: 60 - 70 lts/hab/día

De manera complementaria, se tomaron como referencia los valores de dotación, establecidos en la Resolución No. 2320 de 2009, entendiéndose que dichos valores representan dotaciones máximas, por lo cual en todo caso pueden ser menores, se tiene que, para un

valor de 90 L/hab/día, los 28 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes considerados para ciudades ubicadas en piso térmico frío, abastecerían a 10 personas por hogar.

Asimismo, se encuentra que, utilizando como referencia un valor de 140 L/hab/día, se podrían abastecer casi 7 personas por hogar. Para el caso de ciudades ubicadas en piso térmico templado, los 34m<sup>3</sup>/suscriptor/mes, con una asignación de 90 L/hab/día, abastecerían a 12 personas; mientras que con una asignación de 140 L/hab/día se abastecerían un poco más de 8 personas. Para el caso de ciudades ubicadas en piso térmico cálido, la relación sería de 13 personas, con una dotación de 90 L/hab/día, y de 8 personas L/hab/día, si se les asignara 140 L/hab/día.

<sup>3</sup> Gleick, Peter H., Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security. Water International. USA. 1996.

Por otro lado, para el segundo parámetro, se consideró pertinente estimar la sensibilidad de la demanda de agua potable frente a cambios en el valor de la tarifa. Como es sabido, hay algunos bienes cuya demanda es muy sensible al precio, es decir que pequeñas variaciones en su precio provocan grandes variaciones en la cantidad demandada. En concordancia con lo anterior, se tomó la información sobre consumo promedio mensual y cargo por con-

sumo para un grupo de 21 ciudades, las cuales fueron divididas en tres grupos según el piso térmico de ubicación. Esta información fue extraída del Sistema Único de Información<sup>4</sup> de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Con base en estos datos, se estimaron las elasticidades con el propósito de conocer el efecto que tendría una señal de precios sobre la conducta de los usuarios frente a la demanda de agua potable.

**Tabla 3. Cálculos de elasticidades tarifa/consumo según piso térmico.**

Elasticidad Consumo/Tarifa	Clima Frío	Clima Templado	Clima Cálido
$\Delta$ 20%	-2.23	-2.07	-2.01
$\Delta$ 40%	-4.46	-4.13	-4.02
$\Delta$ 60%	-6.69	-6.20	-6.03
$\Delta$ 80%	-8.92	-8.27	-8.04
$\Delta$ 100%	-11.15	-10.34	-10.06

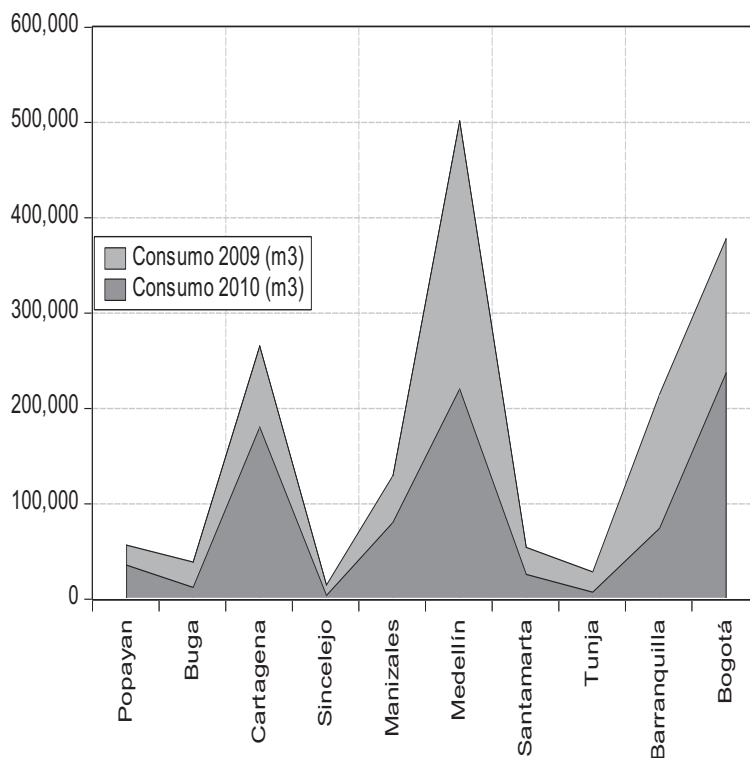
Cálculos: CRA

Las anteriores estimaciones, permitieron conocer una aproximación desde el enfoque teórico, de cuanto sería la reducción de la demanda de agua potable a causa de incrementos en la tarifa. Tal como se aprecia en la tabla 1, los niveles de ahorros relativamente significativos se obtendrían con aumentos del 100% derivado del valor de los costos de referencia. Tal Porcentaje sustentó la magnitud del sobreprecio definido para los consumos.

Los resultados parciales de la aplicación de la norma, dan cuenta de una disminución en aquellos consumos que sobrepasaban los límites propuestos. Por lo menos, eso es lo

que permite deducir los registros de consumo entre marzo y abril de 2010 en un grupo de diez ciudades analizadas, comparativamente con el mismo período del año 2009. (Figura 2)

<sup>4</sup> De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 79 de la Ley 142 de 1994, modificado por el artículo 13 de la Ley 689 de 2001, corresponde a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en desarrollo de sus funciones de inspección y vigilancia, establecer, administrar, mantener y operar un sistema de información que se surtirá de la información proveniente de los prestadores de servicios públicos sujetos a su control, inspección y vigilancia.

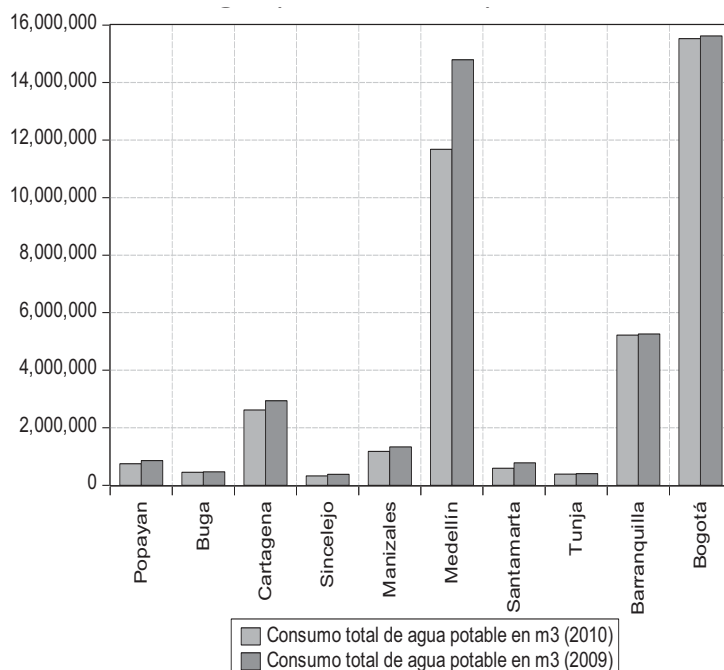
**Figura 2. Consumo excesivo de agua potable en m3 período marzo abril 2009-2010**

Fuente: Información facturación directa de prestadores

En la gráfica anterior se evidencia una considerable reducción en el consumo por encima del nivel definido como excesivo en todas las ciudades analizadas, al pasar de 1.693.504 m<sup>3</sup> consumidos entre marzo y abril de 2009 a 888.629 m<sup>3</sup> durante el mismo período de 2010 lo cual representa una disminución del 52,4%, destacándose ciudades como Bogotá Cartagena y Medellín. Esta reducción, es importante ya que muestra el esfuerzo de usuarios potencialmente derrochadores de agua tomando como referencia los topes fijados, y en efecto,

confirma que el sobrecosto definido indujo a los ciudadanos a adoptar una conducta austera en uso del servicio de agua potable.

De otra parte, se observa que el desincentivo al consumo excesivo no sólo motivó a reducir la demanda a quienes excedían los topes señalados, pues se aprecia que incluso aquellos usuarios que presentaban consumos dentro del rango de "normalidad" también se sumaron a la causa sugerida por la medida. (Figura 3).

**Figura 3. Consumo total de agua potable en m<sup>3</sup>, período-marzo abril 2009-2010**

Fuente: Información facturación directa de prestadores.

La figura anterior indica las diferencias entre el total de agua potable consumida durante el mes de marzo del año 2010 con relación a la consumida en marzo de 2009. Se observa que durante el tercer mes del año inmediatamente anterior, en el grupo de ciudades analizadas, se consumieron aproximadamente 42.824.490 m<sup>3</sup>, mientras que en el mismo mes del presente año el consumo fue de 38.396.309 m<sup>3</sup>, cifra que porcentualmente representa una disminución del 10,3%. Este resultado muestra el impacto de la norma en el total de suscriptores, el cual es satisfactorio pues una reducción superior al 10,3% es señal de que la medida logró los objetivos para lo cual fue creada, pues los ejercicios estadísticos previos a su publicación pronosticaban una disminución alrededor del 10,5% como consecuencia de un incremento del 100% en el valor de las tarifas.

Estas reducciones en el consumo son importantes como quiera que suponen un aplazamiento en las necesidades de expansión de los sistemas de acueducto. Adicionalmente, tomando como referencia el costo medio de operación particular ponderado por el número de suscriptores para las diez ciudades objeto de análisis, resulta que se dejaron de gastar aproximadamente \$395.879.918 durante el mes de marzo. Ahora bien, si se tiene en cuenta que en Colombia el costo de conectar un suscriptor al servicio de acueducto es de aproximadamente \$138.000<sup>5</sup>, los ahorros en consumo permitirían llevar agua potable a unos 2.870 suscriptores mensualmente y 34.440 durante un año.

<sup>5</sup> Análisis costo per cápita de ampliación de cobertura a nivel nacional para acueducto y alcantarillado. Comisión de Regulación de Agua Potable, Bogotá (2009).

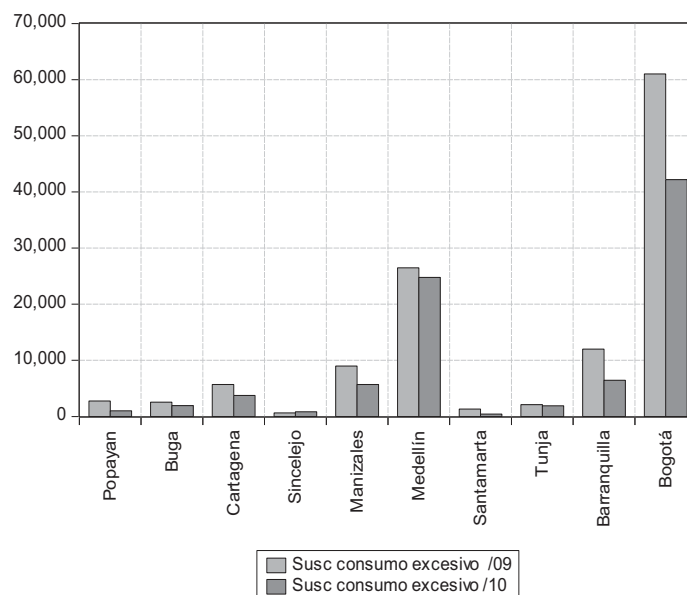
Cabe resaltar que la diferencia registrada en la demanda de agua potable entre marzo de 2010 y el mismo mes de 2009, en el grupo de diez ciudades objeto de análisis, constituye una muestra contundente de la efectividad de la medida sobre los hábitos de consumo, ya que a pesar de la dinámica creciente de la población, la reducción representa un ahorro sin antecedentes del 10.3% porcentaje que equivale 4.428.181 m<sup>3</sup>, de agua potable, y sería suficiente para atender durante un mes la demanda de acueducto para una población similar a la de Barranquilla, o dotar durante un año a la población residencial de la ciudad de Sincelejo.

Otro dato interesante derivado del ahorro del consumo registrado bajo la aplicación de la resolución en marzo de 2010, es que tomando el valor de la tarifa de referencia ponderada por suscriptores en las diez ciudades consideradas, la disminución de la demanda económicamente representó aproximadamente la suma de \$7.200 millones, cifra equivalente

a la facturación reportada para el servicio de acueducto durante un mes en la ciudad de Armenia, y supera el total facturado durante un año de manera conjunta en los municipios de Copacabana y Sabaneta en el Departamento de Antioquia. Este tipo de comparaciones permite dilucidar la magnitud de los logros positivos obtenidos con la aplicación de la norma.

Otro aspecto relacionado con la adopción del desincentivo económico fue el efecto que se logró en el consumo agregado por suscriptores, pues se observa una reducción en el número que excedían los límites de consumo. Durante el mes de marzo de 2009, aproximadamente el 5.4% del total de suscriptores registrados en las diez ciudades incluidas en el estudio presentaban consumos excesivos, cifra que para el año 2010 se redujo al 3.5%. Las ciudades en las que se notó una mayor disminución fueron Manizales con un 11.0%, Buga con el 8.3% y Tunja con el 6.3% respectivamente. Hecho que muestra el impacto de la medida en un sector de la población atendida (Figura 4).

**Figura 4. Suscriptores con consumo excesivo en m<sup>3</sup> durante el marzo 2009 – 2010**



Fuente: Información facturación directa de prestadores

Es válido anotar que la reciente experiencia vivida en Colombia, a través de la cual se logró reducir el consumo de agua por parte de los usuarios residenciales como resultado de establecer un desincentivo al consumo excesivo, amerita el uso de instrumentos económicos para cambiar el comportamiento de los usuarios del servicio. Este tipo de iniciativas podría tenerse en cuenta para efectos de reducir la vulnerabilidad de los recursos naturales en situaciones en las que se vea amenazada su disponibilidad. Por lo tanto, es preciso realizar tratamientos en precio que obliguen a los individuos a sujetarse a las fuerzas del mercado en beneficio de causas altruistas como lo es la protección de bienes esenciales para la vida, en este caso el agua potable.

### **Bibliografía**

- Edwards, G., Dumsday, R. and Chisholm, A. 1996, "Australia's land and water: policies that ensures they are used efficiently", *Search*, vol. 27 (7), pp. 205-208.
- Gleick, Peter H. (editor), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press, New York, 1993.
- James, D. 1997, *Environmental Incentives: Australian Experience with Economic Instruments for Environmental Management*, *Environmental Economic Research Paper No.5, Environmental Australia, forthcoming*.
- M.D. Young, N. Gunningham, J. Elix, J. Lambert, B. Howard, P. Grabosky and E. McCrone. Reimbursing the future: an evaluation of motivational, voluntary, price-based, property-right, and regulatory incentives for the conservation of biodiversity. *Division of Wildlife and Ecology, the Australian Centre for Environmental (1996)*.
- Shaw Pin Miaou (1990). A class of times series Urban Water Demand Models With Nonlinear Climate Effects, *Water Resources Research*. Vol. 26 número 2 páginas 169-178, University of Tennessee, febrero 1990.

**Anexo 1****Conjunto de ciudades analizadas para el establecimiento del desincentivo económico al consumo excesivo**

Ciudades analizadas en la muestra	
Clima frío: >2000 msnm	Bogotá
	Chiquinquirá
	Manizales
	Pamplona
	Pasto
Clima templado: >1000 <2000 msnm	Tunja
	Armenia
	Ibagué
	Medellín
	Palmira
Clima caliente <1000 msnm	Pereira
	Popayán
	Barranquilla
	Cali
	Cartagena
	Neiva
	Bucaramanga
	Santa Marta
Sincelejo	
<b>Total</b>	Valledupar
	Villavicencio
	<b>21 ciudades</b>

Fuente: IGAC (2009)







IMPRESA  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

Carrera 66 No. 24-09 Bogotá, D. C.  
PBX: (571) 457 8000 - Fax: 457 8034  
[www.imprenta.gov.co](http://www.imprenta.gov.co)  
e-mail: [correspondencia@imprenta.gov.co](mailto:correspondencia@imprenta.gov.co)