



Escuela de Economía y Finanzas

# Documentos de trabajo

## Economía y Finanzas

Centro de Investigación  
Económicas y Financieras

No. 13-22  
2013

**Análisis de la distribución espacial de la reducción en la demanda de agua potable como efecto de políticas de ahorro en su consumo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.**

*Duque, Juan C.; Gutiérrez, Diana C.; Betancourt, Alejandro; Patiño, Jorge*



# Análisis de la distribución espacial de la reducción en la demanda de agua potable como efecto de políticas de ahorro en su consumo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá<sup>†</sup>

*Juan C. Duque*<sup>\*</sup>  
*Diana C. Gutiérrez*<sup>‡</sup>  
*Alejandro Betancourt*<sup>§</sup>  
*Jorge Patiño*<sup>Δ</sup>

Agosto 8, 2013

## Resumen

El presente estudio presenta un análisis, espacialmente desagregado, de la disminución en el consumo residencial de agua en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) durante el periodo 2005 – 2010 e identificar las características socioeconómicas asociadas a estos patrones. Además, se analiza la forma cómo las políticas y campañas para incentivar la disminución del consumo de agua potable han sido acogidas en el AMVA. Los resultados obtenidos muestran claras diferencias espaciales (y por estrato) en los niveles de consumo de agua, así como en los niveles de reducción de dicho consumo en el período analizado. También, por medio de modelos de econometría espacial, se encuentra que las características socioeconómicas juegan un papel relevante a la hora de explicar los niveles de consumo de agua y que estos consumos presentan autocorrelación espacial sustantiva que indica que los niveles de consumo de agua potable en un área determinada no solo dependen de las características socioeconómicas del área, sino también de los niveles de consumo de las áreas vecinas. Por último, se encuentra que los impactos derivados del desincentivo económico al consumo excesivo, tiene un efecto inmediato que no perdura en el tiempo.

## Palabras Claves

Demanda de agua potable; políticas públicas; regresión espacial.

## Clasificación JEL

Q21, Q25, Q28, C31.

---

<sup>†</sup> Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de las instituciones donde los autores están afiliados. Queremos agradecerle a EPM por habernos suministrado la información detallada que se requería, pues sin ésta la investigación no hubiese sido posible. Además, quisiéramos agradecerle al profesor Gustavo López por sus valiosos comentarios y sugerencias.

<sup>\*</sup> Research in Spatial Economics (RISE-group), Departamento de Economía, Universidad EAFIT. E-mail: [jduquec1@eafit.edu.co](mailto:jduquec1@eafit.edu.co). Phone: (574) 261-9354, Fax: (574) 261-9294.

<sup>‡</sup> Empresas Públicas de Medellín E.S.P., Subdirección Gestión Regulatoria Aguas.

<sup>§</sup> Research in Spatial Economics (RISE-group), Departamento de Economía, Universidad EAFIT.

<sup>Δ</sup> Research in Spatial Economics (RISE-group), Departamento de Economía, Universidad EAFIT.

# **Análisis de la distribución espacial de la reducción en la demanda de agua potable como efecto de políticas de ahorro en su consumo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá**

## **1. Introducción**

El creciente interés en los temas ambientales, especialmente el de la sostenibilidad, ha motivado que los gobiernos, organizaciones, comunidades y personas participen activamente en el proceso de gestión sostenible, eficiente y equitativa de los recursos hídricos, con la finalidad de dar solución al problema de escasez mundial de agua dulce: únicamente cerca del 3% del total de agua existente en el planeta es dulce y está distribuida de forma desigual a lo largo de éste. Se dice que una tercera parte de esta agua dulce se encuentra disponible en los lagos, los ríos y a poca profundidad del suelo; por lo que básicamente su sostenibilidad depende de las aguas lluvias. Finalmente, solo una pequeña parte de esta porción de agua se considera que es fácilmente accesible para consumo humano.

En términos generales son muchos los factores que crean presiones positivas o negativas sobre los recursos hídricos y generan patrones de consumo de agua potable, entre ellos: políticas de precios y subsidios para el agua, crecimiento demográfico, cambio climático, procesos económicos, innovaciones tecnológicas, movimientos sociales e incluso, la política a nivel mundial y nacional. Sumado a esto, los cambios climáticos, imprevisibles e intensificados, como lo son los fenómenos de “El Niño” y “La Niña”, ejercen presión sobre la cantidad y calidad del suministro de agua en el corto y largo plazo, y están afectando fuertemente a la población del mundo. Todos estos fenómenos motivan adelantos tanto en procesos de mitigación de las causas como de adaptación a los impactos generados por el cambio climático.

En este sentido, el gobierno colombiano ha expedido algunas leyes y decretos que apuntan a promover el ahorro y uso eficiente en el consumo de agua potable en el país: el artículo 7 de la Ley 373 de 1997 establece que “es deber de la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, de las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales de acuerdo con sus competencias, establecer consumos básicos en función de los usos del agua, desincentivar los consumos máximos de cada usuario y establecer los procedimientos, las tarifas y las medidas a tomar para aquellos consumidores que sobrepasen el consumo máximo fijado”; asimismo, el artículo 1 del Decreto 5051 de 2009, establece que “En los casos en que se presente disminución en los niveles de precipitación ocasionados por fenómenos naturales, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico expedirá Resoluciones de Carácter General orientadas a incentivar el uso eficiente y de ahorro de agua”.

En Colombia, el cuatrienio 2006-2010 estuvo caracterizado por la ocurrencia de varios eventos naturales: “La Niña” entre agosto de 2006 y marzo de 2007 y “El Niño” entre junio de 2009 y mayo de 2010<sup>1</sup>, que generaron riesgos sobre la calidad y continuidad en la prestación de los servicios públicos, demandando gran atención, recursos y esfuerzos para atender las

---

<sup>1</sup> Boletín Informativo sobre el monitoreo del fenómeno de “El Niño”. Boletines 8-10 y 12 de 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam.

emergencias y mitigar los riesgos. Ante éste último fenómeno, el Gobierno Nacional desarrolló a través del antes Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -actualmente Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio MVCT- una medida transitoria para desincentivar el consumo excesivo de agua, soportado en un intenso verano que originó la disminución del nivel de los embalses. El resultado de la señal fue que los colombianos que consumían agua en exceso ahorraron un 52% de su consumo excesivo, comparado con el mismo periodo de 2009 -entre marzo y abril-. El consumo total de marzo de 2010 disminuyó con respecto a 2009 en un 11.8%: se consumieron 42 millones de metros cúbicos en 11 ciudades en el 2009, mientras que en el 2010, este volumen sólo alcanzó 37 millones de metros cúbicos<sup>2</sup>. El entonces Ministro de Ambiente señaló que: "Esto indica que toda la población se solidarizó con la medida. Todos ahorraron más". Pero a pesar de que la medida era "transitoria" el gobierno esperaba que los resultados se mantuvieran en el tiempo. No obstante, están evaluando otras alternativas que podrían ser de carácter permanente para que se conserven estos niveles de ahorro, pues éste debe ser un imperativo para todos los colombianos.

Paralelo a estas políticas nacionales, los municipios y las empresas prestadoras de servicios han estado adelantando programas educativos para concientizar a las personas en el consumo de agua a través de diseño de campañas de comunicación como comerciales de televisión, cuñas radiales y material impreso. Si bien las acciones encaminadas a obtener una mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico han logrado una reducción en los consumos de agua potable, aún se desconoce, a nivel nacional, la forma como los efectos de dichas políticas y campañas se distribuyeron y perduraron en el territorio: ¿Fue este impacto homogéneo en el territorio?, o por el contrario, existen heterogeneidades espaciales que hacen que los niveles de respuesta sean diferentes, caso en el cual convendría conocer las características que hacen que una zona sea más receptiva a las campañas y políticas implementadas.

Con el fin de dar respuesta a esta inquietud, es necesario contar con una zona geográfica de estudio que cumpla con dos características fundamentales: (1) Tener algún grado de heterogeneidad socio-económica dentro de su territorio, con el fin de contar con una muestra lo suficientemente diversa de consumidores de agua potable; y (2) que la cobertura del servicio de agua potable sea uniforme a lo largo de dicha zona, para poder contar con cifras de consumo. El Valle de Aburrá, la segunda mayor área metropolitana de Colombia, con una extensión de 1.157 kilómetros cuadrados y una población de 3.638.794 habitantes, cumple con las dos características mencionadas:

- 1) La heterogeneidad socio-económica del Área Metropolitana del Valle de Aburrá: según el demógrafo John Weeks, en ciudades en las que las tasas de nacimiento superan el nivel de reemplazo y en las que además existe un alto nivel de migración que generan un crecimiento demográfico descontrolado, es necesario reorientar la atención en el estudio de las diferencias entre zonas urbanas y rurales hacia el estudio de las desigualdades intra-urbanas (Weeks et al., 2006). En este sentido, aunque los datos demográficos de la ciudad de Medellín muestran que la tasa de reemplazo está por encima de la de nacimiento, el nivel de migración ha generado una explosión demográfica similar a la descrita por Weeks.

---

<sup>2</sup> Estadísticas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

Esta heterogeneidad intraurbana se refleja claramente en los niveles de desigualdad dentro del Valle de Aburrá, que no sólo se da en términos de ingreso, sino también en términos estructurales. En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se encuentran barrios donde hay elevados niveles de vida y que cuentan con excelentes prestaciones de servicios públicos, infraestructuras, desarrollo urbanístico y comercial. Estos barrios contrastan con zonas de la ciudad, generalmente ubicadas en las laderas, cuyos habitantes viven en una precaria situación socioeconómica. Como resultado, la ciudad presenta una polarización marcada que se convierte en una amenaza para su progreso ya que la marginación de un porcentaje significativo de la población obstaculiza el desarrollo.

- 2) La cobertura del servicio de agua potable en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá: el Área Metropolitana cuenta con uno de los más altos niveles de cobertura de agua potable del país, con un 99.6% de sus viviendas con acueducto, según la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) de 2009.

Lo anterior, junto con la posibilidad de trabajar con una completa base de datos de consumos de agua potable en los municipios que comprenden el Valle de Aburrá para el periodo 2005 – 2010 (proporcionada por la empresa prestadora del servicio de agua potable en la región – Empresas Públicas de Medellín E.S.P.), hacen de esta zona de estudio un buen laboratorio para el análisis de la distribución espacial de los consumos de agua potable, su disminución e impacto de las políticas y campañas sobre el Valle de Aburrá.

Por lo tanto el objetivo de ésta investigación es analizar en el Valle de Aburrá, por una parte la distribución espacial de la disminución en el consumo de agua en el periodo 2005 – 2010 e identificar las características socioeconómicas asociadas a estos patrones; por otro lado los efectos que sobre la demanda de agua potable han tenido las políticas regulatorias, económicas y sociales que han estado encaminadas a incentivar la disminución –ahorro– en su consumo. Para esto se empleará la técnica de Análisis Exploratorio de Datos Espacio Temporales (AEDET) para, de una forma estadística, identificar la homogeneidad o heterogeneidad de los efectos de las políticas de ahorro de consumo de agua por zonas geográficas del Valle de Aburrá.

La investigación planteada contribuye de manera valiosa al entendimiento de la forma como los efectos de las políticas públicas relacionadas con el consumo de agua potable se distribuyen en el espacio, aportando elementos claves para el diseño de futuras políticas (en este o en cualquier otro sector económico, en Colombia o en otros países de América Latina) que consideren en su formulación las heterogeneidades intra-urbanas con el fin de asegurar una mayor efectividad de éstas. Para el Valle de Aburrá este es un trabajo innovador puesto que no se ha realizado con anterioridad.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se hace una revisión de literatura relacionada con las características y tendencias a nivel mundial que generan la disminución en el consumo de agua potable; en la tercera sección se construye el marco teórico sobre el cual se fundamenta el consumo residencial de agua potable; en la cuarta sección se determina el área de estudio; en la quinta sección se trata de las variables y los datos; en la sexta sección se hace un análisis descriptivo tanto de la variable de estudio como de las variables socioeconómicas empleadas; en la séptima sección se presentan y explican los resultados del modelo a partir de los coeficientes estimados; en la octava sección se hacen unos

comentarios finales que resumen los hallazgos de esta investigación; y por último, se incluyen unos anexos con información complementaria para el estudio.

## 2. Revisión de Literatura

Ésta sección está dividida en dos partes: la primera corresponde a una revisión en torno a las características y tendencias mundiales que motivan la disminución del consumo de agua potable y a las influencias que ejercen en tal sentido las políticas o medidas promovidas por el gobierno o por las empresas prestadoras del servicio público. La segunda parte corresponde a un breve resumen de la literatura entorno al análisis exploratorio de datos espacio-temporales (AEDET).

### 2.1. Características y tendencias del consumo de agua potable

La naturaleza e importancia del agua son dos componentes que confluyen para establecer el alcance y las características del consumo básico de agua potable para una familia. Así, la naturaleza propia del agua como recurso natural y a su vez como la prestación del servicio público domiciliario de acueducto, inducen la formación de una estructura de producción monopólica local: es un recurso natural renovable pero agotable y sus fuentes de abastecimiento son escasas<sup>3</sup>. Asimismo, la prestación del servicio público domiciliario de agua potable requiere de altas inversiones que generan economías de escala considerables y hacen de éste servicio un monopolio natural.

Adicionalmente, el consumo de agua potable es necesario para la salud básica y la supervivencia del ser humano, por lo que con frecuencia se argumenta en el ámbito internacional que el acceso a este recurso debería ser reconocido por todos los países como un derecho humano fundamental: “El derecho humano al agua otorga el derecho universal a una cantidad suficiente de agua segura, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico”<sup>4</sup>. Según normas internacionales establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Fondo de las Naciones Unidas por la Infancia (UNICEF) el consumo mínimo de agua, suficiente para beber y para la higiene personal básica, debería ser de 20 litros al día (0.6 m<sup>3</sup> al mes) de una fuente que se encuentre a un kilómetro del hogar. Mientras que si se consideran las necesidades de agua para el baño y para lavar, aumentaría el límite por persona hasta aproximadamente unos 50 litros diarios (1.5 m<sup>3</sup> al mes).

Sin embargo, únicamente el 2.5% del total de agua existente en el planeta es dulce<sup>5</sup>. Aproximadamente unas tres cuartas partes de toda el agua dulce se halla inaccesible, en forma de casquetes de hielo y glaciares situados en zonas polares muy alejadas de la mayor parte de los centros de población<sup>6</sup>. Una tercera parte de esta agua dulce se encuentra disponible en los lagos, los ríos y a poca profundidad del suelo; por lo que básicamente su sostenibilidad

---

<sup>3</sup> Con la tecnología existente se han mejorado los sistemas de captación y distribución, pero aún no se produce agua.

<sup>4</sup> Observación General N° 15 del Comité de Derechos Económicos Sociales y Culturales de las Naciones Unidas -en una correcta interpretación del Pacto Internacional sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales- sobre el derecho al agua, 2002.

<sup>5</sup> El resto de agua es salada y los procesos de desalinización son muy costosos.

<sup>6</sup> Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos - WWAP, 2006.

depende de las aguas lluvia. Además, alrededor de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación. Otros 1.600 millones de personas, alrededor de un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua, donde los países carecen de la infraestructura necesaria para transportar el agua desde los ríos y los acuíferos<sup>7</sup>. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente -PNUMA- señalaba en su informe de *“Perspectivas para el medio ambiente 2000”* que, si los niveles de consumo que se tenían para ese año seguían su curso, en el año 2025 1.800 millones de personas vivirán en países o regiones con escasez absoluta de agua y dos de cada tres habitantes de la Tierra vivirán en condiciones de estrés por falta de agua.

La escasez de agua es un fenómeno no sólo natural sino también ocasionado por la acción y los hábitos de consumo y de producción del ser humano. Hay suficiente agua potable en el planeta para abastecer a 6.000 millones de personas, pero está distribuida de forma irregular, se desperdicia, está contaminada y se gestiona de forma insostenible<sup>8</sup>. Por otra parte, la variabilidad del clima se ha incrementado a tal grado que la previsibilidad de la disponibilidad de agua se ha reducido drásticamente; los fenómenos meteorológicos extremos están cambiando e intensificándose, y por lo tanto introducen una mayor incertidumbre en la cantidad y calidad de los suministros de agua de corto y largo plazo. El cambio climático se suele suscribir como el inductor, del lado de la oferta, que finalmente determina la cantidad de agua que se tiene disponible. Por tanto el reto que se tiene es el de gestionar la interacción entre las necesidades humanas (inductor de la demanda) en el suministro de agua y los cambios naturales en los patrones climáticos que cada vez son más intensos. Los inductores de la demanda son las presiones económicas, sociales y demográficas, afectados por factores de innovación tecnológica, condiciones institucionales y financieras. Entonces, dependiendo de la forma como se gestionen los inductores de la demanda se afecta la disponibilidad del recurso.

El crecimiento de la población es el factor que más presión ejerce sobre la demanda de agua en las primeras etapas de desarrollo de un país y, con mayor desarrollo, las opciones de consumo a raíz del aumento del ingreso per cápita. Con la mejora en el nivel de vida las personas tienden a consumir más y a aumentar la demanda de productos no alimenticios y servicios que tienen una enorme huella ecológica e hídrica<sup>9</sup>; sumándose a las presiones sobre la cantidad y calidad de los recursos hídricos. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD- “el cambio climático está afectando ya a la población del mundo. Las comunidades pobres son las más vulnerables y las que tienen menos capacidad para recuperarse de sus impactos adversos. Entre otros motivos, porque su sustento económico depende en gran medida de sectores muy sensibles al clima: agricultura, pesca, ganadería y silvicultura”<sup>10</sup>. Por lo tanto, el PNUD está adelantando trabajos en relación al cambio climático, tanto en la mitigación de sus causas, como en la adaptación a los impactos de los riesgos climáticos.

---

<sup>7</sup> Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. PNUD, 2006. Combatir la escasez de agua. El desafío del Siglo XXI. ONU-Agua, FAO. 2007.

<sup>8</sup> Escasez de agua. ONU-Agua. [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/issues\\_scarcity.html](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/issues_scarcity.html)

<sup>9</sup> El concepto de huella hídrica fue introducido en 2002 por el profesor Arjen Hoekstra de UNESCO-IHE, el cual se define como el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad.

<sup>10</sup> <http://www.pnud.org.co>

Otras fuerzas externas que pueden crear presiones positivas o negativas sobre los recursos hídricos son las políticas de precios y subsidios para el agua, los patrones de comercio, el desarrollo en ciencia y tecnología, los patrones de consumo, la evolución de las políticas y las leyes, los movimientos sociales y la política a nivel mundial y nacional. Eso sí, estas fuerzas externas –a diferencia del cambio climático- no crearán presiones directamente (o únicamente) en la gestión del agua.

Por todo lo anterior, los conceptos de mínimo vital de agua potable, sistemas de reuso y huella hídrica se han posicionado como parte de la mayor conciencia hacia el agua como recurso natural, económico y medio ambiental y que por lo tanto debe ser racionalizado. Donde finalmente la protección y administración de las fuentes de abastecimiento de agua dulce, superficiales y subterráneas se convierte en la tarea esencial; maximizando la cantidad de agua disponible y aprovechando al máximo el preciado líquido. Así pues, ante la oleada de concientización mundial sobre la conservación y mejor utilización del agua, en Colombia todo plan regional y municipal debe incorporar, obligatoriamente, un programa para el uso eficiente y ahorro del agua (Ley 373 de 1997), posibilitando la actividad humana en condiciones que permitan tomar las cantidades de agua requeridas: “se quiere contribuir al cambio de la actual cultura hacia el agua que existe en el país, trabajando en la preservación de éste recurso natural de vital importancia para el medio ambiente del Planeta”<sup>11</sup>. Con este objetivo, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), las Corporaciones Autónomas Regionales y las demás autoridades ambientales, quedaron encargadas de fijar consumos básicos en función de los usos del agua, desincentivar los consumos máximos de cada usuario y establecer los procedimientos, las tarifas y las medidas a tomar para aquellos consumidores que sobrepasan el consumo máximo fijado. De igual manera, la CRA debe definir una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y el ahorro de agua. Además, las instituciones usuarias del recurso deben incluir en su presupuesto, los costos de las campañas educativas y de concientización de la comunidad para el uso racionalizado y eficiente del recurso hídrico<sup>12</sup>.

Por otra parte, se expidió el Decreto 3102 de 1997, el cual reglamentaba el Artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en materia de instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua para ser utilizados por los usuarios del recurso. Este Decreto estableció que a partir de julio de 1998, todas las solicitudes de licencias de construcción y/o urbanismo y sus modalidades deberían incluir en los proyectos, la utilización de equipos, sistema e implementos de bajo consumo de agua, promoviendo el uso eficiente del recurso de forma continua y obteniendo una reducción en el consumo de agua potable.

En cuanto al cambio climático en Colombia, el cuatrienio 2006-2010 estuvo caracterizado por la ocurrencia de varios eventos naturales que generaron riesgos sobre la calidad y continuidad en la prestación de los servicios públicos. Pues la presencia de consecutivos fenómenos climáticos de origen global que han afectado la mayor parte del país, denominados fenómeno de “El Niño” y “La Niña”, demandaron gran atención, recursos y esfuerzos para atender las emergencias y mitigar los riesgos. Es por esto que, el Gobierno se ha visto obligado a tomar medidas preventivas o correctivas que garanticen la prestación efectiva y oportuna de los servicios públicos, y adicionalmente, también los consumidores, comercios y la sociedad en

---

<sup>11</sup> Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. <http://www.minambiente.gov.co>

<sup>12</sup> Ley 373 de 1997, artículos 7, 8 y 12.

general se ve comprometida a jugar un papel importante para alcanzar una mejor gestión de los recursos hídricos.

El caso más reciente fue promovido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que en el 2010 desarrolló una medida transitoria para desincentivar el consumo excesivo de agua, soportado en un intenso verano que originó la disminución del nivel de los embalses: sancionaba con multas económicas a aquellos suscriptores de las Empresas de Servicios Públicos que de manera irracional consumían agua por encima del tope establecido en la Resolución CRA 493 de 2010. Los recursos que se obtuvieran por este concepto irían al Fondo Nacional Ambiental que administra el propio Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para recuperar las fuentes hídricas del país y para campañas de ahorro y uso eficiente de agua.

El nivel de consumo excesivo que fue fijado para los usuarios residenciales del Área Metropolitana estaba por encima de los 34 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes (tope fijado para las ciudades y municipios con altitud promedio entre 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar). Por tanto el desincentivo para el consumo excesivo solamente fue aplicado a los consumos que se encontraban por encima de los niveles establecidos. Adicionalmente, el desincentivo aplicaba a los suscriptores de tipo residencial, exceptuando las siguientes: i) inquilinatos y entidades clasificados como servicio especial, de acuerdo con las definiciones establecidas en el Decreto 302 de 2000, modificado por el Decreto 229 de 2002; y ii) hogares comunitarios de bienestar y sustitutos de acuerdo con lo establecido por parte del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.

En cuanto a las campañas de ahorro, según la encuesta realizada por Ipsos – Napoleón Franco en el 2010 para EPM, en la cual se hizo un sondeo cuantitativo para entender las razones de la disminución en consumos de agua potable en los hogares, se encontró que las personas encuestadas habían leído o escuchado en su mayoría campañas de ahorro en las que se decía “que se debía ahorrar agua”, “que el agua se va a acabar”, “que hay sanciones a quienes no ahorren o desperdicien agua” y/o “que es responsabilidad de todos cuidar el agua”. Los medios a través de los cuales estas personas se habían enterado mayormente de estas campañas eran la televisión, la radio, facturas de servicios y familiares o amigos.

Finalmente, aunque es claro que dichas políticas lograron una reducción en los consumos de agua potable y, no en vano en la última década -en términos de consumo por suscriptor- los niveles de consumo tienen una tendencia hacia la baja como resultado del incentivo al uso racional y eficiente del agua, aún existe desconocimiento, a nivel nacional, sobre la forma como los efectos de dichas políticas y campañas se distribuyeron y perduraron en el territorio. Por ejemplo en el caso particular del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, los niveles de consumo residencial pasaron de 15.8 m<sup>3</sup> a 13.8 m<sup>3</sup> por mes en el quinquenio 2005-2010, sin ser evidente si la disminución fue homogénea en el territorio o por el contrario, si heterogeneidades espaciales a nivel socio-económico hacen que los niveles de respuesta sean diferentes, caso en el cual convendría conocer las características que hacen que una zona sea más receptiva a las campañas y políticas implementadas.

En la Figura 1 se puede observar, en una línea de tiempo, las normas relacionadas con el uso eficiente y ahorro del agua que el Gobierno a través de sus Ministerios o entidades regulatorias

han expedido. A su vez, se puede identificar los periodos climáticos relacionados con el Fenómeno de “El Niño” y “La Niña”.

## **2.2. Literatura sobre el AEDET**

Las técnicas para el análisis exploratorio de datos espacio-temporales (AEDET) combinan herramientas de visualización de datos espaciales (Sistemas de Información Geográfica), elementos de estadística y de econométrica, con el fin de analizar de una forma rigurosa las características de la distribución espacial de una variable y sus dinámicas temporales. Así, las técnicas de AEDET permiten identificar patrones espaciales que muestren comportamientos atípicos y que ameritan un estudio más profundo para entender los motivos por los que presentan una reacción diferente frente a una política común (como lo son las relacionadas con la regulación de aguas).

Estas técnicas tienen en cuenta dos aspectos claves en el tratamiento de datos espaciales, (1) la dependencia espacial (Tukey, 1977; Anselin y Getis, 1992; Anselin, 1996), la cual se fundamenta en la primera ley de la geografía, que dicta que en el espacio todo está relacionado con todo, pero las cosas más cercanas en el espacio están más relacionadas que las distantes (Tobler, 1970); y (2) la heterogeneidad espacial (Le Sage, 1999, Anselin 1988), en la cual analizan aquellos fenómenos en los que existe una inestabilidad estructural en la forma como las unidades espaciales se relacionan o reaccionan frente a un shock.

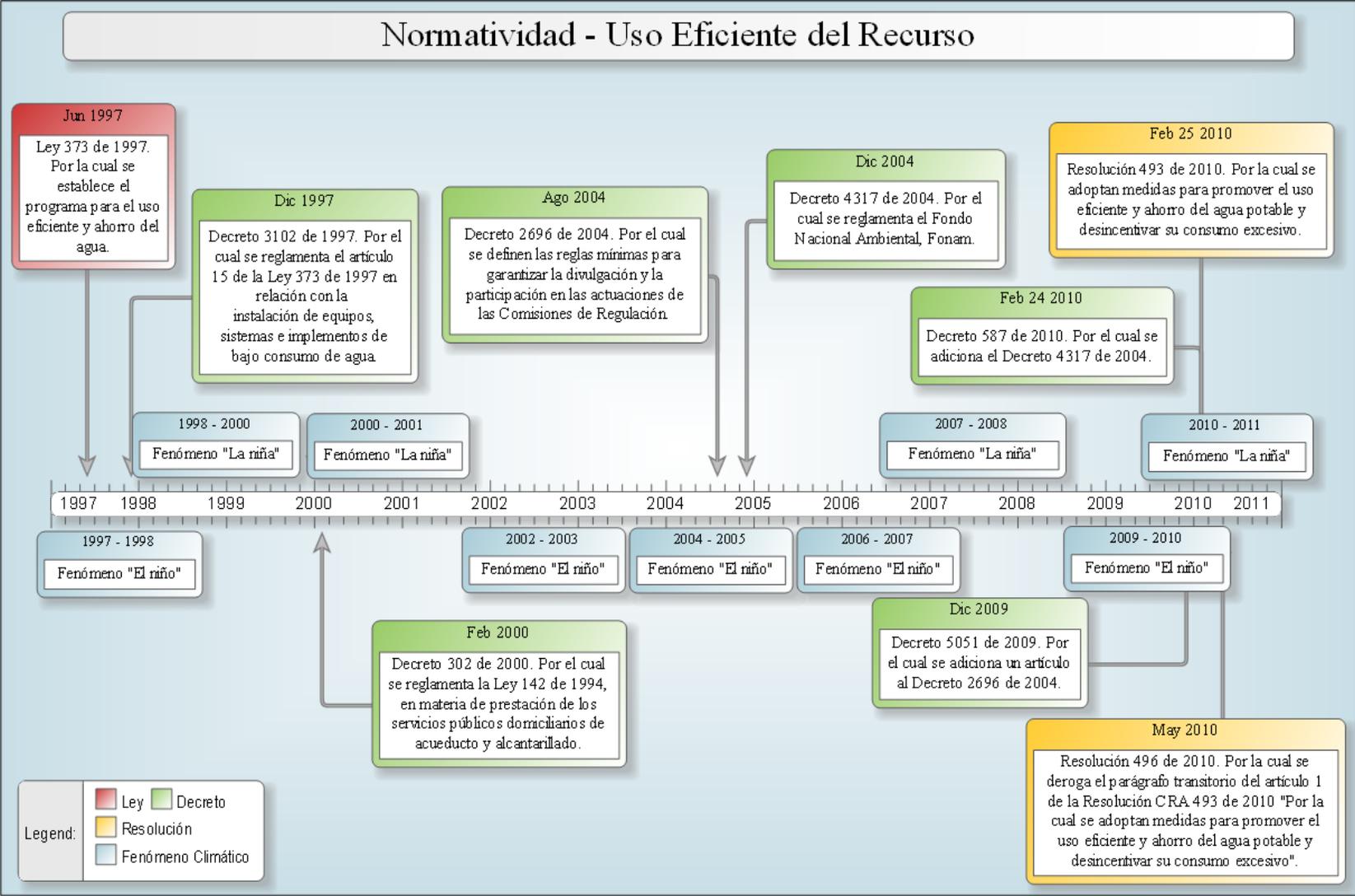


Figura 1. Normatividad relacionada con el uso eficiente del recurso (1997 – 2010)

### 3. Marco Teórico

El agua destinada para consumo humano, tiene unas características particulares que hacen que su respuesta ante incrementos en el precio sea baja (inelástico), es decir, el consumo varía muy poco ante cambios en los precios (Guzmán et al., 2011; Arbués et al 2008). Estas características intrínsecas son: es bien indispensable para la supervivencia, no tiene sustitutos para la mayoría de los usos residenciales, y es suministrado bajo condiciones de monopolio. Estas cualidades hacen que cualquier política pública encaminada a la conservación de este recurso hídrico deba primero conocer los factores determinantes del consumo y luego los patrones de consumo asociado a las condiciones socioeconómicas de quienes lo demandan.

En este sentido, son numerosos los estudios que se han realizado, desde diferentes enfoques y metodologías, pretendiendo explicar los determinantes del consumo doméstico de agua. Igualmente, han sido diversas las variables empleadas para explicar los comportamientos en el consumo de este recurso, las cuales pueden ser agrupadas en diferentes grupo de factores: tipo de consumo predominante (residencial, comercial, industrial); socioeconómicos relacionados con la vivienda y el hogar; meteorológicos como la temperatura y la distribución de las lluvias; y otros factores como la medición del consumo (Arocha, 1997) e incluso la periodicidad de la facturación.

Estudios más recientes han estado encaminados a comprender los patrones de consumo de agua y los factores que los generan: socioeconómicos y/o ambientales, con la hipótesis de que los patrones de uso del agua no se distribuyen de manera uniforme en el espacio y el tiempo (Franczyk & Chang, 2009; Wentz & Gober, 2007; House-Peters et al., 2010; Chang et al., 2010; Ramachandran & Johnston, 2011). En este campo los hallazgos no han estado alejados de los resultados que se han encontrado a través de los métodos econométricos tradicionales (panel data, series de tiempo, variables instrumentales, entre otros). Por ejemplo en diferentes estudios, el tamaño del hogar es una variable que resulta ser muy significativa y de gran impacto para el consumo de agua (Arbués et al 2003; Arbués et al. 2004; Wentz & Gober, 2007).

Para la especificación de la demanda de agua residencial es usual introducir variables como el ingreso, el tamaño del hogar, la edad de las personas que componen el hogar, la procedencia, el nivel formativo, la situación laboral, las características de la vivienda como edad, tamaño del jardín, tipo de electrodomésticos y sanitarios y número de automóviles, ya que son variables que pueden tener una influencia nada despreciable sobre el consumo de agua (Nauges & Thomas, 2000; Arbués et al., 2008).

Los estudios documentados revelan que el precio y los niveles de ingreso explican, en gran parte, el consumo residencial (Schleich & Hillenbrand, 2009; Nauges and Thomas, 2000). El ingreso es también un indicador de riqueza de los hogares y, por tanto, de la capacidad de compra de artículos de lujo que pueden consumir más agua (García et al., 2013). En vista de que el ingreso está altamente correlacionado con otras variables, se recomienda la utilización de variables proxy tales como: nivel educacional, tenencia de carro, edad de la residencia y valor de la propiedad (Arbués et al., 2003). Los ingresos pueden tener un efecto indirecto positivo en el ahorro de agua, como resultado de su relación con la educación (García et al., 2013); o por el contrario pueden presentar una relación negativa en la medida en que a un mayor nivel

educativo se asume que se tiene unos ingresos mayores y por ende la proporción del gasto destinado al consumo de agua potable representa una pequeña porción de los ingresos. Tal situación generaría que ante las medidas o campañas de ahorro la elasticidad ingreso de la demanda sea relativamente muy baja.

El tamaño del hogar afecta positivamente el consumo de agua (Jaramillo-Mosqueira, 2003; Arbúes et al., 2003; Arbués et al., 2004; Wentz & Gober, 2007; Schleich & Hillenbrand, 2009; House-Peters et al., 2010), aunque por las economías de escala en el consumo del agua asociadas a una serie de usos comunes del recurso de los que se benefician simultáneamente todos los miembros del hogar, el incremento en el uso del agua es menor proporcionalmente al incremento en el tamaño del hogar (Arbúes et al., 2003; Arbués et al., 2008). Ahora bien, en un estudio Arbúes et al. (2008) muestran cómo, independientemente de su tamaño, los hogares responden ante cambios en los precios del agua, y además, los hogares de menor tamaño manifiestan una mayor sensibilidad ante cambios en los precios que los hogares de mayor tamaño.

Los hogares con menores o adolescentes tienden a consumir más agua puesto que estos consumen el recurso con menos cuidado. Mientras que las personas jubiladas o con edades superiores a 65 años, pueden presentar dos tipologías: pueden consumir más porque destinan más tiempo a estar en el hogar o por el contrario controlan más el consumo de agua puesto que su ingreso disminuye después del retiro (Arbúes et al., 2003; Schleich y Hillenbrand, 2009). En esta línea Martínez-Espiñeira (2003) muestra en su estudio para España que la población por encima de 64 años de edad tiene un consumo más austero comparado con la población joven.

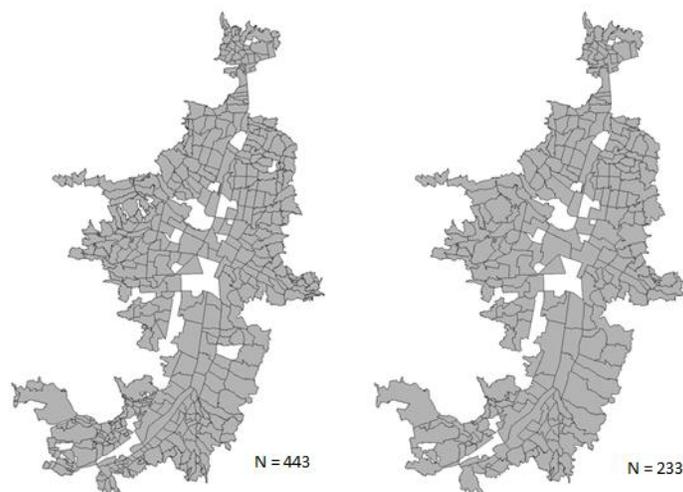
**Tabla 1. Variables explicativas del consumo de agua, empleadas en estudios previos**

<b>Autores y Año</b>	<b>Variables</b>
Espey et al., (1997)	
Nauges and Thomas, (2000)	
Arbúes et al., (2003)	
Jaramillo-Mosqueira (2003)	Precio del agua; Ingreso; Tamaño del hogar;
Arbués et al., (2004)	Densidad poblacional; Edad (población joven, población mayor de 60 años);
Wentz y Gober, (2007)	Número de Adultos; Educación;
Schleich y Hillenbrand, (2009)	Características de la vivienda (número de cuartos, edad, tamaño, jardín, piscina, valor);
Arbués et al. (2008)	Residencia propia; Temperatura; Estaciones
Franczyk y Chang, (2009)	
House-Peters et al. (2010)	
Martínez-Espiñeira (2003)	
Ramachandran & Johnston, (2011)	
Chang et al., (2010)	
García et al. (2013)	

#### 4. Área de estudio

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es la segunda más grande de Colombia, con una extensión de 1,157 kilómetros cuadrados y una población de 3,638,794 habitantes, según proyecciones del DANE. Los municipios que conforman esta área son: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado<sup>13</sup>, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas, los cuales cuentan con las características de alta heterogeneidad intraurbana y de excelentes niveles de cobertura del servicio de agua potable. La primera característica se ve reflejada en altos niveles de desigualdad dentro del Valle de Aburrá, que no sólo se da en términos de ingreso, sino también en términos estructurales, y la segunda en unos niveles de cobertura del 99.6%, según la ECV de 2009. Sin embargo por ausencia de información para Caldas, Girardota, Copacabana y Barbosa, estos municipios se deben excluir del análisis.

La unidad espacial que se va a emplear son las Regiones Analíticas, que son unidades espaciales que cumplen con criterios específicos (i.e., tamaño, forma, homogeneidad del atributo, entre otros) adecuados para los fenómenos bajo estudio (Duque et al., 2006). Esto como alternativa a emplear las unidades administrativas, las cuales no siempre son una buena representación de las personas u hogares que agrupan y pueden presentar problemas de falta de validez estadística -barrios con muy pocos hogares encuestados-, y aparición potencial de autocorrelación espacial espuria (Weeks et al, 2007). El diseño de las Regiones Analíticas fue realizado por Duque et al. (2012b) para el estudio de las variaciones de la pobreza intra-urbana en la ciudad de Medellín. Cada región de análisis cumple con las siguientes condiciones: es homogénea en cuanto a las características socio-económicas y tiene un mínimo de 100 hogares encuestados para asegurar la validez estadística. Estas unidades fueron delineadas por la aplicación del algoritmo Max-P-Regiones (Duque et al., 2012a, 2011), que agrupa a los barrios 443 en 233 regiones analíticas (Figura 2).



**Figura 2. Barrios administrativos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y las regiones analíticas resultantes de Duque et al. (2012)**

---

<sup>13</sup> Aunque geográficamente se encuentra en el Valle de Aburrá y tiene conurbación con sus vecinos no hace parte de la entidad administrativa denominada Área Metropolitana.

## 5. Variables y datos

### *Variable de estudio*

La variable dependiente corresponde al consumo promedio residencial de agua potable por suscriptor al mes en la región analítica ( $m^3$ /suscriptor/mes), la cual hace parte del Área Metropolitana. Este consumo promedio es calculado a partir de los consumos unitarios mensuales demandados por cada uno de los hogares (instalaciones) a la empresa de servicios públicos de la ciudad (Empresas Públicas de Medellín E.S.P. – EPM), durante el periodo 2005 – 2010. Es oportuno resaltar tres aspectos importantes en cuanto al cálculo de esta variable: 1) en el cálculo solo se tienen en cuenta aquellas instalaciones que estuvieron vinculadas al servicio durante todo el periodo de análisis, por lo tanto éstas no varían en el tiempo; 2) el consumo promedio por suscriptor por mes de cada una de las regiones analíticas es calculado para cada año como el promedio de los doce meses del año, por lo que se entiende que las estacionalidades del consumo de agua potable están inmersas dentro del resultado de este; y 3) el consumo promedio de agua por suscriptor por mes empleado en las regresiones es calculado como el logaritmo del consumo.

Así pues, el principal insumo de esta investigación es una completa base de datos que contiene los consumos unitarios –medidos en metros cúbicos de agua potable– para cada uno de los suscriptores; donde el nivel de detalle para ambas variables es la instalación. La periodicidad de los datos es mensual; desde enero de 2005 hasta diciembre de 2011.

### *Variables socioeconómicas*

Dado que el análisis se realizará en dos periodos (2005 y 2010), las variables se obtienen de dos fuentes de información diferente. Por una parte, se emplea la información del Censo General de 2005, realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE); este dispone de información oportuna, confiable e integrada sobre el volumen y las características de la población, los hogares y las viviendas. Por otro lado, se utiliza la información de la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) de 2009 correspondiente a cada uno de los municipios que componen el Área Metropolitana. La ECV es un instrumento diseñado para realizar el seguimiento y la medición de las condiciones socioeconómicas de los habitantes de las comunas y corregimientos que conforman los municipios; con una periodicidad anual. Es un compendio estadístico que permite conocer de primera mano los índices de en temas vitales como la Población, Vivienda Hogares, Educación, Fuerza de Trabajo, Salud y Seguridad Social e Indicadores del año 2009.

Las variables socioeconómicas que se emplearán en el análisis son presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Listado de variables socioeconómicas seleccionadas

Descripción	Variable	Censo 2005	ECV 2009
Porcentaje de individuos en el barrio con más de 60 años	E60	✓	✓
Porcentaje de individuos desempleados en el barrio	DESE	✓	✓
Porcentaje de individuos en el barrio con educación universitaria (pre o pos grado)	UNIV	✓	✓
Porcentaje de hogares sin acueducto	SLU1	✓	✓
Porcentaje de hogares en el barrio con gas natural	GAS	✓	✓

## 6. Análisis Descriptivo

En las siguientes tablas se puede observar la evolución tanto en el número de suscriptores residenciales de acueducto como en el consumo total de metros cúbicos de agua, desagregado a nivel de estrato socioeconómico, para el periodo 2005 – 2010. En estas se puede observar que aunque el número de suscriptores ha incrementado en aproximadamente un 14.5% durante el periodo, el consumo residencial de agua solo ha aumentado un 0.11%, aproximadamente, durante el mismo periodo. Como consecuencia de lo anterior se obtiene una disminución en el consumo promedio residencial de acueducto en el Área Metropolitana, el cual pasó de 15.80 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes en el 2005 a 13.81 m<sup>3</sup>/suscriptor/mes en el 2011, lo que representa una disminución del 12.61%. (Véase Anexo 1 para ampliar la información de suscriptores y consumos por municipio del Área Metropolitana)

Tal situación se explica por múltiples factores, entre esos: una conciencia generalizada por la conservación y buen uso del recurso; la educación en cuanto a las buenas prácticas en el uso del agua; la instalación de dispositivos ahorradores, los cuales a partir del Decreto 3102 de 2011 son obligatorios en las construcciones nuevas; la disminución en el tamaño del hogar; la representatividad del costo de los servicios públicos dentro del ingreso de los hogares; las políticas públicas relacionadas con el precio que inciden sobre la demanda del recurso; entre otras.

**Tabla 3. Suscriptores Residenciales de Acueducto Total Área Metropolitana (2005 – 2010)**

	Suscriptores Residenciales					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Estrato 1	61,666	62,579	64,629	65,605	65,297	66,073
Estrato 2	268,724	275,958	283,642	290,172	294,556	299,366
Estrato 3	277,919	280,940	291,088	298,141	304,106	310,322
Estrato 4	74,656	74,841	82,804	87,485	91,375	95,153
Estrato 5	54,125	56,227	59,706	62,657	66,073	68,742
Estrato 6	22,908	24,524	27,256	28,396	29,401	30,920
Residencial	759,998	775,069	809,125	832,456	850,808	870,576
Var.		1.98%	4.39%	2.88%	2.20%	2.32%

Fuente: datos suministrados por EPM. Construcción propia.

**Tabla 4. Consumos Residenciales de Acueducto Total Área Metropolitana (2005 – 2010)**

	Consumos Residenciales (m <sup>3</sup> )					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Estrato 1	10,223,021	10,104,884	10,596,945	10,616,769	10,582,929	10,085,111
Estrato 2	47,454,128	47,637,314	49,435,468	49,469,302	49,741,462	47,442,351
Estrato 3	51,197,580	51,603,927	53,121,712	52,526,506	52,262,171	50,371,564
Estrato 4	15,664,681	15,856,935	16,533,336	16,664,238	16,783,138	16,344,521
Estrato 5	12,764,957	12,916,349	13,292,483	13,192,687	13,214,931	12,824,112
Estrato 6	6,797,966	7,069,468	7,564,200	7,660,794	7,465,669	7,193,393
Residencial	144,102,333	145,188,877	150,544,144	150,130,296	150,050,299	144,261,051
Var.		0.75%	3.69%	-0.27%	-0.05%	-3.86%

Fuente: datos suministrados por EPM. Construcción propia.

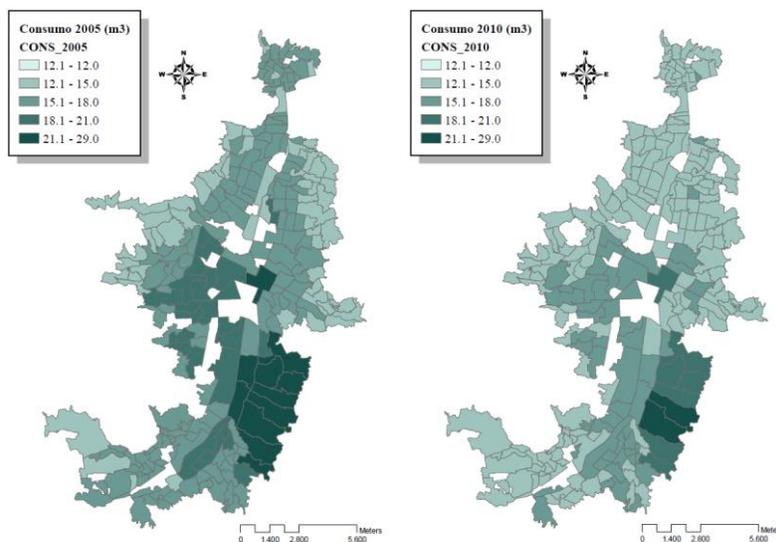
**Tabla 5. Consumos Promedios Residenciales de Acueducto Total Área Metropolitana (2005 – 2010)**

	(m <sup>3</sup> /suscriptor/mes)						Var.
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Estrato 1	13.82	13.46	13.66	13.49	13.51	12.72	- 7.93%
Estrato 2	14.72	14.39	14.52	14.21	14.07	13.21	-10.26%
Estrato 3	15.35	15.31	15.21	14.68	14.32	13.53	-11.89%
Estrato 4	17.49	17.66	16.64	15.87	15.31	14.31	-18.14%
Estrato 5	19.65	19.14	18.55	17.55	16.67	15.55	-20.90%
Estrato 6	24.73	24.02	23.13	22.48	21.16	19.39	-21.60%
Residencial	15.80	15.61	15.50	15.03	14.70	13.81	-12.61%

Fuente: datos suministrados por EPM. Construcción propia.

Analizando los consumos promedio por estrato socioeconómico, se observa que durante el periodo de análisis los estratos 4, 5 y 6 son quienes han tenido los mayores niveles de consumo, pero a su vez, han tenido las mayores disminuciones en el consumo de agua durante este periodo, con valores cercanos o superiores al 20%. Esto puede estar justificado en que, por una parte los ingresos de estos hogares son altos con respecto al resto, siendo la participación del gasto en servicios públicos muy pequeña dentro de la destinación del ingreso, haciendo que se requiera menos control de este y se consuma más sin pensar en el costo de este. Por otra parte, son los estratos con las mayores holguras en el consumo de agua potable destinada al consumo humano y a los menesteres del hogar, de tal modo que tienen aún capacidad para disminuir su consumo, sin afectar los niveles mínimos de consumo; teniendo en cuenta además que los hogares que allí habitan tiene características particulares como viviendas más grandes y menor número de personas por hogar.

En los mapas presentados a continuación se puede observar como estos consumos se distribuyen espacialmente sobre todo el Área Metropolitana, observándose que en las regiones analíticas donde el consumo es alto, han tenido disminuciones representativas en el consumo de agua potable durante el periodo.



**Figura 3. Consumo promedio residencial de agua potable en el 2005 y el 2010 (m<sup>3</sup>/suscriptor/mes)**

Con el fin de determinar el grado de interdependencia espacial entre las regiones analíticas sobre el consumo de agua potable, se utilizó el software de análisis espacial GeoDa de Anselin et. al. (2006). El Índice Global de Moran y el Índice Local de Autocorrelación Espacial (LISA, por sus siglas en Inglés) determinan el grado de autocorrelación espacial entre las regiones analíticas. El análisis LISA calcula un valor de autocorrelación espacial para cada unidad, es decir, región analítica, explicando la medida en que las regiones analíticas individuales se parecen a sus vecinos. Al realizar la prueba del Índice de Moran a los consumos promedio residenciales de agua potable para los años 2005 y 2010 arroja como resultado una autocorrelación espacial significativa, donde la I de Moran es 0.7018 y 0.6148 para los años 2005 y 2010, respectivamente. Por lo cual será importante realizar, más adelante, los test a los residuos para confirmar algún nivel de autocorrelación espacial.

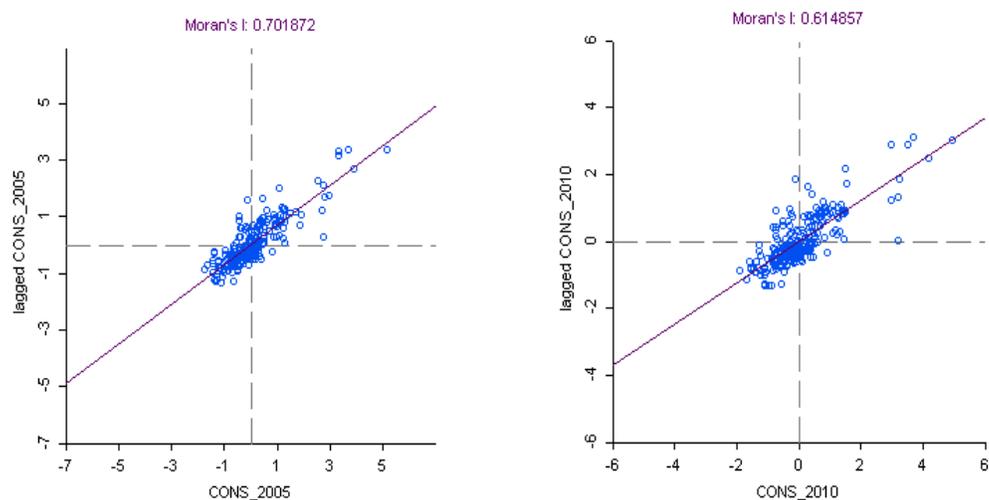


Figura 4. Distribución de la variación del consumo de agua potable 2005 – 2010 y Cálculo de LISA – Clúster

Calculando la tasa de variación en los consumos entre 2005 y 2010, variable DELTA, se puede observar que los niveles de disminución no están homogéneamente distribuidos en el espacio; el patrón espacial de las variaciones muestra una mayor tasa de reducción en aquellas regiones analíticas que presentaban mayores niveles de consumo en 2005. Con la prueba LISA se identifica que existen clústeres con una alta correlación espacial: áreas con altas variaciones negativas en los consumos están rodeadas de áreas con altas variaciones negativas (low-low, azul) y áreas donde la variación positiva en el consumo fue muy alta y sus vecinos también tuvieron variaciones altas (high-high, rojo).

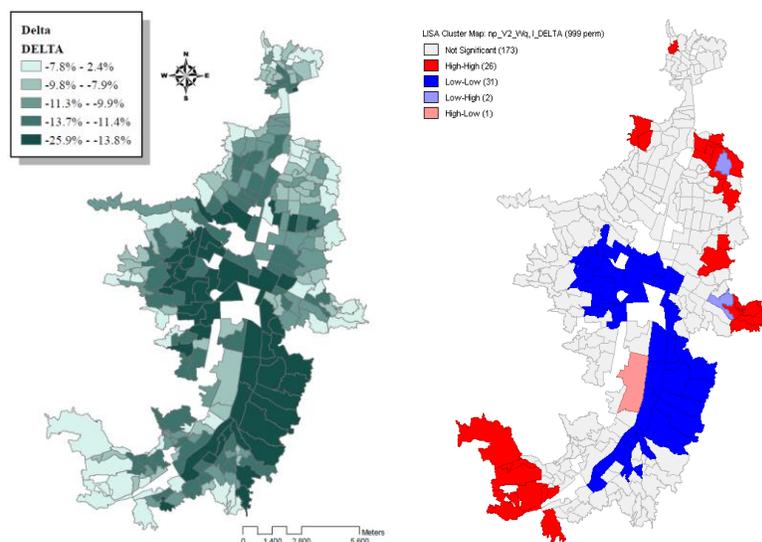


Figura 5. Distribución de la variación del consumo de agua potable 2005 – 2010 y Cálculo de LISA – Clúster

Analizando los dos clúster identificados (low-low y high-high), se observan marcadas diferencias en las condiciones socioeconómicas de estos dos clusters: el clúster L-L presenta unas mejores condiciones socioeconómicas en comparación con el clúster H-H. En el Clúster L-L, ubicado al sur oriente del Área Metropolitana, las viviendas tienden a ser más grandes y con un porcentaje muy bajo de hacinamiento, lo primero medido con el número de cuartos y lo segundo con el porcentaje de hogares donde habitan más de dos personas por habitación. Los hogares están compuestos por un número menor de personas. Cuenta con un porcentaje alto de personas adultas, al igual que de personas con educación universitaria. Tiene un porcentaje considerable de hogares con ingreso salarial promedio mayor a 2 SMLV. Finalmente, cuenta con un porcentaje mayor de hogares con gas natural. (Véase Tabla 6)

Tabla 6. Caracterización socioeconómica de los clúster con ECV 2009

variable	Unidad	Clúster L-L		Clúster H-H	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
Número de cuartos por vivienda (promedio barrio)	número	4.704	0.418	3.513	0.483
Tamaño de hogar en número de personas (promedio barrio)	número	3.152	0.354	4.002	0.277
Porcentaje de hogares donde habitan más de dos personas por habitación	%	0.013	0.025	0.106	0.074
Porcentaje de individuos en el barrio con menos de 18 años	%	0.153	0.036	0.309	0.063
Porcentaje de individuos en el barrio con más de 60 años	%	0.217	0.037	0.096	0.023
Porcentaje de individuos que pertenecen a una etnia	%	0.011	0.009	0.038	0.041
Porcentaje de población analfabeta por barrio	%	0.007	0.006	0.035	0.025
Porcentaje de individuos en el barrio con educación básica o menos	%	0.195	0.075	0.523	0.136
Porcentaje de individuos en el barrio con educación secundaria o media	%	0.385	0.065	0.402	0.084

continúa...

continuación

variable	Unidad	Clúster L-L		Clúster H-H	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.
Porcentaje de individuos en el barrio con educación universitaria (pre o pos grado)	%	0.420	0.120	0.074	0.064
Porcentaje de individuos desempleados en el barrio	%	0.039	0.024	0.086	0.027
Porcentaje de hogares con ingreso salarial promedio menor a un smlv en el barrio	%	0.690	0.099	0.939	0.051
Porcentaje de hogares con ingreso salarial promedio entre uno y dos smlv en el barrio	%	0.135	0.049	0.048	0.035
Porcentaje de hogares con ingreso salarial promedio mayor de dos smlv en el barrio	%	0.175	0.107	0.014	0.019
Porcentaje de hogares sin acueducto	%	0.003	0.008	0.005	0.008
Porcentaje de hogares en el barrio con gas natural	%	0.664	0.144	0.427	0.258
Variación consumo agua potable 2005 - 2010	%	-0.171	0.032	-0.078	0.022

Fuente: construcción propia.

Con el objetivo de comprender los patrones en el consumo residencial de agua (variable dependiente) y las variaciones que estos han tenido en el tiempo, se utilizaron variables socioeconómicas que pueden estar, de algún modo u otro, relacionadas con este consumo: porcentaje de personas con más de 60 años (E60), porcentaje de personas desempleadas (DESE), porcentaje de personas con estudios universitarios (UNIV), porcentaje de hogares sin acueducto (SLU1), y porcentaje de personas en el barrio con gas (GAS); estas tres últimas variables serán analizadas como proxy del ingreso. En la tabla 7 se pueden observar la estadística descriptiva de las variables seleccionadas en los dos periodos analizados.

Tabla 7. Estadística Descriptiva de las variables socioeconómicas

variable	Unidad	Año 2005				Año 2009			
		Media	Desv. Est.	Min	Max	Media	Desv. Est.	Min	Max
CONSUMO	m3	16.355	2.380	12.134	28.560	14.452	1.628	11.303	22.441
E60	%	0.096	0.034	0.044	0.208	0.136	0.051	0.051	0.284
DESE	%	0.035	0.014	0.005	0.070	0.069	0.030	0.008	0.150
UNIV	%	0.236	0.159	0.020	0.620	0.173	0.141	0.003	0.633
SLU1	%	0.020	0.032	0.000	0.268	0.004	0.008	0.000	0.056
GAS	%	0.241	0.206	0.002	0.812	0.565	0.207	0.000	0.897

Fuente: construcción propia.

El porcentaje de individuos con más de 60 años de edad ha aumentado en general en el área de estudio, pasando de una media de 9.6% en el 2005 a 13.6% en el 2009. Además, la concentración de personas adultas está en las regiones ubicadas en el sur del Área Metropolitana. La relación de esta variable con el consumo residencial de agua potable se espera que sea positiva (Arbúes et al, 2003; Schleich y Hillenbrand, 2009); incluso visualmente ambos patrones coinciden en gran medida.

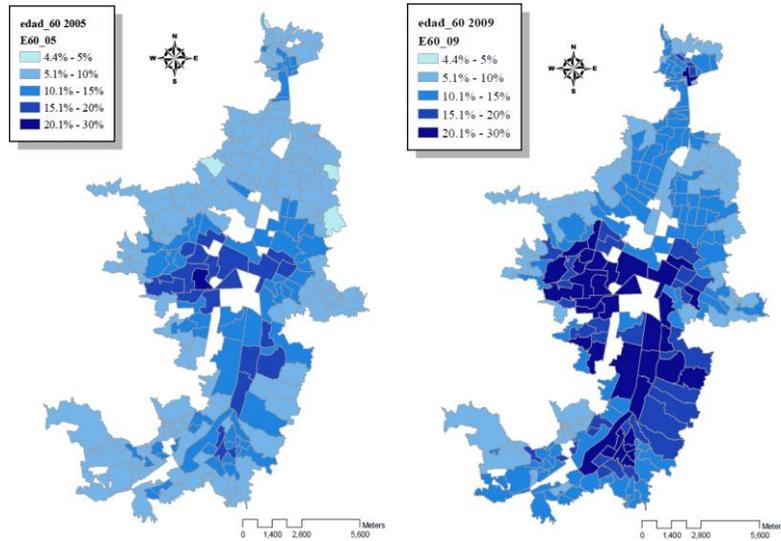


Figura 6. Porcentaje de individuos en el barrio con más de 60 años (E60)

El desempleo muestra un aumento considerable en la mayoría de las regiones analíticas durante el periodo de análisis, lo que puede generar presiones socioeconómicas muy fuertes, con gran afectación del ingreso de los hogares. El promedio de desempleo en el área de estudio, según el Censo, era de 3.5% en el 2005, mientras que para el 2009 este era de 13.6%. Los mayores porcentajes de desempleo se observan en el centro y norte del área de estudio, seguido del suroccidente. Esta problemática social presenta una relación inversa con los niveles de consumo.

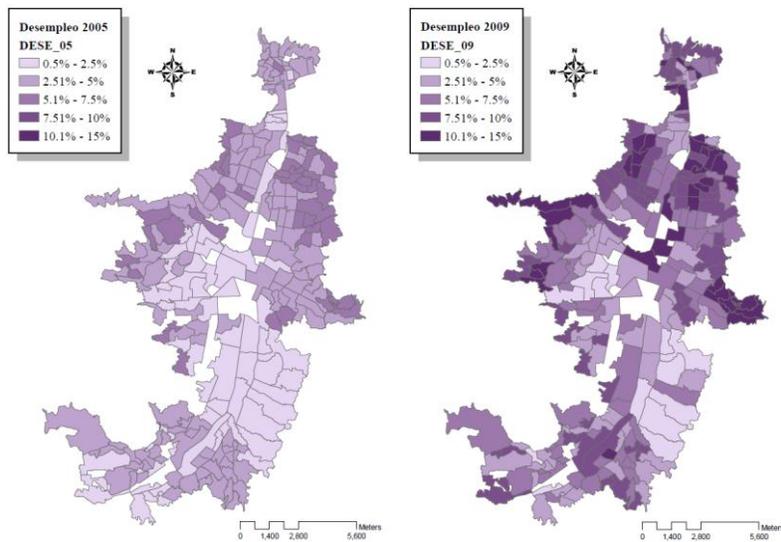


Figura 7. Porcentaje de individuos desempleados en el barrio (DESE)

En términos generales el porcentaje de personas con educación universitaria varió en el periodo de análisis, pasando de 23.6% en el 2005 a 17.3% en el 2009. Los mayores cambios se presentaron en el suroccidente del área de análisis. Mientras tanto, el sureste sigue teniendo los mayores porcentajes de personas con educación universitaria. Hacia el norte del mapa se observa que los niveles de educación a nivel universitario son los más bajos.

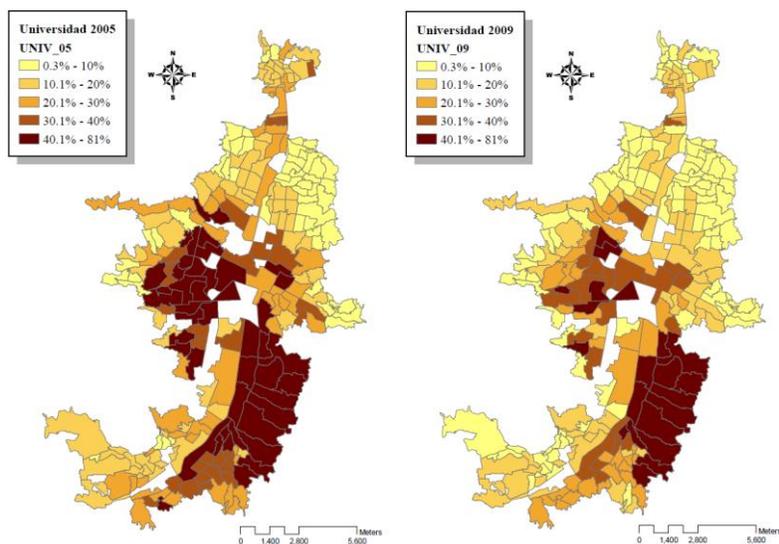


Figura 8. Porcentaje de individuos en el barrio con educación universitaria -pre o pos grado- (UNIV)

En cuanto al porcentaje de hogares sin acueducto, el nivel de cobertura del servicio es muy bueno y ha mejorado en el periodo de análisis. Los altos niveles de hogares sin acueducto que se presentaron en algunas regiones ubicadas en las laderas, parecen superados en gran parte en el 2009.

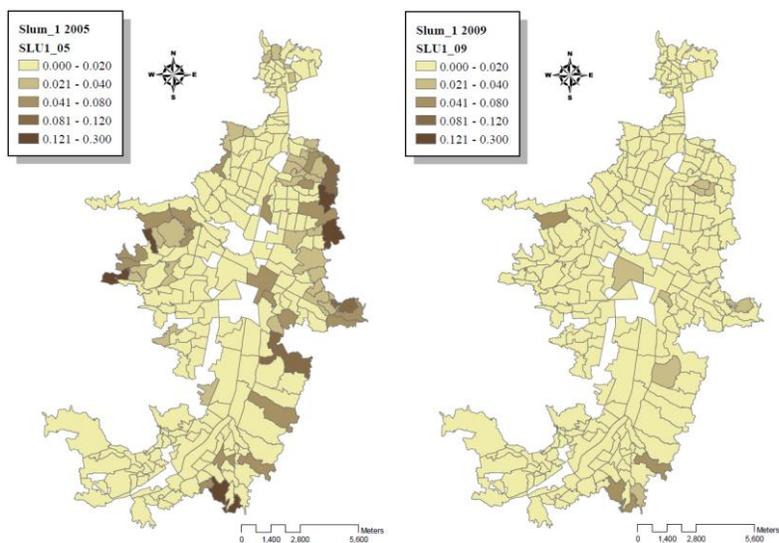


Figura 9. Porcentaje de hogares sin acueducto (SLU1)

Por último, la cobertura de hogares con instalación de gas natural aumentó en el periodo 2005 – 2009; pasó de 24% a 56%, en promedio. Este aumento se presentó en la mayoría de las regiones analíticas, mejorando seguramente las condiciones de vida de sus habitantes. Al contar con este servicio, el consumo de agua caliente se facilita en términos económicos; incentivando un mayor consumo residencial de agua.

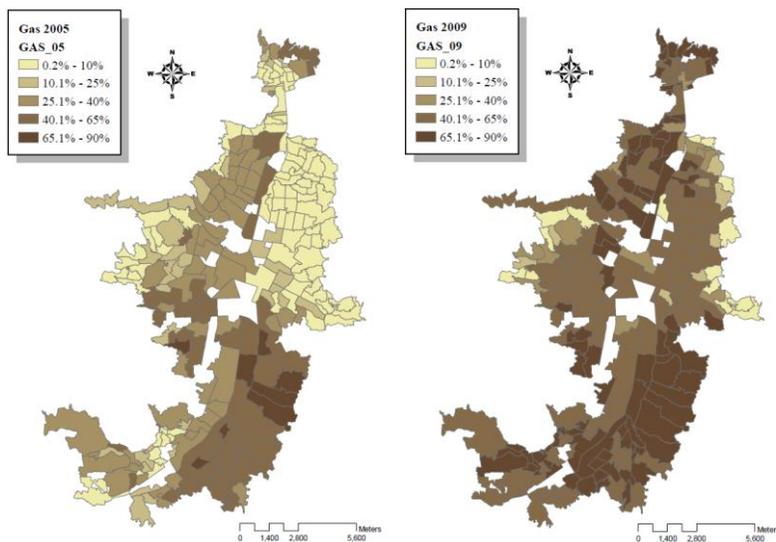


Figura 10. Porcentaje de hogares en el barrio con gas natural (GAS)

## 7. Análisis y Resultados

El modelo de consumo residencial de agua que se plantea para los años de análisis puede expresarse como:

$$\ln q_{2005} = \beta_0 + \beta_1dese + \beta_2e60 + \beta_3gas + \beta_4pobl + \beta_5slul + \beta_6univ + \mu$$

$$\ln q_{2010} = \beta_0 + \beta_1dese + \beta_2e60 + \beta_3gas + \beta_4pobl + \beta_5slul + \beta_6univ + \mu$$

Como puede observarse, ambos modelos incluyen la variable POBL que consiste en una variable binaria que toma el valor de 1 en aquellas regiones analíticas ubicadas al suroeste del mapa, zona correspondiente a la Comuna El Poblado. Esta variable resuelve los problemas de heterogeneidad espacial que presentaron versiones previas de los modelos acá presentados. El comportamiento diferenciado de esta zona con respecto al resto del Área Metropolitana se evidenció a lo largo del análisis descriptivo realizado en la sección anterior: esta área en particular presenta patrones muy definidos con un grado alto de autocorrelación en términos de consumo de agua potable y en términos socioeconómicos (véase Tabla 6, datos para clúster L-L). Por ejemplo, es la zona con patrones de consumo más altos, y que a su vez a lo largo del periodo de análisis, son quienes más disminución en el consumo han tenido.

Inicialmente se hacen las regresiones por mínimos cuadrados ordinarios con logaritmo natural del consumo promedio residencial de agua ( $m^3$ /suscriptor/mes) como variable independiente y las variables socioeconómicas como variables independientes. La Tabla 8 muestra los dos modelos analizados: uno para el consumo promedio residencial de agua del año 2005 (M1) y el otro modelo para el consumo promedio residencial de agua del año 2010 (M2).

En ambos modelos, se obtuvieron  $R^2$  altos, para M1 de 0.78 y para M2 de 0.75. Los números de condición de multicolinealidad reportados en GeoDaSpace son menores a 30, lo que indica que no hay multicolinealidad significativa entre las variables. En M1 el Test de Jarque-Bera aparece significativo, lo cual indica una distribución no normal de los residuos de la regresión.<sup>14</sup>

Los tests de heterocedasticidad descartan la presencia de este tipo de patrón espacial en los residuos de la regresión y los tests de autocorrelación espacial sugieren la existencia de autocorrelación espacial sustantiva que será controlada por medio de la implementación de un modelo del retardo espacial (spatial lag model) mixto regresivo, espacial autoregresivo. La presencia de este efecto implica que existe un proceso de contagio en los patrones de consumo de agua en el Área metropolitana, en otras palabras, el modelo sugiere que los niveles de consumo en una región analítica dependen de las características socioeconómicas de la región y de los niveles de consumo de las regiones vecinas. Los resultados de los modelos espaciales son reportados en la Tabla 9 en donde se confirma la ausencia de problemas de autocorrelación espacial de los errores (Test Anselin-Kelejian) y también se confirma que los modelos espaciales son significativamente mejores que sus contrapartes no espaciales (Test Ratio de Verosimilitud).

---

<sup>14</sup> Este inconveniente queda superado en los modelos espaciales en donde los residuos muestran una distribución normal con ausencia de autocorrelación espacial.

**Tabla 8. Modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios del consumo promedio residencial de agua potable como función de variables socioeconómicas. Unidad espacial: regiones analíticas. N = 233. Matriz de contigüidad: matriz de pesos W queen (reina) de primer orden.**

<b>Variabes exógenas</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>
constante	2.6178***	2.4854***
dese	-0.9676**	-0.0414
e60	1.4356***	0.7788***
gas	0.1042***	0.0803***
pobl	0.3103***	0.2674***
slu1	-0.2792**	-0.2751
univ	0.1408**	0.1116**
R <sup>2</sup> Ajustado	0.78	0.75
Condición de multicolinealidad	16.85	15.65
Test Jarque-Bera	59.74***	2.87
Test Breusch-Pagan	7.21	7.37
Test Koenker-Bassett	3.25	6.97
Multiplicadores de Lagrange - lag test	29.41***	27.25***
ML Robusto - lag test	8.96***	8.47***
Multiplicadores de Lagrange - error test	22.14***	20.24***
ML Robusto - error test	1.69	1.42

Nota: El nivel de significancia al 1, 5 y 10% es indicado por \*\*\*, \*\* y \*, respectivamente.

**Tabla 9. Modelo Espacial Lag del consumo promedio residencial de agua potable como función de variables socioeconómicas. Unidad espacial: regiones analíticas. N = 233. Matriz de contigüidad: matriz de pesos W queen (reina) de primer orden.**

<b>Variabes exógenas</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>
constante	1.8468***	1.7073***
dese	-0.8262**	-0.0104
e60	1.0927***	0.616***
gas	0.0564*	0.0604***
pobl	0.2483***	0.2233***
slu1	-0.2628**	-0.2632
univ	0.1154**	0.0664
W_impactQ1/Q2	0.2935***	0.3070***
Pseudo-R <sup>2</sup>	0.82	0.79
Test Anselin-Kelejian	0.69	0.13
Test Ratio de Verosimilitud	29.23***	25.99***

Nota: El nivel de significancia al 1, 5 y 10% es indicado por \*\*\*, \*\* y \*, respectivamente.

Los resultados de los modelos de regresión de MCO y espacial revelan que los coeficientes de las variables independientes varían para las dos consumos analizados (2005 y 2010), siendo en la mayoría de casos menor en M2. En los modelos para el consumo de 2005 (M1) todas las variables exógenas fueron significativas, mientras que en los modelos para el consumo de 2010 (M2) las variables significativas fueron: la edad (e60), la conexión al gas natural (gas) y la variable Poblado (pobl).

Ahora bien, en cuanto al resultado de los coeficientes, estos se encuentran acordes a lo esperado y conformes a la literatura. En el caso de DESE la relación de este con el consumo es inversa, es decir, a medida que aumenta el porcentaje de desempleados disminuye el consumo promedio residencial de agua. Curiosamente, este coeficiente es más pequeño en el caso de M2, que es cuando se presentan tasas de desempleo más altas. Esto podría estar explicado por los niveles de consumo, cuales para 2010 ya han sufrido una disminución considerable, dejando cada vez márgenes más pequeños para disminuir.

El resultado obtenido con la variable E60 nos confirma que las personas adultas mayores tienden a consumir más. Así que si aumenta el porcentaje de individuos con más de 60 años, el consumo de agua se puede incrementar, pues son personas que pasan más tiempo en la casa por lo que tienden a consumir más (Arbúes et al, 2003; Schleich y Hillenbrand, 2009).

Por otra parte, los resultados de GAS, SLU1 y UNIV dan claras evidencias de que a medida que aumenta el “bienestar” de los hogares, medido en término de acceso a los servicios y educación, estos consumen más agua. Esta relación puede ser el reflejo de aumentos en la capacidad adquisitiva de las personas o de la capacidad para adquirir o utilizar electrodomésticos o tecnologías que consumen agua (García et al., 2013). Por ejemplo, el hecho de usar gas natural para el calentador, conlleva grandes ahorros en términos de costo de la energía, pero también aumentos en el consumo de agua. En el caso de UNIV la relación es positiva con el consumo, lo que podría interpretarse como mayores ingresos -fruto de la educación-. Puesto que a mayores ingresos, el porcentaje del gasto dedicado a servicios públicos disminuye, las personas asumen una actitud más desinteresada en controlar el consumo y por ende el gasto (Arbúes et al., 2003).

Finalmente, la variable POBL tiene una relación positiva con el consumo. Dicho en otras palabras, cuando el consumo es analizado para esta área específica, el consumo se incrementa justificado en que esta región tiene condiciones socioeconómicas muy favorables: viviendas grandes con poca gente, con niveles de educación y salariales altos, baja tasa de desempleo, excelente acceso a los servicios; permitiéndoles altos niveles de consumo sin importar su costo<sup>15</sup>.

En vista de que la única norma del Gobierno que tiene un impacto directo sobre el consumo de agua, se va a analizar el impacto de la medida anunciada en diciembre de 2009 y aplicada a partir de marzo hasta mayo de 2010. Por lo tanto, se calculó los impactos Q1, Q2 y Q3, teniendo en cuenta el trimestre en el cual se hizo el anuncio, se aplicó y se derogó la medida. Con el fin de que estos impactos correspondan netamente a los efectos de la media implementada por el Gobierno, a las tasas de variación del consumo trimestral se le restó el promedio de la variación en el consumo de los dos años anteriores (2008 y 2009).

En la Tabla 10 se puede observar como el mayor impacto se presentó en Q1, es decir, apenas el gobierno nacional hizo el anuncio de la medida, en promedio los suscriptores residenciales disminuyeron su consumo en un 3.5%. En el caso de impacto Q2, que corresponde al trimestre en el cual la medida ya había sido implementada, y las instalaciones residenciales que

---

<sup>15</sup> La zona de El Poblado es en su mayoría estrato 5 y 6, por lo que tarifa que se paga por el servicio público domiciliario de agua potable tiene incorporado un porcentaje correspondiente a una contribución, la cual puede ser aproximadamente del 50% sobre el costo. Esta contribución se emplea para subsidiar los estratos bajos.

consumían más de los 34 m<sup>3</sup> al mes se les cobraban la cantidad por encima de este límite al doble del precio, se observó una disminución en promedio del consumo del 1%. Mientras tanto en impacto Q3, es decir el trimestre siguiente a cuando la medida se derogó, esta disminución es menor al 1%. De ahí que se concluya que el efecto de la medida no perdura en el tiempo.

**Tabla 10. Estadística descriptiva de los impactos derivados del desincentivo económico al consumo excesivo**

	ImpactoQ1	ImpactoQ2	ImpactoQ3
Media	-3.45%	-1.16%	-0.84%
Desv. Est.	2.72%	2.36%	2.36%
Min	-10.84%	-12.51%	-8.46%
Max	15.44%	6.24%	5.67%

Por otra parte, cuando se analiza el patrón de disminución en el consumo residencial de agua potable derivado del desincentivo económico al consumo, establecido por el Gobierno como consecuencia de un periodo de escasez, se observa que este no es homogéneo a lo largo de toda el Área Metropolitana. Aquellas regiones ubicadas hacia el sur oriente, que tienen altos niveles de consumo y que a su vez son quienes más disminución en el consumo han presentado en el periodo 2005 – 2010, no reaccionan tan eficientemente a la medida. Mientras que aquellas regiones ubicadas más hacia el centro norte del Área Metropolitana, tuvieron en el periodo Q1 una respuesta mayor a la política de precios, aun cuando son regiones con niveles de consumo de agua potable menores respecto al resto. Lo anterior puede estar justificado en que las condiciones socioeconómicas de estas regiones son bajas, y el gasto de los servicios públicos dentro del ingreso disponible representa un porcentaje muy alto, por lo que de alguna manera u otra tienen mayores incentivos económicos para reaccionar positivamente a la medida.

El análisis exploratorio con las medidas de I de Moran y LISA nos permiten analizar el grado de concentración geográfica de la disminución en el consumo de agua potable como consecuencia de la política. Se observa en las Figuras 12 y 13 por un lado, que hay evidencia de autocorrelación espacial (I de Moran de 0.36 para Q1 y de 0.41 tanto para Q2 como para Q3), lo que sugiere que los patrones de impacto ante la medida que desincentivaba el consumo no estaban distribuidos aleatoriamente a través del área de estudio. Por otro lado, las pruebas indican que hay un patrón de clúster de disminución en el consumo que varía entre Q1 y Q2, pues en el primer periodo este se encuentra ubicado hacia el noroccidente del área metropolitana, y en el segundo periodo se encuentra ubicado en el nororiente del área metropolitana.

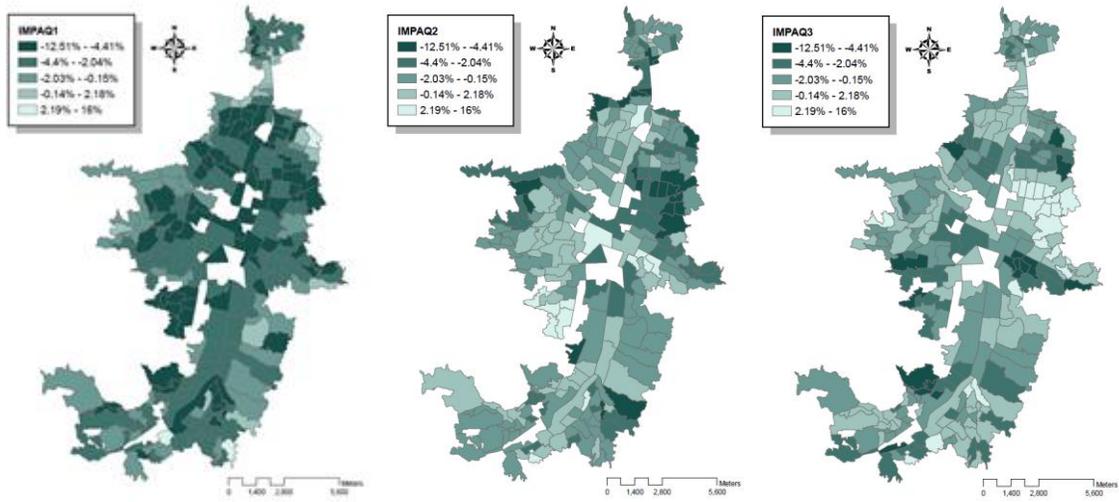


Figura 11. Distribución del impacto de la política pública en el periodo Q1, Q2 y Q3

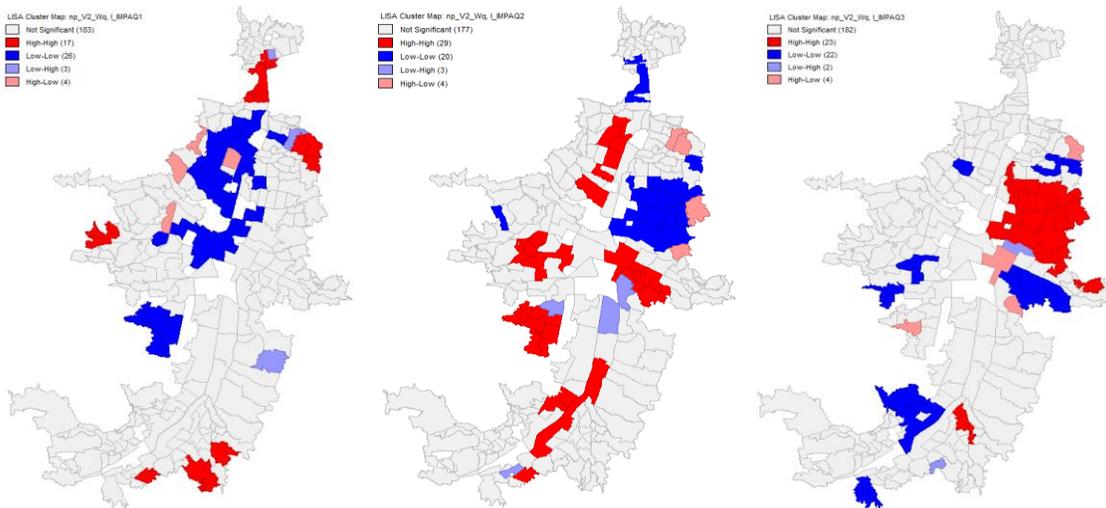


Figura 12. Cálculo de LISA – Clúster de los impactos en el periodo Q1, Q2 y Q3

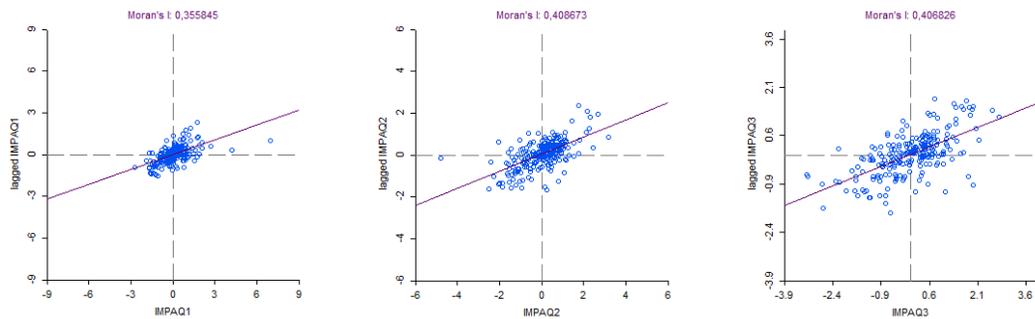


Figura 13. Gráfico de dispersión del Índice de Moran de los impactos en el periodo Q1, Q2 y Q3

## 8. Conclusiones

Este artículo contribuye a la literatura en la medida en que permite un mejor entendimiento sobre los patrones de consumo residencial de agua y las condiciones socioeconómicas relacionados con este en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Donde pudo observarse la existencia de patrones de consumo de agua con autocorrelación espacial, los cuales a su vez se encuentran altamente ligados a las condiciones socioeconómicas propias y del entorno.

Las presiones negativas hacia el recurso hídrico generan episodios de escasez, poniendo de manifiesto la necesidad de responsabilizar a cada uno de los actores partícipes de los procesos relacionados con el agua, que para el caso de este estudio serían los consumidores. Según la Organización Mundial de la Salud, la escasez de agua afecta a todos los continentes y a cuatro de cada diez personas en el mundo. Esta situación empeora con el crecimiento de la población, el desarrollo urbanístico, el cambio climático, y el aumento del uso del agua con fines industriales y domésticos.

Analizando las implicaciones de las políticas públicas encaminadas a generar una reducción en el consumo de agua potable, como la política de precios establecida por el MVCT en 2010 y reglamentada por la CRA, se evidenció una reacción casi inmediata en la reducción del consumo residencial aun cuando ésta era tan solo un anuncio, ya que su aplicación se dio un par de meses más tarde. Adicionalmente, el impacto de la medida fue heterogéneo en términos de intensidad y permanencia. En términos de disminución en el consumo, este se produjo en mayor medida en aquellas regiones analíticas ubicadas desde el centro hacia el norte. Regiones con patrones de consumo de agua potable bajos ( $\text{m}^3/\text{suscriptor}/\text{mes}$ ) y características socioeconómicas que muestran altos niveles de desempleo y bajos niveles de educación universitaria.

En consecuencia, aunque la demanda residencial de agua es poco sensible a las variaciones de precios (inelástica), al no ser completamente inelástica se cuenta con una oportunidad de racionalizar la demanda por medio de un incremento en el precio de la cantidad de esta que es considerada como consumo excesivo o suntuario. Asimismo, se deben considerar las políticas de no-precio, como la promoción de instalación de equipos tecnológicos de bajo consumo, campañas de sensibilización y programas de educación, las cuales resultan determinantes en el consumo de agua residencial en el largo plazo. Finalmente, los Policy Makers deben tener en cuenta las condiciones socioeconómicas de los agentes demandantes del recurso a la hora de diseñar políticas que aseguren un máximo nivel de respuesta por parte de la población.

## 9. Referencias

- Anselin, L. (1988). *Spatial econometrics: methods and models*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Anselin, L., & Getis, A. (1992). Spatial statistical analysis and geographic information systems. *The Annals of Regional Science*, 26(1): 19–33.
- Anselin, L. (1996). Simple diagnostic tests for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics*, 26(1), 77-104.
- Anselin L, Syabri I, & Kho Y (2006) GeoDa: an introduction to spatial data analysis. *GeogrAnal* 38(1):5–22.
- Arbúes, F., García-Valiñas, A. y Martínez-Espiñeira, R. (2003). Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. *Journal of Socio-Economics* 32:81–102.
- Arbués, F. & Barberán R. (2004). Price impact on urban residential water demand: a dynamic panel data approach. *Water Resources Research*. Vol. 40.
- Arbués, F., Barberán, R., & Villanúa, I. (2008). Tamaño de los hogares y demanda de agua residencial: una aproximación empírica. In Paper presented at the III Congreso de AERNA, Palma de Mallorca.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Agencia de Cooperación Internacional. Caracterización económica del Valle de Aburrá. Diciembre, 2006.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Plan Integral de Desarrollo Metropolitano: Metrópoli 2008 – 2020, hacia la integración regional sostenible. 2007.
- Arocha, S. (1985). Abastecimiento de Agua. Teoría y diseño. 2da edición. (Citada: diciembre de 2012) <<http://www.esnips.com>>
- Combatir la escasez de agua. El desafío del Siglo XXI. ONU-Agua, FAO. 2007
- Colombia. Congreso de la República. Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Diario Oficial No. 43.058 de 11 de junio de 1997.
- Colombia. Ministerio De Desarrollo. Decreto 3102 de 1997. Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. Diario Oficial. Bogotá. No. 43.205 de 31 de diciembre de 1997.
- Colombia. Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. Decreto 5051 de 2009. Por el cual se adiciona un artículo al Decreto 2696 de 2004. Diario Oficial. Bogotá. No. 47.577 de 29 de diciembre de 2009.
- Colombia. Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Resolución No. 493 de 2010. Por la cual se adoptan medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar el consumo excesivo. Diario Oficial No. 47.639 de 2 de marzo de 2010.
- Chang, H., Parandvash, G. & Shandas, V. (2010). Spatial variations of single-family residential water consumption in portland, Oregon. *Urban Geography* 31 (7):953–972.

- Duque, J. C., Artís, M., & Ramos, R. (2006). The ecological fallacy in a time series context: evidence from Spanish regional unemployment rates. *Journal of Geographical Systems*, 8(4):391-410.
- Duque, J. C., Dev, B., Betancourt, A., & Franco, J. L. (2011). ClusterPy: Library of spatially constrained clustering algorithms, Version 0.9.9.
- Duque, J. C., Anselin, L., & Rey, S. J. (2012a). The max-p-regions problem. *Journal of Regional Science*, 52(3):397-419.
- Duque, J. C., Royuela, V., & Noreña, M. (2012b). A stepwise procedure to determine a suitable scale for the spatial delineation of urban slums. In Fernandez, E. and Rubiera Morollón, F., editors, *Defining the spatial scale in modern regional analysis*. *Advances in Spatial Science*, pp. 237-254. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-642-31994-5
- Espey, M., Espey, J. & Shaw D. (1997). Price elasticity of residential demand for water: a meta-analysis. *Water Resources Research* 33(6):1369-1374.
- Franczyk, J. & Chang, H. (2009). Spatial Analysis of Water Use in Oregon, USA, 1985–2005. *Water Resource Manage* 23:755–774.
- Garcia, X. et al.(2013).Socio-demographic profiles in suburban developments: implications for water-related attitudes and behaviors along the Mediterranean coast. *Applied Geography* 41:46-54
- Guzman, E. et al. (2011). Determinantes del consumo de agua por los sectores urbano e industrial en Guanajuato, México. *Análisis Económico Núm. 63, vol. XXVI. Tercer cuatrimestre de 2011*
- House-Peters, L., Pratt, B. & Chang, H. (2010). Effects of urban spatial structure sociodemographics, and climate on residential water consumption in Hillsboro, Oregon. *Journal of the American Water Resources Association* 46 (3).
- Henao, L. M. Estudio de futuro, usos y disponibilidad del agua en el 2030, para el Valle de Aburrá y sus zonas de expansión. *Prospectiva estratégica organizacional – PESTO*. 2008.
- Ipsos – Napoleón Franco. Informe final 4533 – Sondeo cuantitativo para entender razones de disminución en consumos de agua potable HOGARES. Junio de 2010.
- Jaramillo-Mosqueira, L. (2003). Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México. Instituto nacional de ecología. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental. Documentos de Trabajo (INE-DGIPEA/01/03)
- LeSage, J. (1998). *Spatial econometrics: methods and models*. Review Literature and Arts Of The Americas.
- Martínez-Espiñeira, R. (2002). Residential water demand in the Northwest of Spain. *Environmental and Resource Economics* 21:161-187.
- Organización Mundial de la Salud. 10 datos sobre la escasez de agua. <<http://www.who.int/features/factfiles/water/es/>> Citada: marzo de 2013.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-. Informe sobre Desarrollo Humano 2006: Más allá de la escasez: Poder, pobreza y crisis mundial del agua. 2006

- Ramachandran, M. & Johnston, R. (2011). Quantitative Restrictions and Residential Water Demand: A Spatial Analysis of Neighborhood Effects. Clark University George Perkins Marsh Institute. Working Paper No. 2011-19.
- Rosero-Bixby, L. (2004). La fecundidad de reemplazo y más allá en áreas metropolitanas de América Latina. *Notas de Población*, 31(78):35–63.
- Schleich, J. & Hillenbrand, T. (2008). Determinants of residential water demand in Germany. *Ecological Economics*, 68(6):1756-1769.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Estudio sectorial acueducto y alcantarillado 2006 – 2009. Bogotá, Colombia. 2010.
- Tobler, W.R (1970). A computer model simulation of urban growth in the Detroit region. *Economic Geography* 46(2).
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Reading, MA.
- Weeks, J. R. (2007). *Population: An Introduction to Concepts and Issues*. Ed. 10. Cengage Learning.
- Weeks, J. R., et al. (2007). Can we spot a neighborhood from the air? Defining neighborhood structure in Accra, Ghana. *GeoJournal*, 69(1-2):9-22.
- Wentz, E. & Gober, P. (2007). Determinants of Small-Area Water Consumption for the City of Phoenix, Arizona. *Water Resource Manage* (2007) 21:1849–1863
- World Water Assessment Programme Special Report. *Climate change and water: An overview from the world water development report 3: water in a changing world*. 2009.
- World Water Assessment Programme. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris: UNESCO Publishing, and London: Earthscan. <[www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/)>

## 10. Anexos

### Anexo 1. Suscriptores, consumos totales y consumo promedio residencial por Municipio del Área Metropolitana

Tabla No. 11. Suscriptores Residenciales de Acueducto por Municipio (2005 – 2010)

	Suscriptores Residenciales						Partic.
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Barbosa	4,484	4,543	4,638	4,719	4,814	4,908	0.56%
Bello	80,891	82,832	85,631	86,944	88,070	89,890	10.33%
Caldas	10,390	10,615	10,930	11,299	11,708	11,930	1.37%
Copacabana	13,564	13,870	14,168	14,417	14,747	15,083	1.73%
Envigado	44,572	45,732	48,107	51,127	53,437	55,157	6.34%
Girardota	5,913	6,025	6,191	6,343	6,481	6,629	0.76%
Itagüí	56,792	57,227	59,693	62,309	63,575	63,740	7.32%
La Estrella	7,150	7,298	7,617	7,808	8,109	8,252	0.95%
Medellín	526,983	536,902	561,063	575,777	587,588	602,207	69.17%
Sabaneta	9,259	10,025	11,087	11,713	12,279	12,780	1.47%
Total Área Metrop.	759,998	775,069	809,125	832,456	850,808	870,576	

Fuente: datos suministrados por EPM. Construcción propia.

Tabla No. 12. Consumos Residenciales de Acueducto por Municipio (2005 – 2010)

	Consumos Residenciales						Partic.
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Barbosa	804,655	820,301	825,943	816,390	814,860	809,015	0.56%
Bello	14,391,251	14,408,596	14,962,829	14,964,815	14,986,010	14,541,147	10.08%
Caldas	2,205,140	2,217,998	2,281,380	2,262,392	2,240,053	2,172,868	1.51%
Copacabana	2,407,464	2,439,086	2,499,823	2,548,146	2,506,227	2,412,327	1.67%
Envigado	9,268,857	9,533,257	9,973,934	9,971,313	10,177,669	10,024,276	6.95%
Girardota	1,163,854	1,187,518	1,199,238	1,202,139	1,213,751	1,161,694	0.81%
Itagüí	10,654,760	10,694,402	11,041,598	11,204,861	11,152,601	10,684,749	7.41%
La Estrella	1,241,453	1,289,932	1,363,451	1,382,334	1,411,690	1,394,461	0.97%
Medellín	100,229,203	100,753,022	104,389,397	103,648,847	103,399,002	98,898,448	68.56%
Sabaneta	1,735,696	1,844,765	2,006,550	2,129,059	2,148,437	2,162,066	1.50%
Total Área Metrop.	144,102,333	145,188,877	150,544,144	150,130,296	150,050,299	144,261,051	

Fuente: datos suministrados por EPM. Construcción propia.

**Tabla No. 13. Consumos Promedios Residenciales de Acueducto por Municipio (2005 – 2010)**

	<b>Consumo Promedio Residencial (m<sup>3</sup>/suscriptor/mes)</b>						<b>Var.</b>
	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	
Barbosa	14.95	15.05	14.84	14.42	14.11	13.74	- 8.14%
Bello	14.83	14.50	14.56	14.34	14.18	13.48	- 9.07%
Caldas	17.69	17.41	17.39	16.69	15.94	15.18	-14.18%
Copacabana	14.79	14.65	14.70	14.73	14.16	13.33	- 9.89%
Envigado	17.33	17.37	17.28	16.25	15.87	15.15	-12.60%
Girardota	16.40	16.42	16.14	15.79	15.61	14.60	-10.97%
Itagüí	15.63	15.57	15.41	14.99	14.62	13.97	-10.65%
La Estrella	14.47	14.73	14.92	14.75	14.51	14.08	- 2.68%
Medellín	15.85	15.64	15.50	15.00	14.66	13.69	-13.65%
Sabaneta	15.62	15.33	15.08	15.15	14.58	14.10	- 9.75%

Fuente: datos suministrados por EPM. Construcción propia.