

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO BÁSICO DE AGUA POTABLE EN COLOMBIA

LORENA GRANADA CARVAJAL



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
SANTIAGO DE CALI

2011

ESTIMACIÓN DEL CONSUMO BÁSICO DE AGUA POTABLE EN COLOMBIA

LORENA GRANADA CARVAJAL

Trabajo de Grado para optar al título de
Economista

Director

JHON ALEXANDER MÉNDEZ SÁYAGO

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA

SANTIAGO DE CALI

2011

CONTENIDO

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	VIII
1 ESTADO DEL ARTE.....	13
2 MARCO TEORICO	24
2.1 MODELO DE AJUSTE PARCIAL.....	25
2.2 FUNCIÓN DE UTILIDAD STONE-GEARY.....	30
3 MARCO EMPÍRICO.....	35
3.1 METODO GENERALIZADO DE MOMENTOS (GMM)	36
3.2 METODO DE BLUNDELL Y BOND	39
4 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS	42
5 RESULTADOS	55
5.1 MODELO DE AJUSTE PARCIAL.....	55
5.2 MODELO BASADO EN LA FUNCION DE UTILIDAD STONE-GEARY ...	60
6 CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXO A	69
ANEXO B	72
ANEXO C	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consumo promedio mensual por estrato en m ³	43
Tabla 2. Consumo y precio del agua en Colombia: Por ciudad	53
Tabla 3. Consumo y precio del agua en Colombia: Promedio nacional	53
Tabla 4. Resultados del Modelo de Ajuste Parcial.....	58
Tabla 5. Consumo promedio mensual por suscriptor	61
Tabla 6. Consumo promedio mensual para Santa Marta y Sincelejo.....	61
Tabla 7. Resultados Modelo Ingenuo	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato1 de cada ciudad.....	46
Figura 2. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato2 de cada ciudad.....	47
Figura 3. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato3 de cada ciudad.....	48
Figura 4. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato4 de cada ciudad.....	49
Figura 5. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato5 de cada ciudad.....	50
Figura 6. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato6 de cada ciudad.....	51

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación consiste en determinar la cantidad promedio de agua que necesita una familia colombiana para cubrir las necesidades básicas del hogar. Con el fin de modelar la conducta de los consumidores, se utilizan dos metodologías apropiadas para realizar análisis econométricos con datos panel, a partir de las cuales se construyen dos funciones de demanda y así se evalúa la variación en el consumo de agua cuando se presentan cambios en variables como el precio y la temperatura promedio de la ciudad. De esta manera, se encuentra que el nivel de consumo básico de agua que rige actualmente para la población colombiana, que corresponde a 20 m^3 , es elevado; ya que hoy en día un hogar promedio consume una cantidad menor en las actividades básicas. Así, esta investigación pretende contribuir en la búsqueda de políticas que permitan racionalizar el recurso y garantizar el suministro a la población.

Palabras Clave: Consumo mínimo de agua, Precio del agua por metro cúbico, Modelo de Ajuste Parcial, Función de Utilidad Stone – Geary.

ABSTRACT

The objective of this research is to establish the average amount of water that a colombian family requires to cover its home's basic needs. In order to model the consumers behavior, two methods appropriate for panel data econometric analysis are used. From this methods, two functions of demand are built and are used to evaluate the variation in water consumption when there are changes in variables like water's price and the average temperature of the city where the evaluation is taking place. In this way, is established that the basic consumption level of water that currently governs colombian population, which correspond to 20m^3 is high, because nowadays an average colombian home consumes a smaller amount on its basic activities. Thus, this research pretends to contribute in the search of policies that allow the government to rationalize this resource while ensures supply for all population.

Key words: Minimum water consumption, Water's price by cubic meter, Partial Adjust Model, Stone – Geary Utility Function.

INTRODUCCIÓN

La supervivencia de todo ser humano está condicionada en gran medida a la existencia del agua, de lo contrario queda en alto grado de vulnerabilidad, ya que este líquido hace parte fundamental del funcionamiento adecuado de su organismo y le permite cumplir con sus tareas más sencillas; es así como, el acceso al agua potable y al saneamiento básico son unos de los recursos más importantes que deben garantizar los gobiernos de todas las naciones para prevenir las enfermedades infecciosas y proteger la salud de las personas, permitiendo así el desarrollo social y económico de la población. Es así como dentro de los protocolos internacionales se ha reconocido el acceso al agua potable como un derecho básico (OECD, 2003).

Para el caso colombiano, en términos de la oferta hídrica se tienen muchas más ventajas que para otras naciones, ya que el país posee la mayor dotación de agua por habitante del mundo y la oferta hídrica colombiana llega a ser de 58 litros por segundo por kilómetro cuadrado, lo que representa cuatro veces el promedio suramericano y siete veces el promedio mundial (Convocatoria Referendo del Agua, 2007). Con este panorama, en el país el agua ha sido vista como un bien casi inagotable y en muchas personas prevalece la cultura del consumo excesivo del recurso; sin embargo, se desconoce que las fuentes de abastecimiento de

agua enfrentan una amenaza constante, no sólo por los problemas climáticos sino porque los habitantes no son conscientes de la importancia que tiene para la vida humana el ahorro del agua.

Con el fin de atender esta problemática, el gobierno finalizando el siglo pasado se dio a la tarea de crear un organismo encargado de vigilar la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, y regular las tarifas que las entidades prestadoras del servicio establecen, el cual es la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA-. Fue así como se determinó que la tarifa por los metros cúbicos de agua consumidos por cada suscriptor (familia) se compone de un consumo básico (Cuando se consume de 0 hasta 20 m³), consumo complementario (entre 20 y 40 m³) y consumo suntuario (mayor a 40 m³), definidos por parámetros tales como el tamaño de las familias, los hábitos de consumo y las condiciones climáticas. Esta estructura tarifaria ha permitido incentivar el uso eficiente del recurso y su ahorro, contando también con campañas de concientización diseñadas para la comunidad con el fin de promover el uso racional del recurso hídrico (Junca, 2000).

Así, se tiene que el principal objetivo de esta investigación es determinar la cantidad promedio de agua que permite cubrir las necesidades básicas de cada hogar colombiano, es decir, evaluar si el consumo básico de agua que rige actualmente y fue estimado por la CRA, es insuficiente para los colombianos, o si

por el contrario es una cifra que se encuentra sobreestimada y podría ser reducida para incentivar el ahorro del recurso con el cobro de mayores tarifas para aquellos que excedan los límites del rango del consumo básico.

Dentro del contexto actual colombiano, enmarcado por el privilegio de ser uno de los países con mayor oferta hídrica en el mundo, pero también con la necesidad latente de disminuir el desperdicio de agua en cada actividad que realizan sus pobladores, estudios realizados al respecto y la presente investigación resultan pertinentes y necesarios fundamentalmente por dos razones: En primera instancia porque permiten avanzar en la búsqueda de políticas de carácter económico y ambiental, encaminadas a optimizar el uso del agua potable, con el fin de garantizarle a cada colombiano el acceso al recurso para satisfacer sus necesidades; y por otro lado porque de acuerdo a los resultados presentados queda abierta la discusión acerca de la cantidad de metros cúbicos necesarios para que un suscriptor promedio colombiano cubra sus necesidades básicas de consumo de agua, es decir, también es importante determinar si en realidad el consumo básico de agua para Colombia debe ser 20 m^3 , tal como rige actualmente.

Dentro del camino que se ha empezado a abrir durante los últimos años en el campo de la economía de los recursos naturales con estudios enfocados al análisis del consumo básico de agua, especificación y estimación de funciones de

demanda de agua para los sectores residenciales (Nauges and Thomas 2000, Martinez-Espineira 2002), y teniendo en cuenta el carácter escaso del recurso (Winpenny, 1994); el presente trabajo investigativo contribuye en la búsqueda de soluciones para racionalizar el recurso y garantizar el suministro, lo cual debe ser tenido en cuenta por el gobierno colombiano, y convertirlo así en uno de los retos que debe tener el país para el futuro, de forma que las entidades encargadas de la prestación del servicio incorporen dentro de sus políticas, un programa de medidas fundamentado en la demanda de agua de los hogares, que a su vez contenga metas anuales de reducción de pérdidas de agua.

En este estudio se ha modelado la conducta del consumidor a través de dos enfoques metodológicos con los cuales se han planteado dos funciones de demanda que permiten evaluar la variación en el consumo cuando se presentan cambios en el precio del agua o la temperatura promedio de la ciudad, información que ha sido recopilada del Sistema Único de Información –SUI-, la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos del año 2006 y 2007 y de la Encuesta Continua de Hogares del año 2008.

Es así como se concluye que la inclusión de variables tales como la temperatura promedio que registra cada ciudad, el número de personas por hogar, el porcentaje de apartamentos existente en cada ciudad, el consumo de agua rezagado y el precio real diferenciado por metro cúbico de agua, es relevante

dentro del análisis; además los resultados reflejan que efectivamente en la actualidad si se encuentra sobreestimada la cantidad de agua necesaria para que los hogares colombianos cubran sus necesidades básicas.

En la primera parte de este estudio, se explican las investigaciones más relevantes sobre el tema que se han realizado tanto en Colombia como en el exterior. En la segunda parte se presentan las bases teóricas para la construcción de las dos funciones de demanda. En la tercera parte se explica la metodología tomada en cuenta; y en la cuarta y quinta parte se presentan los datos y los resultados, respectivamente. El documento finaliza con la presentación de las conclusiones.

1 ESTADO DEL ARTE

Es necesario analizar la manera en que la investigación económica ha afrontado las diversas problemáticas en cuanto al análisis del recurso agua y lo que tiene que ver con la determinación del consumo básico, tomando en cuenta solamente los estudios que tienen algún grado de interés metodológico para el trabajo investigativo que se está desarrollando.

Uno de los principales trabajos realizados en Colombia corresponde a Junca (2000), en el cual se estima el rango de consumo básico de agua potable subsidiable para el sector residencial, a partir de consumos históricos para las ciudades de Medellín, Bogotá y Cali. Se demuestra que el consumo promedio mensual de agua potable para cada estrato disminuyó, debido a las campañas de racionalización y menor consumo de aparatos hidráulicos, y por otra parte por el aumento de las tarifas buscando que las empresas prestadoras del servicio puedan cubrir los costos en los que incurren.

En cuanto a la estimación de la demanda por agua potable, se parte de un modelo de ajuste parcial y se opta por relacionar las cantidades consumidas y los precios

en una curva de demanda de elasticidad constante a través de logaritmos, de modo que se emplea la forma doble logarítmica que da como resultado elasticidades constantes. Se utiliza el siguiente modelo:

$$\log Q_t = \log C_t + \beta_1 \log(P_{t-1}) + \beta_2 \log(Q_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde:

Q_t = Cantidad consumida por usuario mensual o bimensual (vigencia) en m³

C_t = Consumo básico por usuario mensual o bimensual (vigencia) en m³

P_{t-1} = Precio promedio por usuario del estrato i rezagado un período. (\$/m³. Precios constantes de 1998).

Q_{t-1} = Consumo rezagado un período

β_1 = Elasticidad precio de la demanda de agua

β_2 = Coeficiente del consumo rezagado un período

ε_t = Es el término de error aleatorio del modelo

Para realizar la estimación, se utilizaron Mínimos Cuadrados Ordinarios con la información de consumo y facturación por estratos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB, Empresas Municipales de Cali EMCALI y de las Empresas Públicas de Medellín EPM. Se concluye que el valor absoluto de las elasticidades tiende a aumentar a medida que el nivel de ingresos de las familias

es superior, en el caso específico de Bogotá. Finalmente se recomienda la adopción como consumo básico subsidiable de agua potable la cantidad correspondiente a $16 \text{ m}^3/\text{suscriptor/mes}$.

La importancia de este documento radica en que proporciona las bases para que dentro de este trabajo investigativo también se incorpore el mismo modelo de ajuste parcial, lo que permitirá comparar los resultados y confrontar las conclusiones. Además, también se tiene en cuenta el aporte teórico, en cuanto a la descripción de la evolución histórica de la regulación del sector y el análisis de los diferentes aspectos de la naturaleza del agua como recurso hídrico, servicio público y bien económico.

El segundo trabajo tenido en cuenta corresponde a un estudio realizado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA, 2008), el cual tiene como objetivo revisar la vigencia del rango de consumo básico actualmente establecido para los servicios de acueducto y alcantarillado, en el marco de la normatividad aplicable. Con este propósito se utilizaron tres metodologías diferentes para estimar el rango de consumo básico y así poder abordar el problema solamente para los estratos 1, 2 y 3, ya que éstos son los únicos relevantes para la política de otorgamiento de subsidios.

En la primera alternativa se realizó una adaptación del estudio del Departamento Nacional de Planeación (1991), teniendo en cuenta la evolución estadística del número de personas por vivienda y el posible impacto de la instalación de dispositivos hidráulicos de bajo consumo, para lo cual se utilizó información del Censo realizado en 2005. La segunda corresponde a una evaluación de la tendencia histórica del consumo promedio a partir de información reportada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) para los años del 2003 – 2007 y parte del 2008, dividiendo las ciudades por climas según la categorización del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Por último, en la tercera alternativa se hace un análisis de las elasticidades precio-demanda a partir de modelos econométricos con datos panel, de acuerdo a la información de consumos y tarifas desde el año 1994 al 2008 para las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.

Con las tres alternativas se concluye que es evidente que durante los últimos años se ha presentado en Colombia una disminución en el nivel de consumo básico de agua potable, lo cual muestra que el rango de 20 m³/suscriptor/mes se encuentra sobreestimado para los niveles actuales, por eso se propone diferenciar el consumo por rangos climáticos, de modo que las ciudades de clima frío (altitud mayor a 2000 msnm) tengan un consumo básico de 17 m³/suscriptor/mes, las ciudades de clima templado (altitud entre 1000 y 2000 msnm) tengan un consumo básico de 18 m³/suscriptor/mes, y las ciudades de clima cálido (altitud menor a 1000 msnm) tengan un consumo básico de 19 m³/suscriptor/mes.

Finalmente se analizan los tres efectos que tendría la propuesta, los cuales son un descenso en la cantidad de suscriptores que gozan del consumo básico, disminución en los montos que destina el Estado para cubrir los subsidios, y aumentos en el monto a pagar para los suscriptores que consuman por encima del nivel propuesto.

Este trabajo fue tenido en cuenta dentro de la investigación actual por su aporte teórico a los conceptos y variables que se han tenido en cuenta, además que sus resultados serán útiles en el momento de comparar los diferentes niveles de consumo básico de agua que se han propuesto.

Por último, es importante resaltar el documento de Vivas (2005), el cual hace parte del proyecto de investigación: “Elaboración de una regionalización de los municipios que conforman la Cuenca de los Ríos Magdalena y Cauca y elementos para el ordenamiento del territorio”, CIDES, en coordinación con la Unidad de Asentamientos Humanos del IDEAM, 2001. El propósito del trabajo es identificar y estimar los principales determinantes del consumo de agua generado por la red de ciudades en el sistema urbano de Colombia.

Se propone un modelo que corresponde a la versión agregada en el espacio renta-consumo de una función Stone-Geary y una variante de la forma de

Gorman, cuyos fundamentos microeconómicos especifican funciones de utilidad para los hogares con tres tipos de bienes: Agua, un bien privado compuesto y un bien público, además se garantiza el cumplimiento de la condición de integrabilidad de las funciones de demanda, el teorema de Pearce y la condición de agregación de Engel. Con el fin de incluir de manera explícita impactos diferenciales de cada ciudad, el modelo es ampliado y se incorporan variables como el tamaño promedio de los hogares (TH_c), temperatura (T_c) y la tasa de urbanización (TU_c). Así, el modelo establece la relación funcional entre consumo de agua (A), las variables mencionadas, los ingresos (M) y el tamaño funcional a través de variables dicotómicas para captar los impactos diferenciales sobre el consumo y las preferencias.

Las estimaciones se hacen en dos niveles: Un nivel agregado con la variable renta y por agrupaciones, y luego se estima el modelo de consumo medio por hogar con efectos between y within según las jerarquías funcionales de los municipios, los cuales se agrupan en cuatro categorías: La primera corresponde a la capital nacional, capitales departamentales y epicentros regionales, la segunda son los centros sub-regionales mayores, la tercera son los centros sub-regionales intermedios, y por último se tienen las ciudades pequeñas. La forma funcional del modelo en valores medios del consumo de los hogares y rentas medias es la siguiente:

$$a_c = f(m_c, TH_c, T_c, TU_c; \mu_c) \quad (2)$$

Para el segundo modelo se tiene:

$$Ln(a_{cr}) = \varphi_c + \pi_c Ln(m_{cr}) + \beta_{1c} TH_{cr} + \beta_{2c} T_{cr} + \varepsilon_r + \mu_c \quad (3)$$

Se utiliza información transversal para 190 ciudades colombianas en el año 2000, la cual fue proporcionada por el Estudio Nacional del Agua del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, las Encuestas de Hogares y la Muestra de Ingresos y Gastos de Colombia. Los resultados presentan diferencias significativas en la intensidad de las preferencias por el bien entre las agrupaciones municipales; además, las estimaciones muestran una fuerte relación entre el consumo municipal de agua y la escala de ingresos urbanos.

Se destaca que este documento emplea una función de utilidad Stone-Geary para estimar las diferencias de valoración e intensidad de las preferencias por el uso del recurso, lo cual resulta pertinente dentro de la presente investigación como punto de partida para comprender las bases teóricas y analizar el comportamiento de esta clase de funciones de utilidad dentro de la temática de investigación.

En el entorno internacional, se destacan los casos de Europa y Estados Unidos, donde las investigaciones en este campo han sido más profundas y han innovado en cuanto a la búsqueda de nuevos enfoques para abordar desde diferentes metodologías el tema, es así como se destacan los siguientes estudios:

El primer trabajo investigativo corresponde a Valiñas, C. Nauges and A. Reynaud (2009). Su objetivo es estimar la cantidad de agua que permite cubrir las necesidades básicas de los hogares, teniendo en cuenta aspectos como la equidad y asequibilidad de las tarifas del agua en Francia. Para lo anterior se utilizó una base de datos compuesta por 6911 observaciones de las municipalidades de Francia, cubriendo el período de 1998 a 2004. La función de demanda estimada es derivada de la función de utilidad Stone-Geary, la cual no es muy común en estudios sobre el agua, pero su importancia radica en que dentro de la variable consumo de agua se pueden incluir dos componentes: Una cantidad fija, que no varía ante cambios en el precio del agua, y por otra parte, una cantidad adicional que se adapta instantáneamente ante cambios en los precios. La función de demanda propuesta es la siguiente:

$$WUSE_{it} = \gamma_i + \beta_{it} \frac{INCO_{it}}{PRICE_{it}} + \mu_{it} \quad (4)$$

Donde:

$WUSE_{it}$ = Consumo promedio de agua en cada hogar en el pueblo i, año t

γ_i = Consumo básico de agua en el pueblo i

β_{it} = Coeficiente del cociente entre ingreso y precio promedio en el pueblo i, año t

$INCO_{it}$ = Ingreso promedio en el pueblo i, año t

$PRICE_{it}$ = Precio promedio del agua en el pueblo i, año t

μ_{it} = Término de error

También se tiene que:

$$\gamma_i = \gamma_o + DEP_i \qquad \beta_{it} = \beta_o + Z'_{it}\delta \qquad (5)$$

Donde:

DEP_i =Indicador variable que identifica el departamento donde está localizado el pueblo i

Z_i = Vector que reúne las características del pueblo i

Para el caso de Francia, se estimó que el consumo mínimo de agua de cada hogar se encuentra alrededor de 119m³ por año. La importancia de este documento radica en que el modelo que aquí se trabaja brinda suficiente soporte conceptual a la investigación, ya que se explican claramente las ventajas del uso de la función de utilidad Stone-Geary al incorporar una cantidad fija y otra variable al consumo de agua, tal como sucede en la realidad, lo cual abre las puertas para utilizar la función dentro del presente trabajo.

Un segundo trabajo que vale la pena mencionar, es Gaudin y Griffin (2001). El documento tiene como objetivo estimar una forma funcional que sea simple, interpretable y que genere elasticidades del precio que no sean constantes; se utiliza la forma funcional Stone-Geary y la forma generalizada Cobb-Douglas. La comparación entre estos dos métodos se realiza a partir de una base de datos que

posee información de 221 comunidades de Texas, a partir del año 1981 hasta 1985. En el documento se tienen en cuenta cinco variables, las cuales han sido escogidas por tener un efecto significativo sobre el consumo de agua per cápita (Q). Estas cinco variables son: Precio promedio del agua (AP), Ingreso per cápita (I), Porcentaje de población de origen español (SP), una variable climática (C) y por último, la precipitación promedio anual (AAP).

La estructura de la función Cobb-Douglas es:

$$\ln Q_{it} = \delta_0 + Z_{it}\beta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Donde Z agrupa las variables que son utilizadas dentro de la forma generalizada Cobb- Douglas, ε_{it} corresponde al término de error clásico que se distribuye normalmente y tiene media cero, y por último u_i es un término de error específico para cada comunidad. La estructura de la función Stone-Geary es:

$$Q = (1 - \beta)(\alpha_0 + \alpha_1 C + \alpha_2 SP + \alpha_3 AAP) + \beta \frac{I^*}{p} \quad (7)$$

Donde $\alpha_0 + \alpha_1 C + \alpha_2 SP + \alpha_3 AAP = \gamma$; es decir, γ corresponde al consumo mínimo de agua.

Finalmente, el análisis para las dos formas funcionales se hace a través de regresiones con Mínimos Cuadrados Ordinarios y Mínimos Cuadrados

Generalizados, de lo cual se obtienen elasticidades del precio similares, aunque los resultados de la función Stone-Geary sugieren que aproximadamente tres cuartas partes del total de agua consumida no responde a cambios en los precios. Este documento también merece ser resaltado por su aporte teórico en la investigación, ya que motiva el uso de la Función de Utilidad Stone-Geary, al considerarla fácil de interpretar y con pocos parámetros que pueden ser utilizados en problemas con características dinámicas.

En este orden de ideas, se han mostrado las estructuras lógicas de conceptualización, formulación y aplicación de diferentes modelos dinámicos para lograr determinar el consumo básico de agua.

2 MARCO TEORICO

El análisis del recurso agua vincula factores biológicos, ecológicos, institucionales y socioeconómicos, los cuales en conjunto afectan a los agentes involucrados (suscriptores, entidades prestadoras del servicio y el Estado). Es por esto que antes de formular un modelo que permita la estimación del consumo básico de agua potable para el sector residencial en Colombia, es necesario tener en cuenta algunas características particulares acerca del tema de estudio en cuanto a lo que tiene que ver con la especificación del precio como se verá más adelante, ya que no se trata solamente de definir la forma funcional para representar las diferentes cantidades que los consumidores están dispuestos a comprar a cada uno de los precios existentes.

Por otra parte, cuando se tiene el caso del agua potable y se quiere encontrar una correcta medida de la elasticidad precio de la demanda para medir la variación en el consumo a medida que cambia el precio del bien, se deben incorporar dentro del modelo econométrico los cambios en la estructura tarifaria y la forma en que éstos afectan el consumo, así como también la verificación del rango de consumo básico de agua subsidiable para el sector residencial urbano que satisface las necesidades de un suscriptor.

Dadas las consideraciones anteriores y el objetivo principal de esta investigación, que consiste en establecer la cantidad de agua que permite cubrir las necesidades básicas de los hogares colombianos, se debe encontrar una función de demanda que incorpore adecuadamente el comportamiento del consumidor representativo, en este caso un suscriptor, suponiendo que ante cualquier cambio en las variables el consumidor responde modificando su conducta instantáneamente; sin embargo este ajuste no siempre ocurre de esta manera y el supuesto puede llegar a ser muy riguroso, porque en algunas ocasiones se presentan desfases entre los cambios de precios y los ajustes en el consumo, lo que da lugar al uso de modelos dinámicos. Así, cuando se modela la conducta de los consumidores tomando en cuenta el desfase que existe en el ajuste a los cambios en las variables independientes, se tiene como resultado un modelo de ajuste parcial.

2.1 MODELO DE AJUSTE PARCIAL

Siguiendo a Junca (2000), el modelo se fundamenta en la hipótesis de que son las condiciones de equilibrio estático las que definen el nivel óptimo de la variable dependiente (Y_t^*), el cual no se alcanza instantáneamente sino después de un proceso de ajustes, lo cual se describe así:

$$Y_t^* = a + bX_t + e_t \quad (8)$$

$$Y_t - Y_{t-1} = K(Y_t^* - Y_{t-1}) \text{ donde } 0 < K < 1 \quad (9)$$

Donde:

Y_t^* = Valor de equilibrio estático

Y_{t-1} = Valor alcanzado en el período anterior

K = Coeficiente de ajuste que mide la proporción en que a través de cada período se reduce la diferencia entre Y_t^* y Y_{t-1} .

Se debe notar que un ajuste inmediato se presenta cuando K es uno, es decir, el valor del coeficiente de Y es igual a su valor de equilibrio. Al combinar las dos ecuaciones anteriores se obtiene la forma reducida del modelo:

$$Y_t = aK + bKX_t + (1 - K)Y_{t-1} + Ke_t \quad (10)$$

Después de estimar esta ecuación y obtener los valores de los parámetros se usa la misma ecuación para obtener Y_{t-1} y Y_{t-2} y así sucesivamente, a partir de las cuales se obtiene:

$$Y_t = a + b(W_0X_t + W_1X_{t-1} + W_2X_{t-2} + \dots) \quad (11)$$

$$\text{Donde: } W_1 = K(1 - K)^i, \quad \lim \sum W_1 = 1$$

Ahora, para estimar la demanda por agua potable, es preciso anotar que el consumo de agua depende de: Precio, número de suscriptores, nivel de ingresos,

hábitos de aseo e higiene en el hogar y de las campañas que se adelanten para incentivar el ahorro del líquido. Con el fin de lograr un mejor coeficiente de ajuste entre la ecuación estimada y los datos existentes, se propone el uso de un modelo de regresión lineal, de forma tal que el resultado sea una curva de demanda de elasticidad constante a través de logaritmos, lo que implica que después de cambios en las variables independientes, el cambio porcentual en la cantidad consumida será constante sin importar el nivel de consumo. Dadas las condiciones anteriores se tiene la función de demanda doble logarítmica descrita en la ecuación (1).

Dado este modelo y considerando el caso específico del agua, se evidencia que hay inercia en el consumo de este bien, es decir que una vez le llega la factura al suscriptor, éste ajusta su consumo para el siguiente período, lo cual ocurre porque los consumidores no modifican sus hábitos instantáneamente, sino que modifican su consumo en los períodos siguientes al ajuste en los precios, por eso se incluye la variable Q_{t-1} . También es relevante mencionar la importancia que tienen las campañas de racionalización, los avances tecnológicos y los cambios institucionales, sociológicos, psicológicos, entre otros, dentro del proceso de ajuste que enfrenta el suscriptor después que se modifican las tarifas del servicio. Sin embargo, el consumo de agua es vital para el ser humano y en algún punto de la curva de demanda, ésta será inelástica al precio y aún al ingreso.

Dentro de las ventajas que presenta este modelo se encuentra que: De forma indirecta se incluye el ingreso de las personas, ya que la forma funcional del modelo permite incluir la estimación del consumo de agua por estrato socioeconómico. Permite obtener los valores de las elasticidades precio de la demanda directamente a partir de los coeficientes estimados; y también obtener elasticidades pequeñas para diferentes estratos, lo cual es comprensible si se tiene en cuenta un consumo básico de agua y la inexistencia de sustitutos cercanos.

Como lo plantean diversos autores, para determinar el precio del agua potable se debe tener en cuenta que un consumidor no enfrenta un único precio como sucede en un modelo de competencia perfecta sino un precio variable o por bloques, lo que implica que: Para definir el precio se debe suponer que los consumidores tienen perfecta información al respecto, tal como ocurre en el modelo de competencia perfecta; se debe encontrar una variable precio que incorpore las características de la estructura tarifaria y que no dependa de la variable dependiente; y por último que la restricción presupuestal sea no lineal, lo cual ocurre porque se trata de un precio diferencial por bloques, dado que se cuenta con consumo básico, complementario y suntuario dentro de la estructura tarifaria. Así, la variable precio (P) dentro del modelo se define como el precio promedio por m^3 mensual por usuario ($\$/m^3$):

$$P = \frac{\text{Facturación promedio mensual por usuario del estrato } i}{\text{Consumo promedio mensual por usuario del estrato } i} \quad (12)$$

De acuerdo a la Resolución 08 de 1995 emitida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), un suscriptor debe utilizar la siguiente fórmula para calcular el valor de la factura:

$$VFI = CF_i + VC_i \quad (13)$$

Donde:

VFI = Valor de la factura del usuario del estrato i / sector i

CF_i = Cargo fijo del usuario del estrato i / sector i

VC_i = Valor consumo del usuario del estrato i / sector i , el cual se calcula así:

$$VC_i = (CB_i * QB_i) + (CC_i * QC_i) + (CS_i * QS_i) \quad (14)$$

Donde:

CB_i = Tarifa por consumo básico del estrato i

QB_i = Consumo básico del usuario del estrato i

CC_i = Tarifa por consumo complementario del estrato i

QC_i = Consumo complementario del usuario del estrato i

CS_i = Tarifa por consumo suntuario del estrato i

QS_i = Consumo suntuario del usuario del estrato i

2.2 FUNCIÓN DE UTILIDAD STONE-GEARY

A menudo, esta función es utilizada para modelar problemas que involucran niveles de subsistencia en el consumo de algún bien. En estos casos, un nivel mínimo de cierto bien tiene que ser consumido, independientemente del precio o el ingreso del consumidor; este es el caso del agua potable, ya que todo ser humano necesita de un mínimo vital para sobrevivir.

Siguiendo a Gaudin y Griffin (2001) y asumiendo la existencia de un hogar representativo, se tienen los siguientes supuestos:

- El hogar representativo disfruta de un nivel de ingreso dado y enfrenta un conjunto de precios, cuyo vector se compone del precio que debe pagar por el servicio de agua potable y el precio del resto de bienes y servicios.
- El hogar representativo resuelve su problema de maximización de utilidad así: Contando con su ingreso adquiere un nivel de subsistencia (γ_i) de cada bien i , y luego distribuye su ingreso restante (llamado ingreso supernumerario) en proporciones fijas entre cada bien o servicio siguiendo sus preferencias.

Para modelar la utilidad, se cuenta con una función en logaritmos naturales así:

$$U = \beta^w \ln(Q^w - \gamma^w) + \beta^z \ln(Q^z - \gamma^z) \quad (15)$$

$$\beta^w > 0, \beta^z > 0, \beta^w + \beta^z = 1, (Q^w - \gamma^w) > 0 \text{ y } (Q^z - \gamma^z) > 0$$

Donde:

Q^w, Q^z = Cantidades demandadas por el hogar representativo de agua potable y de otros bienes y servicios, respectivamente

P^w, P^z = Precio del agua potable y de otros bienes y servicios, respectivamente

γ^w, γ^z = Cantidades mínimas o niveles de subsistencia demandadas por el hogar representativo de agua potable y de otros bienes y servicios, respectivamente.

En la expresión anterior se puede normalizar el precio del resto de bienes y servicios, es decir, se asume que $P^z = 1$, entonces se tiene como resultado la siguiente restricción presupuestaria, donde I corresponde al nivel de ingreso con que dispone el hogar representativo:

$$I = P^w Q^w + Q^z \quad (16)$$

Así, teniendo en cuenta las ecuaciones (15) y (16), el hogar representativo maximizará su función de utilidad teniendo en cuenta su restricción presupuestaria, lo que da como resultado la siguiente función de demanda de agua:

$$Q^w = \frac{\beta^w(I - P^w\gamma^w - \gamma^z)}{P^w} + \gamma^z \quad (17)$$

Reordenando los términos se tiene:

$$\beta^w = \frac{(P^w Q^w - P^w \gamma^w)}{(I - P^w \gamma^w - \gamma^z)} \quad (18)$$

Los parámetros β^w y β^z representan la proporción de ingreso que el hogar representativo gastará en el consumo de agua potable y el resto de bienes y servicios que debe adquirir, respectivamente.

La función de utilidad Stone-Geary puede ser simplificada asumiendo sin dar lugar a ninguna pérdida de generalidad que $\gamma^z = 0$, ya que no se cuenta con información acerca de las cantidades y precios de los otros bienes y servicios que adquiere el hogar, y también tratando I^* como el ingreso supernumerario, entonces la ecuación (17) se puede expresar así:

$$Q^w = (1 - \beta^w)\gamma^w + \beta^w \left(\frac{I}{P^w} \right) \quad (19)$$

Considerando los parámetros γ y β , se tiene que el primero corresponde a un umbral por debajo del cual no se afecta el consumo del bien ante variaciones en el precio y el ingreso, y por este motivo no se afecta en el corto plazo y así es considerado como una proxy de las necesidades básicas, en este caso como una medida aproximada del consumo básico de agua potable; y por otro lado el

segundo parámetro es la parte marginal del presupuesto que se asigna al consumo del bien en cuestión.

La importancia del uso de esta función de utilidad radica en que permite modelar el consumo de agua potable en dos partes: La primera hace referencia al consumo que no responde a los cambios en el precio, es decir, al consumo básico o de subsistencia; y la segunda a aquel consumo que se adapta a las variaciones en los precios. Además también se debe resaltar que a partir de la función de demanda se tienen elasticidades que no son constantes y que podrían incrementarse con el cambio en precios. La elasticidad precio que se obtiene es:

$$\varepsilon_p = -\beta^w (I^* - \gamma^z)(P^w Q^w) \quad (20)$$

Y la elasticidad del ingreso es:

$$\varepsilon_I = \frac{\beta^w I^*}{P^w Q^w} \quad (21)$$

Por otra parte, esta función también ha sido criticada ya que presenta muchas restricciones teóricas en su uso, debido a que asume una fuerte separabilidad en los bienes y también que la propensión marginal a consumir al igual que la elasticidad en el ingreso, son positivas para todos los bienes y servicios, e implica que para un γ positivo la demanda del bien en cuestión es inelástica. Sin embargo, el supuesto de la fuerte separabilidad entre el agua y los otros bienes es

muy común y se encuentra implícito en aquellos estudios que estiman una única función de demanda de agua, y se puede decir que las otras dos críticas hacen referencia a algunas propiedades que según la evidencia empírica posee la demanda del agua.

3 MARCO EMPÍRICO

Las regresiones realizadas a partir de modelos con datos panel dinámicos presentan a lo largo del tiempo las siguientes características: Endogeneidad dada la inclusión de la variable dependiente como regresor más la posible existencia de autocorrelación, y efectos individuales que resumen la heterogeneidad entre los individuos. Por lo cual el uso del procedimiento de efectos fijos o efectos aleatorios traerá como consecuencia estimadores inconsistentes; generando la necesidad de encontrar un método que proporcione estimadores consistentes con $N \rightarrow \infty$ y T es fijo, cuando se tiene el caso que las variables explicativas no son exógenas. Así, se tiene el siguiente modelo:

$$Y_{jt} = \beta X_{jt} + c_j + u_{jt} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (22)$$

Donde se va a suponer que c_j y X_{jt} están arbitrariamente correlacionadas y u_{jt} se correlaciona con valores futuros de X_{jt} . Así, si se reemplaza X_{jt} por Y_{jt-1} , se tiene:

$$Y_{jt} = \beta Y_{jt-1} + c_j + u_{jt} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (23)$$

De modo que u_{jt} va a estar correlacionada con X_{jt+1} que en este caso es Y_{jt} , donde es necesario incluir el concepto de exogeneidad secuencial, la cual se cumple cuando:

$$E(u_{jt} | X_{jt}, X_{jt-1}, \dots, X_{j1}, c_j) = 0 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (24)$$

$$E(Y_{jt} | X_{jt}, X_{jt-1}, \dots, X_{j1}, c_j) = E(Y_{jt} | X_{jt}, c_j) = \beta X_{jt} + c_j \quad (25)$$

La exogeneidad secuencial implica que ningún retardo de X_{jt} afecta el valor esperado de Y_{jt} , después de controlar por X_{jt} y c_j .

Diversos autores han estudiado diferentes métodos para resolver el problema de estimadores inconsistentes cuando se trabaja con datos panel dinámicos, dentro de los cuales se encuentran los siguientes casos especiales:

3.1 METODO GENERALIZADO DE MOMENTOS (GMM)

Se considera que sus máximos exponentes son Manuel Arellano y Stephen Bond, este método fue creado a principios de 1980 como generalización del método de variables instrumentales. Siguiendo a Arellano y Bond (1991), se tiene:

Partiendo del siguiente modelo AR(1) se tiene:

$$Y_{jt} = \alpha Y_{jt-1} + c_j + u_{jt} \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (26)$$

Supuestos:

- El proceso es estable, es decir, $|\alpha| < 1$
- Existe exogeneidad secuencial $E(u_{jt} | Y_j^{t-1}, c_j) = 0$, donde $Y_j^{t-1} = (Y_{j0}, Y_{j1}, \dots, Y_{jt-1})$
- $E(u_{jt}u_{jt-s} | Y_j^{t-1}, c_j) = 0$ para $s > 0$, y por la ley de expectativas iteradas:
 $E(u_{jt}u_{jt-s}) = 0$.

La exogeneidad secuencial garantiza que $E(u_{jt}) = 0$, pero no restringe la varianza de los errores idiosincrásicos, los cuales tampoco tienen correlación con los efectos no observables. Este estimador tiene dos supuestos diferentes con respecto a la varianza de los errores:

- Homocedasticidad condicional: $E(U_{jt}^2 | Y_j^{t-1}, c_j) = \delta_t^2$
- Homocedasticidad en el tiempo: $E(U_{jt}^2) = \delta^2$

Asumir que el proceso es estable no garantiza la estacionariedad del mismo, para que ésta exista se debe cumplir que el proceso empiece en el pasado distante o que la distribución de las observaciones iniciales coincida con la distribución del

proceso en estado estacionario. A partir del supuesto de exogeneidad secuencial se tiene que:

$$E(Y_{jt} | c_j) = u_j = \frac{c_j}{1-\alpha} \text{ si } |\alpha| < 1 \text{ y } t \text{ sea lo suficientemente grande} \quad (27)$$

De (25) se define que u_j es la media del estado estacionario para la observación j , en donde todas las $E(Y_{jt} | c_j)$ son invariantes en el tiempo. Por otro lado, para $k > 0$ y asumiendo homocedasticidad en el tiempo:

$$Cov(Y_{jt}, Y_{jt-k} | c_j) = \frac{\alpha^k \delta^2}{1-\alpha^2} \text{ si } |\alpha| < 1 \text{ y } t \text{ es grande} \quad (28)$$

Así, bajo homocedasticidad, la estacionariedad en covarianza requiere que $Var(Y_{j0} | c_j) = \delta^2/(1-\alpha^2)$, en cuyo caso todas las $Cov(Y_{jt}, Y_{jt-k} | c_j)$ son invariantes en el tiempo y coinciden las autocovarianzas del estado estacionario. Teniendo en cuenta los supuestos anteriores, el estimador se puede encontrar tomando primero diferencias finitas (o desviaciones ortogonales) para poder utilizar las siguientes $(T-1)T/2$ condiciones de ortogonalidad, las cuales dan origen a un sistema de $T-1$ ecuaciones con diferentes instrumentos para diferentes ecuaciones, el cual puede ser estimado por GMM dando lugar al siguiente estimador:

$$\hat{\alpha}_{AB,GMM} = [(\Delta y^{(-1)'})' Z) V_N^{-1} (Z' \Delta y^{(-1)})]^{-1} (\Delta y^{(-1)'})' Z) V_N^{-1} (Z' \Delta y) \quad (29)$$

En la ecuación anterior,

$$Z_j = \begin{pmatrix} Y_{j0} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & Y_{jT-2} \end{pmatrix}$$

De acuerdo a la teoría de GMM, una elección óptima de la inversa de la matriz de ponderaciones V_N es un estimador consistente de la matriz de covarianzas de las condiciones ortogonales, la cual bajo homocedasticidad condicional y homocedasticidad en el tiempo es:

$$E(Z_j' \Delta u_j \Delta u_j' Z_j) = \sigma^2 E(Z_j' D D Z_j) \quad (30)$$

El éxito en la utilización de este método depende de la adecuada selección de los instrumentos, la cual se debe realizar atendiendo escrupulosamente a las propiedades observadas de las variables con las que se trabajan.

3.2 METODO DE BLUNDELL Y BOND

Corresponde a un procedimiento que da como resultado un estimador lineal alternativo al anterior, diseñado para mejorar las propiedades del estimador del Método Generalizado de Momentos de primeras diferencias, ya que este último puede tener errores cuando el parámetro α es grande y el número de observaciones de la serie de tiempo es relativamente pequeño. Se utiliza el modelo AR(1) expuesto en la ecuación (26) y los mismos supuestos del GMM,

excepto que solo requiere estacionariedad en media, de modo que no impone restricciones a las varianzas. Siguiendo a Blundell y Bond (1995), se considera el siguiente modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u \quad (31)$$

Donde $E(u) = 0$, $Cov(X_j, u) = 0$ donde $j = 1, 2, \dots, k - 1$. Se tiene que todas las variables explicativas son exógenas, a excepción de X_k que es considerada potencialmente endógena. Sin embargo, la endogeneidad se soluciona a través del método de Variables Instrumentales, el cual utiliza una variable Z_1 , la cual debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

- No debe estar contenida dentro de la ecuación del modelo, ecuación (31)
- $Cov(Z_1, u) = 0$, es decir, no debe estar correlacionada con u
- Debe tener una relación con la variable endógena del modelo X_k .

Utilizando el estimador Arellano-Bond y considerando $T=3$ se tiene que el modelo a estimar es:

$$\Delta Y_{j3} = \alpha \Delta Y_{j2} + \Delta u_{j3}, \quad \text{donde el instrumento es } Y_{j1} \quad (32)$$

También se puede tener la expresión para ΔY_{j2} :

$$\Delta Y_{j2} = \pi Y_{j1} + r_j, \quad \text{donde } j = 1, 2, \dots, N \quad (33)$$

Si se tiene el modelo $Y_{jt} = \alpha Y_{jt-1} + c_j + u_{jt}$, entonces $\Delta Y_{j2} = (\alpha - 1)Y_{j1} + c_j + u_{j2}$. En tal caso si α es cercano a 1 la correlación entre ΔY_{j2} y Y_{j1} será muy pequeña, y el coeficiente π tendrá un valor cercano a cero, lo que evidencia el problema de tener instrumentos débilmente correlacionados con la variable endógena. Debido a lo anterior, los autores Blundell y Bond agregan otras restricciones al estimador de Arellano y Bond, y además sugieren que se utilice un sistema de ecuaciones con las variables en diferencias y en niveles y una matriz de instrumentos definida así:

$$Z_j^+ = \begin{pmatrix} Z_j & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \Delta Y_{jT-1} \end{pmatrix}$$

Se debe cumplir que $E(Z_j^+ \bar{H} u_j) = 0$, donde $\bar{H} = [D' \ O' \mid I_{T-1}]'$ y el vector de ceros tiene dimensión $(T-1) \times 1$. De modo que el estimador de Blundell y Bond se define así:

$$\hat{\alpha}_{BB, GMM} = \left[\left(\sum Y_j^{(-1)'} \bar{H}' Z_j^+ \right) V_N^{-1} \left(\sum Z_j^+ \bar{H} Y_j^{(-1)} \right) \right]^{-1} * \left(\sum Y_j^{(-1)'} \bar{H}' Z_j^+ \right) V_N^{-1} \left(\sum Z_j^+ \bar{H} Y_j \right) \quad (34)$$

4 DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Para crear las bases de datos apropiadas para estimar los dos modelos, se utilizó la información contenida en la página web del Sistema Único de Información –SUI- en la cual todas las empresas encargadas de la prestación de servicios públicos en el país deben registrar toda la información correspondiente a tarifas, consumo promedio, número de suscriptores, entre otras. Con respecto al Modelo de Ajuste Parcial, se aprovechó toda la información correspondiente al servicio de acueducto para el sector residencial y se obtuvieron registros desde Enero del año 2003 hasta Diciembre del año 2008 para 21 ciudades colombianas, los cuales evidencian que para este mismo período de tiempo, el consumo promedio mensual por suscriptor en los estratos socioeconómicos más altos es mayor (Ver Tabla 1). Así, se cuenta con las siguientes variables para cada una de las ciudades:

- Tarifas mensuales del servicio para cada uno de los seis estratos dadas en pesos colombianos, y clasificadas en cargo fijo, cargo básico, cargo complementario y cargo suntuario.
- Consumo total mensual del servicio de acueducto medido en metros cúbicos, para cada uno de los seis estratos.

- Consumo promedio mensual por suscriptor medido en metros cúbicos, para cada uno de los seis estratos.
- Total mensual de suscriptores de la empresa, clasificados por estrato.

Por otro lado, la temperatura promedio mensual para cada una de las ciudades, se obtuvo de otra fuente de internet, donde esta variable es reportada diariamente desde estaciones ubicadas en cada uno de los diferentes aeropuertos del país.

Tabla 1. Consumo promedio mensual por estrato en m3							
Ciudad	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Promedio
Armenia	13,92	14	15,58	14,27	15,22	21,93	15,82
Barranquilla	16,34	18,41	20,27	22,34	24,05	31,8	22,20
Bogotá	23,9	24,75	23,67	24,32	29,1	33,55	26,55
Bucaramanga	18,37	20,04	19,4	19,03	19,4	22,77	19,84
Cali	18,9	20,22	19,52	19,47	23	32,58	22,28
Cartagena	11,53	15,83	17,44	21,83	22,32	23,29	18,71
Cúcuta	13,72	16,13	19,38	24,67	29,23	39,66	23,80
Florencia	17,6	21,22	23,34	26,88			22,26
Ibagué	14,74	16,13	16,83	16,99	16,48	21,23	17,07
Manizales	15,17	15,79	17,24	14,93	14,14	17,22	15,75
Medellín	13,75	14,63	15,68	17,51	19,25	24,95	17,63
Montería	13,62	18,85	21,61	23,69	28,01	33,78	23,26
Neiva	16,73	19,71	20,48	22,81	33,03	39,02	25,30
Pasto	13,61	14,7	14,78	16,11	16,87	24,46	16,76
Pereira	16,53	16,49	17,38	16,7	17,77	19,46	17,39
Popayán	12,99	15,21	17,13	19	20,86	26,53	18,62
Santa Marta	11,75	12,26	13,9	15,98	16,76	15,7	14,39
Sincelejo	8,17	10,91	12,74	17,09	18,36	21,68	14,83
Tunja	15,65	15,8	13,31	12,22	13,65		14,13
Valledupar	20,13	25,95	26,13	28,75	31,55	38,9	28,57
Villavicencio	13,92	14,4	15,26	15,15	18,66	18,41	15,97

Fuente: SUI

Ahora bien, para proceder a estimar el Modelo de Ajuste Parcial, a partir de la información anterior, se obtuvo el precio real mensual correspondiente a cada metro cúbico para cada una de las ciudades y los estratos que las componen, y de esta misma manera se obtuvo el precio real mensual rezagado en diferencias para ser usado como una de las variables independientes.

Al analizar las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6, y observar el comportamiento del precio real mensual por metro cúbico de agua para cada uno de los seis estratos en las 21 ciudades consideradas en el modelo, se tiene que aquellas que presentan grandes variaciones en todos los estratos son Bogotá, Sincelejo y Villavicencio, es decir, los suscriptores de estas tres ciudades han afrontado grandes cambios en el precio durante el período de Enero de 2003 a Diciembre de 2008. Para el caso de Bucaramanga, las figuras revelan que los estratos más afectados por las grandes variaciones han sido el 1, 2, 5 y 6; para Tunja se presentaron fuertes cambios solamente en los estratos 1 y 5; mientras que en Manizales y Santa Marta solamente en el estrato 1. Para el caso de las ciudades restantes, las figuras muestran que el precio real mensual por metro cúbico de agua presenta un comportamiento estable, es decir, la variable no tiene cambios bruscos.

Por otro lado, para la mayoría de las ciudades se observa que el precio real tiene tendencia a aumentar a medida que pasa el tiempo, razón por la cual se infiere

que esta variable no es estacionaria, de modo que se utilizaron primeras diferencias en el precio real para corregir la falta de estacionariedad.

Con respecto al consumo, se utilizó el consumo promedio mensual por suscriptor para cada una de las ciudades y los estratos que las componen, y luego se obtuvieron sus rezagos para ser incluidos como la segunda variable independiente.



Figura 1. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato 1 de cada ciudad



Figura 2. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato 2 de cada ciudad



Figura 3. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato 3 de cada ciudad



Figura 4. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato 4 de cada ciudad



Figura 5. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato 5 de cada ciudad



Figura 6. Precio real mensual por metro cúbico para el estrato 6 de cada ciudad

Con respecto al Modelo basado en la Función de Utilidad Stone-Geary, se debe aclarar que solamente se tuvo en cuenta el período transcurrido entre Enero del año 2003 y Diciembre del 2007, además se decidió no incluir ciudades como Florencia, Pereira, Tunja y Villavicencio, ya que la información reportada por las empresas prestadoras del servicio de acueducto era escasa e incompleta. Analizando los datos registrados en el SUI, se aprecia que en promedio ciudades como Sincelejo y Armenia son las que consumen una cantidad menor de metros cúbicos de agua al mes, a diferencia de Bogotá y Valledupar que son las que registran consumos mensuales más elevados (Ver Tabla 2).

Con respecto al precio del agua, éste se obtuvo con la información mensual de las tarifas y consumos correspondientes a cada una de las 17 ciudades, luego se encontró el precio real a partir de la inflación correspondiente, y se concluye que el precio real promedio mensual por metro cúbico para el agregado nacional fue de 606,94 pesos. El consumo promedio mensual por suscriptor y el precio real mensual del m^3 de agua para el período del 2003 al 2007 se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 2. Consumo y precio del agua en Colombia: Por ciudad

Ciudad	Consumo mensual por suscriptor (m³)	Precio real mensual por m³ (\$)
Armenia	14,7	436,19
Barranquilla	20,69	805,62
Bogotá	25,29	1222,57
Bucaramanga	19,6	609,11
Cali	21,05	732,67
Cartagena	15,69	794,21
Cúcuta	17,2	572,87
Ibagué	16,97	264,99
Manizales	16,84	683,45
Medellín	16,2	734,8
Montería	17,92	485,19
Neiva	20,47	349,68
Pasto	15,48	640,49
Popayán	16,34	355,26
Santa Marta	14,96	838,88
Sincelejo	11,51	648,65
Valledupar	24,51	327,52

Fuente: Cálculos Propios

Tabla 3. Consumo y precio del agua en Colombia: Promedio nacional

Año	Consumo mensual por suscriptor (m³)	Precio real mensual por m³ (\$)
2003	18,95	659,49
2004	18,29	545,02
2005	18,15	567,52
2006	17,59	641,77
2007	16,92	639,82
Promedio	17,97	606,94

Fuente: Cálculos Propios

Por otra parte, con la información registrada en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos correspondiente a los años 2006 y 2007, se pudo obtener el ingreso promedio total por ciudad correspondiente al año 2006 y a partir de las Tasas del Producto Interno Bruto Departamental a precios constantes del año 2000, se obtuvo el ingreso promedio mensual para cada una de las ciudades, suponiendo que el comportamiento de las tasas del PIB en las ciudades fue similar al de los departamentos. Finalmente, se formó la variable *ingpreal* correspondiente al cociente entre el ingreso promedio mensual y el precio real mensual de agua para cada ciudad.

A partir de la Encuesta Continua de Hogares del año 2008, se obtuvo el número de personas por hogar de ese año y también del 2003, luego con esta información se utilizaron promedios para encontrar el número de personas por hogar para los años 2004, 2005, 2006 y 2007. Finalmente, el porcentaje de apartamentos de cada ciudad se obtuvo del Censo realizado en el año 2005, y en la presente investigación se asumió que en los cinco años utilizados para estimar este modelo, el valor permanecería constante.

5 RESULTADOS

5.1 MODELO DE AJUSTE PARCIAL

Después de conformar la base de datos con las variables ya definidas, se procedió a utilizar la estimación para datos panel dinámicos llamada Arellano-Bover / Blundell-Bond, con el fin de eliminar la endogeneidad, y se condicionó para que ésta utilizara como máximo 2 rezagos como instrumentos para la variable dependiente y el estimador en dos etapas. De este modo, se estimaron seis modelos, es decir, uno para cada estrato:

$$C1_{it} = \beta_0 + \beta_1 dP1realr_{it-1} + \beta_2 C1_{it-1} + a_i + \varepsilon_{it} \quad \text{para el estrato 1} \quad (35)$$

$$C2_{it} = \beta_0 + \beta_1 dP2realr_{it-1} + \beta_2 C2_{it-1} + a_i + \varepsilon_{it} \quad \text{para el estrato 2} \quad (36)$$

$$C3_{it} = \beta_0 + \beta_1 dP3realr_{it-1} + \beta_2 C3_{it-1} + a_i + \varepsilon_{it} \quad \text{para el estrato 3} \quad (37)$$

$$C4_{it} = \beta_0 + \beta_1 dP4realr_{it-1} + \beta_2 C4_{it-1} + \beta_3 Temperatura + a_i + \varepsilon_{it} \quad \text{para el estrato 4} \quad (38)$$

$$C5_{it} = \beta_0 + \beta_1 dP5realr_{it-1} + \beta_2 C5_{it-1} + \beta_3 Temperatura + a_i + \varepsilon_{it} \quad \text{para el estrato 5} \quad (39)$$

$$C6_{it} = \beta_0 + \beta_1 dP6realr_{it-1} + \beta_2 C6_{it-1} + a_i + \varepsilon_{it} \quad \text{para el estrato 6} \quad (40)$$

Se tiene que la variable $dPrealr_{it-1}$ corresponde al precio real mensual del metro cúbico de agua rezagado en primeras diferencias, la variable C_{it-1} corresponde al consumo promedio mensual por suscriptor rezagado un período, y a_i corresponde al efecto fijo de cada uno de los modelos. Analizando los resultados de STATA en la estimación de cada modelo (Anexo A), se tiene que para cada uno de los seis estratos las variables incluidas son altamente significativas, de lo cual se concluye que los modelos propuestos tienen un alto grado de validez. En cuanto a los parámetros de las variables, cada uno de ellos tiene el signo esperado; es así como los coeficientes del rezago de la variable dependiente (C_{it-1}) tienen signo positivo, lo que indica la inercia en el consumo, es decir, los suscriptores sin importar el estrato al que pertenezcan, ajustan su consumo después de observar cambios en el precio en los períodos siguientes, pero dicha reacción no es inmediata y el consumo de agua de los suscriptores siempre tenderá a un consumo básico.

Por otro lado, analizando los coeficientes del precio real rezagado en primeras diferencias ($dPrealr_{it-1}$), todos estos tienen signo negativo, lo que indica que ante variaciones en las tarifas en períodos anteriores, los suscriptores ajustarán el consumo en el futuro con el fin de evitar sobrecostos en el pago por el servicio recibido.

Dado lo anterior, se utilizó la siguiente fórmula para obtener el consumo básico de agua (C_{it}) para el sector residencial, correspondiente a cada uno de los seis estratos de cada ciudad:

$$C_t = \left[(\beta_0 + a_i) * \left(\frac{1}{1-\beta_2} \right) \right] \quad (41)$$

Para los estratos 4 y 5 se tiene la siguiente ecuación:

$$C_{it} = \left[(\beta_0 + a_i) * \left(\frac{1}{1-\beta_2} \right) + \beta_3 * Temperatura \right] \quad (42)$$

Es importante resaltar que la inclusión de la temperatura promedio de las 21 ciudades dentro del conjunto de las variables explicativas, se hizo con el fin de lograr mejores resultados en los parámetros de los estratos 4 y 5. De modo que para calcular el consumo básico de agua en estos dos estratos de cada ciudad, se usa la ecuación anterior teniendo en cuenta la temperatura promedio de la ciudad para el período de estudio. Se debe tener en cuenta que en los modelos estimados para estos dos estratos, el coeficiente asociado a esta variable presenta el signo esperado, de modo que en aquellas ciudades que registran temperaturas más altas, el consumo de agua es mayor.

A continuación se presentan los resultados de este modelo (Ver Tabla 4), donde se tiene el consumo básico de agua para cada uno de los seis estratos de cada

ciudad. Se tiene que para la ciudad de Pereira no se pudo calcular el consumo básico dada la escasez de los datos, y para la ciudad de Florencia no se reportaron datos para los estratos 5 y 6, al igual que para Tunja que no registraron datos para el estrato 6.

Tabla 4. Resultados del Modelo de Ajuste Parcial							
Ciudad	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Promedio Ciudad
1 - Armenia	15,65	22,19	23,11	23,00	21,19	34,51	23,27
2 - Barranquilla	13,36	15,96	16,96	13,80	11,39	22,30	15,63
3 - Bogotá	5,47	10,55	14,09	10,83	4,04	21,26	11,04
4 - Bucaramanga	11,20	15,02	18,23	16,88	15,29	31,60	18,04
5 - Cali	10,88	14,57	17,86	16,25	11,77	21,65	15,50
6 - Cartagena	18,05	18,48	19,79	14,30	13,35	30,61	19,10
7 - Cúcuta	15,85	19,71	19,15	13,78	9,01	18,08	15,93
8 - Florencia	12,02	13,29	14,02	9,42	n.a	n.a	12,19
9 - Ibagué	14,90	19,30	21,13	19,70	19,14	33,53	21,28
10 - Manizales	14,56	21,08	21,95	22,07	21,17	39,23	23,34
11 - Medellín	16,12	21,72	22,85	19,85	17,03	31,32	21,48
12 - Montería	15,95	15,48	15,61	12,48	7,76	20,17	14,58
13 - Neiva	13,02	14,98	16,88	13,43	11,53	20,57	15,07
14 - Pasto	16,07	20,36	22,91	19,78	17,61	30,75	21,25
15 - Pereira	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
16 - Popayán	16,71	19,57	20,42	17,64	15,47	28,04	19,64
17 - Santa Marta	18,11	22,21	23,36	20,15	18,96	38,01	23,46
18 - Sincelejo	21,36	23,11	24,19	18,58	16,50	31,92	22,61
19 - Tunja	14,54	19,18	24,24	23,13	20,40	n.a	20,30
20 - Valledupar	9,66	8,68	11,22	7,65	4,61	15,21	9,50
21 - Villavicencio	15,81	27,44	27,84	28,29	25,32	44,08	28,13
Promedio Estrato	14,46	18,14	19,79	17,05	14,82	28,49	

Fuente: Cálculos propios

Se tiene que si se promedian los consumos básicos de agua para las 21 ciudades, entonces en Colombia el consumo básico promedio es de 19 m³ mensuales, por lo

que se puede inferir que de acuerdo al Modelo de Ajuste Parcial, actualmente el consumo básico de agua en el país se encuentra sobreestimado ya que corresponde a 20 m³.

Considerando las 21 ciudades analizadas, se tiene que aquella que reporta un consumo básico promedio mayor es Villavicencio, con 28,13 m³; mientras que la ciudad que reporta el menor consumo básico promedio es Valledupar, con 9,5 m³. Aunque, vale la pena resaltar el consumo básico de agua que se tuvo como resultado en Bogotá para los estratos 1 y 5, valores de 5,47 m³ y 4,04 m³ respectivamente, que seguramente se deben a datos atípicos registrados en la fuente de información ya mencionada en el capítulo anterior.

También se tiene que considerando el agregado nacional, el estrato 6 es aquel que registra un consumo básico promedio mayor, con 28,49 m³, mientras que el estrato 1 registra el menor consumo básico promedio, con 14,46 m³; lo que evidencia que en promedio, en el estrato más bajo se consume una cantidad menor de agua, y sucede lo contrario para el estrato más alto.

Además, si se observa el comportamiento del consumo básico de agua por estrato para cada una de las 21 ciudades, se tiene que a excepción de Manizales, Cúcuta y Villavicencio, en el resto de ciudades los estratos que registran mayores

consumo básicos son el 3 y el 6. De modo que no es válido afirmar que a medida que aumenta el estrato socioeconómico también aumenta el consumo básico de agua en las ciudades, porque esta cantidad vuelve a disminuir para los estratos 4 y 5 en 18 ciudades.

5.2 MODELO BASADO EN LA FUNCION DE UTILIDAD STONE-GEARY

Con la descripción de los datos que se realizó en el capítulo anterior, se tiene que en un primer intento por estimar el modelo, se utilizó como variable dependiente el consumo promedio mensual por suscriptor medido en metros cúbicos, y las siguientes variables independientes:

- El cociente entre el ingreso promedio mensual y el precio real mensual de agua para cada ciudad en el período t ($Ingpreal_{it}$).
- La temperatura promedio mensual para cada una de las ciudades en el período t ($Temp_{it}$).
- El Número de Personas por Hogar para cada ciudad en el período t (NPH_{it}).
- El porcentaje de apartamentos de cada ciudad en el período t ($Porapar_{it}$).
- Se incluyó una variable binaria, definida solamente para las observaciones correspondientes al año 2003 ($d2003$), ya que durante este año se presenta un consumo promedio mensual por suscriptor mayor que en los años siguientes (Ver Tabla 5). La variable toma el valor de 1 cuando las

observaciones corresponden al año 2003, se puede observar que a medida que pasa el tiempo, el consumo promedio mensual por suscriptor disminuye:

Tabla 5. Consumo promedio mensual por suscriptor	
Período	Consumo promedio por suscriptor
2003	18,95 m ³
2004	18,29 m ³
2005	18,15 m ³
2006	17,59 m ³
2007	16,92 m ³

Fuente: Cálculos propios

- Se incluyó una variable binaria para la ciudad de Santa Marta en el año 2007 (*d152007*), y otra para la ciudad de Sincelejo en el mismo año (*d162007*). La razón fue que presentaban algunos datos atípicos durante este año, los cuales dejaban ver un consumo promedio menor al registrado en los años anteriores (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Consumo promedio mensual para Santa Marta y Sincelejo		
Período	Santa Marta	Sincelejo
2003	17,56 m ³	11,89 m ³
2004	15,98 m ³	11,45 m ³
2005	15,15 m ³	12,54 m ³
2006	13,7 m ³	11,91 m ³
2007	12,39 m ³	9,87 m ³

Fuente: Cálculos propios

Con las variables ya definidas, se procedió a realizar la estimación del siguiente modelo empleando el paquete econométrico STATA:

$$Consumo_{it} = \beta_1 Ingpreal_{it} + \beta_2 Temp_{it} + \beta_3 NPH_{it} + \beta_4 Porapar_{it} + \beta_5 d2003 + \beta_6 d152007 + \beta_7 d162007 + \mu_{it} \quad (43)$$

Usando el consumo de agua promedio por hogar de la ciudad i en el período t ($Consumo_{it}$) como variable dependiente, se realizó la regresión, cuyos resultados son presentados en el Anexo B.

Desafortunadamente, la estimación realizada con el anterior método se consideró que no era válida, ya que las variables explicativas no son significativas y no tienen los signos esperados. La falta de significancia de las variables puede ser por el uso de consumos promedio de agua por estrato, lo que elimina gran parte de la variabilidad de la variable dependiente. Además, la mayor parte de las observaciones corresponden a los estratos más bajos, para los cuales se tiene que el consumo promedio de agua se encuentra por debajo del nivel de consumo básico; y por tratarse éste último de un consumo mínimo vital de agua, es lógico que no dependa del precio ni del ingreso. En respuesta a lo anterior, se procedió a estimar un Modelo Ingenuo, teniendo en cuenta el Modelo Error Componente (Matyas and Sevestre 2008), con el fin de capturar la heterogeneidad individual. Así, usando el paquete econométrico E-Views, la ecuación correspondiente es la siguiente:

$$Consumo_{it} = C + a_i + \pi_t \quad (44)$$

Donde se tiene que la variable $Consumo_{it}$ corresponde al consumo básico promedio de agua por hogar registrado en la ciudad i en el período t , el parámetro C corresponde al intercepto del modelo, a_i corresponde al efecto fijo específico para cada individuo (ciudad) y π_t es el efecto específico para el tiempo. Dentro de las ventajas de este último modelo, se tiene que presenta un R^2 alto correspondiente a 0,924, debido a la heterogeneidad individual y al tiempo (Ver Anexo C).

Con el fin de estimar el consumo básico de agua para cada una de las ciudades, se utiliza esta ecuación:

$$C_{it} = C + a_i \quad (45)$$

Los resultados para cada una de las 17 ciudades son presentados en la tabla 7. A partir de lo anterior, se tiene que si se promedian los consumos básicos de agua para las 17 ciudades, entonces en Colombia el consumo básico promedio de agua es 18 m^3 mensuales. Por otro lado, la ciudad que tiene el menor consumo básico es Sincelejo con $11,5 \text{ m}^3$, y aquella que tiene el mayor consumo básico es Bogotá con $25,2 \text{ m}^3$.

Con estos últimos resultados, se puede afirmar que en Colombia el consumo básico de agua se encuentra sobreestimado, ya que es suficiente tan sólo 18 m^3

para que un hogar promedio cubra las necesidades básicas del líquido, y no 20 m³ como lo reglamenta la actual legislación colombiana.

Tabla 7. Resultados Modelo Ingenuo	
Ciudad	Consumo Básico
1- Armenia	14,690212
2 - Barranquilla	20,644879
3 - Bogotá	25,279968
4 - Bucaramanga	19,590879
5 - Cali	21,033545
6 - Cartagena	15,678879
7 - Cúcuta	17,183379
8 - Ibagué	16,960879
9 - Manizales	17,068497
10 - Medellín	16,199852
11 - Montería	17,906545
12 - Neiva	20,452462
13 - Pasto	15,470879
14 - Popayán	16,328045
15 - Santa Marta	14,942545
16 - Sincelejo	11,496545
17 - Valledupar	24,499962
Promedio	17,96635012

Fuente: Cálculos Propios

6 CONCLUSIONES

- Dentro de los modelos empleados para el cálculo del consumo básico de agua, se tiene que la inclusión de variables tales como la temperatura promedio que registra cada ciudad, el número de personas por hogar, el porcentaje de apartamentos existente en cada ciudad, el consumo de agua rezagado y el precio real diferenciado por metro cúbico de agua, resultó relevante, ya que fueron determinantes para el análisis.
- Se tiene que de acuerdo a los datos tenidos en cuenta, es el estrato socioeconómico 6 el que registra el mayor consumo de agua, en comparación con los consumos registrados en los estratos más bajos; este comportamiento evidencia que en aquellos hogares con ingresos más elevados el consumo de agua también es mayor, sin importar que están sujetos al pago de tarifas más altas; lo cual es pertinente que sea tenido en cuenta en el momento en que el Estado tenga la tarea de crear políticas para incentivar el ahorro del líquido y castigar los consumos elevados de un grupo minoritario de suscriptores.

- El análisis de los resultados obtenidos a través del Modelo de Ajuste Parcial muestra que en promedio el consumo básico de agua en el país debe ser de 19 m³ mensuales por suscriptor, y los resultados del Modelo Ingenuo también coinciden con esta hipótesis al concluir que el consumo básico en Colombia es de 18 m³ mensuales por suscriptor. Las consideraciones anteriores reflejan que efectivamente en la actualidad si se encuentra sobreestimada la cantidad de agua necesaria para que los hogares colombianos cubran sus necesidades básicas.
- Considerando la reglamentación vigente hoy en día para el cobro del servicio de agua potable, se tiene que el consumo básico de agua corresponde a 20 m³ mensuales por suscriptor. Sin embargo, si se realiza la comparación con los resultados anteriores se tiene que el rango del consumo básico se encuentra sobreestimado, porque actualmente los colombianos utilizan menos agua para satisfacer las necesidades básicas en el hogar, de modo que vale la pena que entidades encargadas como la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA-, evalúen la conveniencia de reducir el rango de consumo básico de agua, analizando el impacto social y económico que tendría para la sociedad colombiana la implementación de dicha medida.

BIBLIOGRAFIA

ARELLANO, M., BOND, S. (1991): "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations," *The Review of Economic Studies*, 58 (2), 277-297.

BLUNDELL R., BOND, S. (1998): "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models," *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, (2008): "Consumo Básico o de Subsistencia en el Servicio de Acueducto y Alcantarillado". Colombia.

CONVOCATORIA REFERENDO POR EL AGUA, (2007): "Pronunciamientos de Organizaciones Gremiales. Unidad nacional por el agua como bien común y derecho fundamental", Febrero 19.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, (1991): "Estimación del Consumo Básico en Colombia".

GAUDIN, S., GRIFFIN, R.C., SICKLES, R.C., (2001): "Demand Specification for Municipal Water Management: Evaluation of the Stone-Geary Form", *Land Economics*, 77 (3), 399-422.

JUNCA, J.C. (2000): "Determinación del Consumo Básico de Agua Potable Subsidiario en Colombia", Archivos de Macroeconomía, Documento 139.

MARTINEZ-ESPINEIRA, R. (2002): "Residential Water Demand in the Northwest of Spain", *Environmental and Resource Economics*, 21, 161-187.

MATYAS, L., SEVESTRE, P., (2008): "The Econometrics of Panel Data, Springer Verlag", Third Completely New Edition, 954 p.

NAUGES, C., THOMAS, A. (2000): " Privately Operated Water Utilities Municipal Price Negotiation, and Estimation of Residential Water Demand: The Case of France", *Land Economics*, 76 (1), 68-85.

OECD, (2003): "Social Issues in the Provision and Pricing of Water Services", Paris.

VALIÑAS, C. NAUGES, C., REYNAUD, A. (2009): "How Much Water Do Residential Users Really Need? An Estimation of Minimum Water Requirements for French Households", *Mimeo Lerna*. University Toulouse 1.

VIVAS, Harvy. "Consumo Residencial de Agua en el Sistema de Ciudades de Colombia". *Sociedad y Economía*. No. 9 (Oct., 2005); 27-46. ISSN 1657-6357.

WINPENNY, J. (1994): "Managing Water as an Economic Resource", Routledge, London.

ANEXO A

Resultado STATA para el modelo de ajuste parcial del Estrato 1:

```

System dynamic panel-data estimation      Number of obs      =      929
Group variable: id                       Number of groups   =      20
Time variable: t                         obs per group:    min =      4
                                          avg =     46.45
                                          max =      71

Number of instruments =      211          wald chi2(2)      =     39.25
                                          Prob > chi2       =     0.0000

Two-step results

```

	C1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
C1							
L1.		.4051748	.1756068	2.31	0.021	.0609918	.7493579
dP1realr		-.0116328	.0024795	-4.69	0.000	-.0164925	-.006773
_cons		8.813432	2.750179	3.20	0.001	3.42318	14.20368

```

Warning: gmm two-step standard errors are biased; robust standard
errors are recommended.
Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/3).C1
Standard: D.dP1realr
Instruments for level equation
GMM-type: LD.C1
Standard: _cons

```

Resultado STATA para el modelo de ajuste parcial del Estrato 2:

```

System dynamic panel-data estimation      Number of obs      =      929
Group variable: id                       Number of groups   =      20
Time variable: t                         obs per group:    min =      4
                                          avg =     46.45
                                          max =      71

Number of instruments =      211          wald chi2(2)      =     23.99
                                          Prob > chi2       =     0.0000

Two-step results

```

	C2	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
C2							
L1.		.380025	.0879172	4.32	0.000	.2077104	.5523395
dP2realr		-.0102068	.0024099	-4.24	0.000	-.0149302	-.0054834
_cons		10.5242	1.517983	6.93	0.000	7.549007	13.49939

```

Warning: gmm two-step standard errors are biased; robust standard
errors are recommended.
Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/3).C2
Standard: D.dP2realr
Instruments for level equation
GMM-type: LD.C2
Standard: _cons

```

Resultado STATA para el modelo de ajuste parcial del Estrato 3:

```

System dynamic panel-data estimation      Number of obs      =      929
Group variable: id                       Number of groups    =      20
Time variable: t                         Obs per group:      min =      4
                                          avg =     46.45
                                          max =      71

Number of instruments =      211          Wald chi2(2)       =      17.51
                                          Prob > chi2        =      0.0002

Two-step results
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      C3      |      Coef.      |      Std. Err.      |      z      |      P>|z|      |      [95% Conf. Interval]      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      C3      |      .1380146    |      .0957702        |      1.44    |      0.150      |      -.0496916      .3257209
|      L1.      |                  |                      |              |                  |                      |
|      dP3realr  |      -.0064249    |      .0015465        |     -4.15    |      0.000      |      -.0094561     -.0033938
|      _cons     |      15.88137     |      1.761316        |      9.02    |      0.000      |      12.42926      19.33349
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

Warning: gmm two-step standard errors are biased; robust standard
errors are recommended.
Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/3).C3
Standard: D.dP3realr
Instruments for level equation
GMM-type: LD.C3
Standard: _cons

```

Resultado STATA para el modelo de ajuste parcial del Estrato 4:

```

System dynamic panel-data estimation      Number of obs      =      643
Group variable: id                       Number of groups    =      18
Time variable: t                         Obs per group:      min =      1
                                          avg =     35.72222
                                          max =      57

Number of instruments =      212          Wald chi2(3)       =      121.30
                                          Prob > chi2        =      0.0000

Two-step results
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      C4      |      Coef.      |      Std. Err.      |      z      |      P>|z|      |      [95% Conf. Interval]      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      C4      |      .3277709    |      .0496541        |      6.60    |      0.000      |      .2304507      .4250912
|      L1.      |                  |                      |              |                  |                      |
|      dP4realr  |      -.0015516    |      .0003118        |     -4.98    |      0.000      |      -.0021627     -.0009405
|      Temperatura |      .108962     |      .0331093        |      3.29    |      0.001      |      .0440689      .1738551
|      _cons     |      10.91884     |      1.25116         |      8.73    |      0.000      |      8.466615      13.37107
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

Warning: gmm two-step standard errors are biased; robust standard
errors are recommended.
Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/3).C4
Standard: D.dP4realr D.Temperatura
Instruments for level equation
GMM-type: LD.C4
Standard: _cons

```

Resultado STATA para el modelo de ajuste parcial del Estrato 5:

```

System dynamic panel-data estimation      Number of obs      =      639
Group variable: id                       Number of groups   =      18
Time variable: t                         Obs per group:    min =      1
                                           avg =     35.5
                                           max =      57

Number of instruments =      212          Wald chi2(3)       =    1633.63
                                           Prob > chi2        =     0.0000

Two-step results

```

C5	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
C5						
L1.	.312245	.0148881	20.97	0.000	.2830648	.3414252
dP5realr	-.002609	.0002712	-9.62	0.000	-.0031406	-.0020775
Temperatura	.2125395	.1093708	1.94	0.052	-.0018234	.4269024
_cons	9.96089	3.104166	3.21	0.001	3.876836	16.04494

```

Warning: gmm two-step standard errors are biased; robust standard
errors are recommended.
Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/3).C5
Standard: D.dP5realr D.Temperatura
Instruments for level equation
GMM-type: LD.C5
Standard: _cons

```

Resultado STATA para el modelo de ajuste parcial del Estrato 6:

```

System dynamic panel-data estimation      Number of obs      =      840
Group variable: id                       Number of groups   =      18
Time variable: t                         Obs per group:    min =      4
                                           avg =    46.66667
                                           max =      71

Number of instruments =      211          Wald chi2(2)       =     202.88
                                           Prob > chi2        =     0.0000

Two-step results

```

C6	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
C6						
L1.	.3715625	.0290657	12.78	0.000	.3145947	.4285303
dP6realr	-.0022846	.0004252	-5.37	0.000	-.0031179	-.0014513
_cons	16.68249	.9259161	18.02	0.000	14.86773	18.49725

```

Warning: gmm two-step standard errors are biased; robust standard
errors are recommended.
Instruments for differenced equation
GMM-type: L(2/3).C6
Standard: D.dP6realr
Instruments for level equation
GMM-type: LD.C6
Standard: _cons

```

ANEXO B

Resultado STATA para el modelo basado en la Función de Utilidad Stone – Geary:

Source	SS	df	MS	Number of obs = 721		
Model	236720.733	7	33817.2476	F(7, 714) = 2748.16		
Residual	8786.06141	714	12.3054081	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.9642		
				Adj R-squared = 0.9639		
Total	245506.794	721	340.50873	Root MSE = 3.5079		

consumo	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ingpreal	.000779	.000121	6.44	0.000	.0005415	.0010165
temperatura	.0939543	.0404505	2.32	0.020	.0145381	.1733705
nph	2.626494	.2739219	9.59	0.000	2.088705	3.164282
porapar	.1202222	.0087012	13.82	0.000	.1031392	.1373053
d2003	4.565076	.5995837	7.61	0.000	3.387918	5.742234
d152007	-4.710173	1.036878	-4.54	0.000	-6.745867	-2.674479
d162007	-6.518554	1.04057	-6.26	0.000	-8.561497	-4.475612

ANEXO C

Resultado E-Views para el Modelo Ingenuo:

Dependent Variable: CONSUMO

Method: Panel Least Squares

Date: 03/18/11 Time: 11:22

Sample: 1 60

Periods included: 60

Cross-sections included: 17

Total panel (unbalanced) observations: 1004

White period standard errors & covariance (d.f. corrected)

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	17.96635	4.67E-16	3.85E+16	0.0000

Effects Specification

Cross-section fixed (dummy variables)

Period fixed (dummy variables)

R-squared	0.924041	Mean dependent var	17.96635
Adjusted R-squared	0.917902	S.D. dependent var	3.694579
S.E. of regression	1.058596	Akaike info criterion	3.024443
Sum squared resid	1039.940	Schwarz criterion	3.396248
Log likelihood	-1442.270	Hannan-Quinn criter.	3.165727
F-statistic	150.5222	Durbin-Watson stat	0.892542
Prob(F-statistic)	0.000000		