

ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LA DEMANDA RESIDENCIAL DE AGUA EN LA CIUDAD DE CÚCUTA

2010-2012

Eliana María Noya Díaz *

Enlace ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0699-286X>

Nathalie Hernández Pérez **

Enlace ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3557-4357>

Fecha de Recepción: 2 de Diciembre 2017

Fecha de Aprobación: 20 de Mayo 2018

Resumen:

En la presente investigación se estiman funciones de demanda de agua residencial en la ciudad de Cúcuta en los estratos 1,2,3,4 y a nivel agregado, utilizando un modelo dinámico autorregresivo mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas, adoptando el enfoque de la teoría estándar del consumidor. El objetivo era calcular el efecto de las variables precio, ingreso y temperatura sobre la demanda. De las estimaciones se obtuvieron las elasticidades precio e ingreso, encontrándose así que la demanda residencial de agua en la ciudad de Cúcuta es inelástica al precio y tiene una relación inversa. Por otro lado, se evidenció que dicha demanda depende positivamente del ingreso y la temperatura. A su vez, la demanda de agua estuvo afectada negativamente por una temporada de lluvias y un derrame de crudo en el Río Pamplonita.

Palabras Clave: Demanda, elasticidad-precio, elasticidad-ingreso, temperatura, estratos socioeconómicos.

* Economistas, Especialista en Economía Ambiental y Ecológica de la Universidad Nacional Autónoma de México- UNAM-. Maestrante en Economía de la UNAM. Becaria/asistente de investigación del Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM (IIEC)
Correo Electrónico: nathalie.hernandez@unipamplona.edu.co

** Economista, Magister en Paz, Desarrollo y Resolución de Conflictos, Docente y Miembro del Grupo de Investigación Ciencias Económicas y Empresariales GICEE de la Universidad de Pamplona. Consultora en temas desarrollo económico territorial. Correo Electrónico: nathalie.hernandez@unipamplona.edu.co

ANALYSIS OF THE VARIATION OF RESIDENTIAL WATER DEMAND IN THE CITY OF CÚCUTA 2010-2012

Abstract:

In the present investigation functions are estimated residential water demand in the city of Cucuta in strata 1,2,3,4 and aggregate level, using an autoregressive dynamic model using ordinary least squares method in two stages, adopting the approach standard theory consumer. The aim is to estimate the effect of price variables, income and temperature. The estimates are obtained price and income elasticities, being so residential water demand in the city of Cúcuta is price inelastic and has an inverse relationship. On the other hand it is evident that this demand depends positively on income and temperature. In turn, the water demand was adversely impacted by a rainy season and an oil spill in the Rio Pamplonita.

Keywords: Demand, price elasticity, income elasticity, temperature, socioeconomic strata.

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA DEMANDA RESIDENCIAL DE ÁGUA NA CIDADE DE CÚCUTA 2010-2012

Resumo:

Na presente investigação são estimadas funções de demanda residencial de água na cidade de Cucuta nos estratos 1,2,3,4 e nível agregado, utilizando um modelo dinâmico autorregressivo utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários em duas etapas, adotando a abordagem teoria padrão do consumidor. O objetivo é estimar o efeito de variáveis de preço, renda e temperatura. As estimativas são obtidas elasticidades de preço e renda, sendo assim a demanda de água residencial na cidade de Cúcuta é inelástica em preço e tem uma relação inversa. Por outro lado, é evidente que essa demanda depende positivamente da renda e da temperatura. Por sua vez, a demanda de água foi afetada negativamente por uma estação chuvosa e um derramamento de óleo no Rio Pamplonita.

Palavras chave: Demanda, elasticidade preço, elasticidade renda, temperatura, estratos socioeconômicos.

1. INTRODUCCIÓN:

El agua potable es un bien económico especial que presenta las características de bien público parcial, ya que expresa una rivalidad en el consumo, y a su vez es un bien de primera necesidad para la población. El agua potable como servicio público domiciliario funciona en una estructura de mercado de tipo monopólico natural, debido a las grandes economías de escala con que cuentan las empresas prestadoras del servicio, ya que las particularidades de la infraestructura de producción y distribución generan unos costos medios menores si se prestan por una sola entidad. La función de oferta de este servicio, al igual que de la mayoría de servicios públicos domiciliarios, presenta algunas peculiaridades económicas, entre las que se encuentra su estructura de precios en bloques, la cual se caracteriza por fijar precios marginales diferentes según sea el rango de consumo. En Colombia, y por supuesto en la ciudad de Cúcuta, esta estructura tarifaria es creciente en bloque, es decir, el precio marginal es mayor a medida que aumenta el rango de consumo. Cada vez es mayor el interés por estimar funciones de demanda de agua para uso urbano.¹ El principal propósito de estos estudios es la búsqueda de un instrumento de mercado que ayude a minimizar el costo de lograr un nivel de consumo más eficiente y racional de agua, que redunde en una mejor distribución entre las demandas competidoras al efectuar el cobro por el uso de forma más equitativa. (Jaramillo –Mosqueira, 2003).

La teoría económica estándar del consumidor plantea que la demanda de bienes por parte de los agentes económicos responde principalmente ante variaciones en los precios e ingresos; no obstante, estas respuestas dependen del tipo de bien. Para el caso del agua potable, se espera que la demanda sea insensible ante las variaciones del precio y del ingreso, dada su condición como bien de primera necesidad que no cuenta con sustitutos ni complementos cercanos.

Bajo este contexto y tomando como referencia dicha teoría, el objeto de estudio de la presente investigación es realizar un primer análisis de la variación de la demanda residencial de agua en la ciudad de Cúcuta durante el periodo 2010-2012, estimando en primera medida las elasticidades precio e ingreso y además incluir la variable temperatura del ambiente como factor que incide determinantemente en las fluctuaciones de dicha demanda y en los niveles de consumo.

¹Ver Howe y Lineweaver, 1967; Agthe y Billings, 1980; Griffin y Martin, 1981; Haneman, 1967; Martínez Espiñeira, 2002; Pashardes y Hajispyrou, 2002.

Para cumplir con dicho objetivo, se emplea un modelo dinámico autorregresivo de ajuste parcial que permite estimar las elasticidades precio e ingreso de corto y largo plazo mediante el método de Mínimos Cuadrados en dos etapas (MCO2). Se incluyen variables sugeridas por la teoría (precio e ingreso), pero también las que recoge el efecto de los eventos externos de ola invernal y derrame de crudo en el Río Pamplonita ocurridos durante el periodo de estudio, así como la temperatura y algunas condiciones socioeconómicas y demográficas de los hogares. Los resultados hallados evidencian que en la ciudad de Cúcuta la demanda de agua residencial se comporta acorde con lo establecido por la teoría económica, asimismo se encuentra que las condiciones climáticas, medidas por la temperatura del ambiente, tienen una influencia importante en el consumo del bien.

El trabajo consta en primer lugar de esta breve introducción. En segundo lugar, se describe el marco teórico de referencia. En tercer lugar, se hace un recorrido por los estudios realizados a nivel internacional, nacional y regional referentes a la demanda residencial de agua. Seguidamente se presenta la metodología empleada y finalmente se presentan los resultados hallados y las respectivas conclusiones. La presente investigación tiene sus bases en la teoría convencional del consumidor y su respectiva aplicación en el servicio de agua potable.

2. MARCO REFERENCIAL:

2.1 Teoría estándar del consumidor y sus extensiones

La principal premisa de la teoría estándar del consumidor postula que la demanda de cualquier bien está determinada principalmente por el precio del mismo bien y por la restricción presupuestal del consumidor; es decir, el ingreso o renta disponible. A su vez, también influyen en dicha demanda otros factores como los precios de los bienes relacionados como sustitutos y complementarios, gustos y preferencias del consumidor y demás condiciones del mercado del bien. Usualmente existe una relación inversa entre la cantidad demanda y el precio. Por el contrario, el tipo de relación entre la cantidad demanda y el ingreso es directa; sin embargo, existen excepciones para algunos tipos de bienes.

Las funciones de demanda se pueden representar mediante modelos específicos para explicar la relación funcional de la cantidad consumida con respecto a las otras variables. Los dos modelos más relevantes y utilizados tienen la forma matemática lineal y logarítmica.

Asimismo, las curvas de demanda son representaciones particulares para un lapso de la función de demanda respectiva, pues una curva de demanda supone que las demás variables que establecen la cantidad permanecen constantes. Es decir, una curva de demanda relaciona la cantidad óptima con el precio del bien, suponiendo que el ingreso, el precio de los demás bienes, los gustos y las demás variables no se modifican. La demanda del mercado se agrega a partir de las demandas individuales con solo sumar, en cada precio, las cantidades adquiridas por todos los consumidores. (Hirshleifer 1998)².

La característica más importante de la curva de demanda es la relación inversa entre el precio y la cantidad. Esta relación se le conoce con el nombre de elasticidad precio de la demanda que mide el grado de respuesta de las cantidades consumidas ante variaciones en los precios e igualmente representa la intensidad de inclinación de la curva de la demanda ya que contiene a la pendiente de la curva. En otras palabras, formalmente la elasticidad precio de la demanda (ϵ_p) es la variación porcentual de la cantidad dividida por la variación porcentual de precio.³

1.1. Conceptualización del agua potable.

Para lograr una mejor comprensión del mercado del agua es necesario dejar claro definiciones indispensables que la caracterizan y las distinciones entre agua como recurso natural y la prestación del servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado. Autores como Cuervo (1997)⁴ definen claramente estas dos distinciones; por tanto el presente apartado lo toma como referencia.

El autor menciona que “La teoría económica en sus más diversas vertientes del pensamiento considera que las condiciones de prestación de servicios como el agua potable son muy peculiares” (Cuervo 1997 Pág. 1). Especialmente para la teoría neoclásica, la peculiaridad del servicio está dada gracias a sus muy particulares condiciones de producción y consumo.

El agua es considerada como bien económico debido a que tiene un valor para más de una persona, también es considerada como un bien social porque es un insumo básico para la vida humana y un bien meritorio que genera beneficios mayores de los que estrictamente reconocería el Estado. Sin embargo, según Pérez (2000) citado por Cadavid (2008) el agua como recurso hídrico no es recurso económico per sé porque está determinada por la escasez generada por el crecimiento y la concentración espacial poblacional. Es precisamente esta aglomeración de la población humana la que define la distinción entre agua como recurso y bien libre y el agua como servicio de agua potable y bien económico.

De acuerdo con Cuervo (1997), el génesis del agua como servicio económico se explica por los cambios sufridos en la manera de satisfacer esta necesidad básica originaria. Estos cambios han estado condicionados por factores básicos y elementales como la aglomeración poblacional, la escasez, la densidad y la capacidad natural de absorción de los impactos derivados de las actividades económicas mencionados anteriormente.

El agua potable hace parte de la actividad económica de servicios colectivos domiciliarios, “...el cual es fruto de una respuesta colectiva a una necesidad imposible de solucionar individualmente, acudiendo específicamente a la constitución de redes de aprovechamiento a los domicilios particulares.” (Cuervo 1997 Pág. 2).⁵

Entre las particularidades económicas de la distribución y consumo del agua potable socializadas por Cuervo (1997), se encuentran las características de rivalidad y exclusividad exigida para la operación del mercado competitivo.

²Vale la pena destacar la doble interpretación de la curva de demanda, ya que si se expresa la cantidad demanda en función del precio se tendrá que la función $q_i = f_i(p_i)$ indica las cantidades que se demandarían a un precio determinado. Sin embargo, si se representa la función $p_i = f_i^{-1}(q_i)$ indica que el precio que se está dispuesto a pagar por una cantidad específica de una cantidad del bien i . Las otras variables del análisis permanecen constantes. (Castro & Mokate 2003).

³ Las elasticidades están definidas como: Elasticidad precio de la demanda: $a_j =$

$$\frac{\partial(\ln q_i)}{\partial(\ln p_i)} = \frac{\frac{\partial q_i}{q_i}}{\frac{\partial p_i}{p_i}} \quad \text{Elasticidad precio cruzado de la demanda: } a_j = \frac{\partial(\ln q_i)}{\partial(\ln p_j)} = \frac{\frac{\partial q_i}{q_i}}{\frac{\partial p_j}{p_j}} \quad (j=$$

1,2...n; $j \neq i$)

$$\text{Elasticidad ingreso de la demanda: } a_j = \frac{\partial(\ln q_i)}{\partial(\ln I)} = \frac{\frac{\partial q_i}{q_i}}{\frac{\partial I}{I}}$$

⁴Cuervo Luis Mauricio 1997, “El agua potable como bien mayor”.

⁵El autor aclara que el carácter colectivo de estos servicios está definido en doble sentido porque en primer lugar exigen una respuesta organizada de la sociedad, y en segundo lugar se orientan hacia la construcción de bienes cuyo consumo es colectivo. Por otro lado, el carácter domiciliario se presenta por que se apoyan en la existencia de redes fijas de aprovisionamiento de los domicilios residenciales, comerciales industriales etc.

En el ámbito del consumo, el agua potable es un bien privado puro y claramente divisible, pues el consumo de un litro anula las posibilidades de consumo de ese mismo litro por parte de otras personas. También es exclusiva por que, si el consumidor no paga la factura correspondiente, el productor puede cortar el suministro a bajo costo. Por el contrario, la red de distribución es un bien público impuro e indivisible, pero con gestionable, debido a que el paso de un litro por la tubería no deteriora su capacidad de soportar el paso de otro litro de agua mientras no sobrepase el caudal máximo para la cual está diseñada. La exclusión es posible y, en determinadas condiciones técnicas y sociales, se puede ejercer un costo razonable.

Ahora bien, el agua como recurso es considerado renovable, pero agotable, lo que significa que sus fuentes de provisión son escasas y su capacidad de renovación natural es limitada. Adicionalmente, la tecnología existente no ha logrado producir agua, solo se ha limitado a mejorar los sistemas de captación, distribución e incluso reciclaje. Esto significa que el agua es un recurso difícilmente reproducible y por tanto posee una tendencia a la existencia de una estructura de oferta limitada que incide en la formación de en una forma de producción monopolística local y regional. Esta condición monopolística se ve explicada por un lado por las restricciones a la libre movilidad de factores, ya que el transporte del recurso es costoso debido a su alta relación peso/volumen. Por el otro lado se debe a la condición de la tecnología disponible que se caracteriza por mostrar economías de escala⁶ considerables en el proceso de provisión de agua. Respecto a esto, cuando los costos a escala son constantes o decrecientes la producción tiende a friccionarse. Por tanto, las tecnologías hasta ahora desarrolladas otorgan ventajas a los productores de grandes volúmenes y tiende a excluir a operadores pequeños.

En otras palabras, Cadavid (2008) citando a Pérez (2000) y Solanés (1998) afirma

“El servicio de abastecimiento de agua es un monopolio natural, explicado por sus grandes economías de escala (a mayor producción menor costo unitario) y de alcance (ciertos servicios diferentes como por ejemplo acueducto y alcantarillado, son más baratos cuando son producidos por una sola firma que cuando son producidos por dos). Resulta así más eficiente que una sola empresa provea la demanda, evitando la duplicación de inversiones en infraestructura.” (Cadavid 2008 Pág 4).

Por último, Cuervo (2008) llega a la conclusión de que las particularidades económicas de los servicios colectivos domiciliarios ponen en evidencia las limitaciones del mercado como mecanismo de regulación y como señal económica confiable e inductora de un comportamiento eficiente. Asimismo, la formación del precio del agua no corresponde o está por debajo de su verdadero valor social.

1.2 Particularidades económicas del agua potable: Teoría del consumidor y los precios en bloque.

El agua es un bien de consumo vital para algún rango de consumo, es decir un punto de la curva de demanda debe ser inelástica al precio y aún al ingreso, un mayor consumo por ciertos estratos puede estar mediado por cierta inelasticidad al precio. De igual forma, si el agua es un bien libre, no se consume nada más allá de aquel que satisfaga completamente su demanda.

El servicio de acueducto de la Empresa Aguas Kpital Cúcuta S.A. E.S.P, al igual que la mayoría de empresas de servicios públicos domiciliarios del País, no es suministrado con un precio único por metro cúbico, sino que está sujeto a una tabla de tarifas por bloques y por estratos, el cual se modifica con alguna frecuencia.

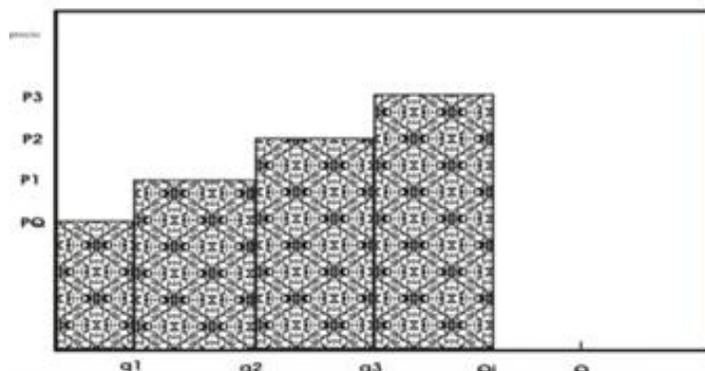
Los precios por bloques son estructuras de precios no lineales y se caracterizan por fijar precios marginales deferentes según sea el rango de consumo, mayor o menor según sea el tipo de estructura (creciente por bloque, decreciente por bloque). En Colombia los servicios residenciales de agua y electricidad, poseen la estructura de precios crecientes por bloques. Estos significan que se les carga un precio marginal más alto a los volúmenes de consumo mayores, es decir, se cobra un precio por última unidad consumida dentro de cada bloque. (Medina & Morales 2007).

Los usuarios del servicio están clasificados en estratos socioeconómicos y para cada uno de estos estratos se define una tabla de tarifas por rangos de consumo, de tal manera que si un consumidor demanda una cantidad entre 0 y Q1 metros cúbicos de agua, el precio cargado será P0; si demanda una cantidad entre Q1 y Q2, pagará P0 por cada uno de los primeros Q1 y P1 por cada uno de los siguientes metros cúbicos, y así sucesivamente. (López 2000) Por lo tanto, las tarifas aumentan a medida que lo hace el rango de consumo y también son mayores para estratos socioeconómicos más altos. (Ver gráfica 1)

⁶Por economía de escala se entiende a la situación en que una empresa presenta ventajas en términos de costos para aumentar su producción. En otras palabras, si la empresa necesita duplicar la producción, no requiere duplicar sus costos.

Gráfica 1.

Estructura de Tarifas Crecientes en Bloque



Fuente: López (2000). Elaboración Propia

La tasa por metro cúbico es acompañada por un cargo fijo mensual bajo el concepto de mantenimiento y servicio, independiente de la cantidad consumida y dependiente del estrato socioeconómico. Por tanto, la cuenta de cobro por consumo Q1, es igual al cargo fijo mensual más el valor del área sombreada del gráfico.⁷

Bajo una estructura tarifaria de este tipo, el consumidor enfrenta una restricción presupuestal no lineal, específicamente lineal a tramos. La restricción de presupuesto tendrá tantos quiebres como rangos de consumo que existan. Cuando se observa en un periodo de determinado un cierto nivel de consumo del usuario, se debe suponer que la parte de la línea quebrada a ese nivel de consumo es tangente a una curva de indiferencia, es decir, que el consumidor está maximizando su utilidad en ese consumo. (López 2000).

De acuerdo (Medina & Morales 2007) , una de las particularidades importantes a tener en cuenta en los sistemas de tarifas en bloque crecientes, es la existencia de una transferencia creciente por bloque de consumo que se deriva del hecho que el precio marginal por última unidad de consumo, no coincide necesariamente con el precio medio del total de unidades consumida, lo que significa que para consumos en los bloques asociados a los precios marginales más altos el consumidor estuvo dispuesto a pagar por cada unidad de consumo dicho precio marginal, pero para las unidades consumidas ubicadas en los primeros bloques tuvo que pagar un precio menor.

En otras palabras, el consumidor al pagar los primeros tramos de su demanda a precios inferiores a los que paga por el último metro cúbico, el consumidor resulta beneficiado de lo que se puede considerar como una transferencia de ingreso.

2. REVISIÓN DE LITERATURA:

Los estudios llevados a cabo sobre la demanda de agua a nivel nacional e internacional generalmente se basan en la teoría del consumidor, específicamente de la demanda, y estiman las elasticidades de precio e ingreso respecto a la demanda; y a su vez se determinan factores socioeconómicos, demográficos (Jaramillo-Mosqueira, 2003; Junca, 2000; López, Castaño & Vélez, 1992; Castillo 2010; Gutiérrez 2011; Martínez - Espiñeira ,2006; Guzmán et al, 2011) técnicos y climatológicos (Martínez - Espiñeira ,2006; Guzmán et al, 2011; Gutiérrez 2011) , así como factores particulares de cada caso como campañas publicitarias (López, Castaño & Vélez ,1992) que podrían influir en la demanda de agua tanto residencial como industrial.

De acuerdo con Arbués et al (2003) la característica de los precios en bloques crecientes ha generado problemas de estimación y especificación en los trabajos abordados. Sin embargo, no existe un consenso sobre la metodología a utilizar para estimar la función de demanda de agua. Por tanto, los métodos de estimación de funciones de demanda dinámica y estática varían desde los más comunes como estimaciones logarítmica (elasticidades) por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y Mínimos cuadrados generalizados (MCG) en forma estructural y reducida para datos panel y corte transversal (Junca , 2000; Jaramillo-Mosqueira, 2003; Castillo ,2010; Guzmán et al. 2011; López, Castaño & Vélez (1992), hasta métodos para calcular y comparar en corto plazo y largo plazo la elasticidad precio de la demanda por medio de Co-integración y corrección de errores usando series de tiempo (Martínez - Espiñeira ,2006) y modelos correspondientes a la versión agregada en el espacio renta-consumo de una función Stone-Geary⁸ y una variable en forma de Gorma (Vivas ,2001) .

La mayoría de resultados obtenidos concuerdan con la teoría neoclásica de la demanda, es decir se comprueba

⁷La estructura tarifaria tiene cargos fijos y cargos que dependen del volumen del consumo. Según la Resolución 04/94 CRA. De 0 a 20 mts³ se considera consumo básico. De 20 mts³ a 40 mts³ es consumo complementario y más de 40 mts³ se considera consumo suntuario.

⁸La función de Stone-Geary se utiliza a menudo para modelar problemas relacionados con los niveles de subsistencia de consumo. En estos casos, un cierto nivel mínimo de algo bueno tiene que ser consumido con independencia de su precio o el ingreso del consumidor.

que la demanda de agua tiene una relación directa con el ingreso e inversa con las tarifas. Arbués et al. (2003) señala que después de realizar una extensa revisión bibliográfica una gran cantidad de estudios demuestran que la demanda de agua residencial es inelástica al precio pero no perfectamente, y a su vez el precio es el principal instrumento para controlar la demanda de agua.

Empezando con las investigaciones sobre la demanda de agua aplicada a nivel internacional, Jaramillo-Mosqueira (2003) estiman una función de demanda de agua residencial en México utilizando Mínimos cuadrados ordinarios para datos de corte transversal, y el método de opción discreta continúa en el que utilizan variables instrumentales⁹ con datos de panel balanceados. La función está especificada con las variables precio marginal, precio virtual, características socioeconómicas de las familias. Los resultados muestran en primera medida que, durante la época de verano, los consumidores demandan entre 14 y 23 por ciento más de agua en promedio comparado con los niveles invierno. Además, afirma que cuanto más alto sea el bloque de consumo, más elástico será este ante cambios en el precio en el corto plazo. Concluyen que el precio es un instrumento de demanda más eficaz que alguno de la oferta para resolver la problemática del agua.

Para el caso de Sevilla España, Martínez - Espiñeira (2006) cambian el método común de estudios de demanda de agua (estimación lineal y logarítmica) al utilizar la Co-integración y corrección de errores usando series de tiempo mensual con variables como cantidad de usuarios, precio marginal, horas/días de servicio, precipitaciones, temperatura e ingresos para calcular y comparar en corto plazo y largo plazo la elasticidad precio de la demanda de agua residencial. Los resultados arrojan una elasticidad precio en el corto plazo es de -0,1 y en el largo plazo es de -0,51 lo cual quiere decir que la elasticidad del precio de la demanda es más pequeña en el corto plazo. Concluyen principalmente, que al igual que los estudios que utilizan métodos de estimación lineal y logarítmica la demanda de agua es inelástica pero no perfectamente.

Guzmán et al. (2011) determinan los factores que afectan el consumo de agua subterránea en los sectores urbano e industrial para el periodo 1980 al 2009 para el Estado de Guanajuato, México empleando la estimación de un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto por dos ecuaciones de demanda y dos identidades, utilizando el método M.C.O en forma estructural y reducida. En los resultados se encuentra que el consumo del recurso tanto en el sector urbano como industrial para el periodo de estudio está explicado inversamente de manera inelástica

por cambios en los precios. Los coeficientes obtenidos para estas elasticidades fueron -0,018 y -0,0869 respectivamente. De igual manera, esta relación inversa resulta para cambios en la tarifa de energía eléctrica. A diferencia de las variables anteriores, el nivel de ingreso y la temperatura tienen una relación directa con el consumo de agua del Estado. Finalmente, la investigación concluye que los hallazgos obtenidos deben ser considerados en la definición de políticas por parte de las entidades encargadas de suministrar el servicio de acueducto que promuevan uso eficiente del recurso y el cambio tecnológico.

Ahora bien, a nivel nacional Gutiérrez (2011) al identificar los factores que determinan la demanda de agua residencial en Colombia, evalúa la relación de cada uno de estos factores con dicha demanda por medio de un análisis descriptivo, con el fin de que sean tomados en cuenta para el diseño de infraestructura de acueducto y alcantarillado así como para la planeación de estrategias que se traduzcan en aprovechamiento adecuado de los recursos hídrico. Sus resultados indican que en Colombia la demanda residencial de agua se incrementa a medida que aumenta la temperatura y el estrato socioeconómico; y disminuye ante incrementos en el costo del servicio. Por último, el autor concluye que la carencia de herramientas que involucren de forma integral los factores técnicos, sociales, económicos, institucionales, políticos, ambientales y culturales para la definición de la demanda de agua, han determinado que la planificación, diseño y construcción de sistemas de abastecimientos conlleve a consecuencias negativas en términos económicos, ambientales, sociales y operativos. (Gutiérrez 2011).

Para el caso de los estudios aplicados a nivel regional en Colombia, generalmente se discriminan los resultados por estratos socioeconómicos. Los resultados muestran la evidencia de una elasticidad precio negativa, y adicionalmente, también se encuentra que mayor estrato y por tanto mayor ingreso, la elasticidad de la demanda es mayor.

Por ejemplo, Junca (2000) estima el rango de consumo básico de agua subsidiable del sector residencial para en cada uno de los estratos en las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali. El autor afirma que el consumo de agua potable depende fundamentalmente del precio, número de usuarios, nivel de ingresos, hábitos de aseo e higiene en el hogar y las campañas de ahorro de agua. La metodología empleada fue la estimación logarítmica por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), utilizando como variables explicativas el consumo básico, precio promedio por usuario

⁹El método de variables instrumentales IV permite una estimación consistente cuando existe simultaneidad entre las variables explicativas.

para cada estrato (base 1998) y el consumo rezagado a un periodo. En los resultados obtenidos todas las variables independientes son significativas estadísticamente, además se observa principalmente que para las tres ciudades las elasticidades precio – demanda presentan signo negativo. Específicamente en la ciudad de Bogotá, el valor absoluto de la elasticidad se incrementa a medida que el nivel de ingreso familiar es mayor. Por su parte, en las ciudades Cali y Medellín los estratos más afectados por incremento en los precios son el 2,3 ,4 y 5.

Por otro lado, el estudio realizado por Vivas (2001) identifica y estima los determinantes que afectan el consumo de agua en la red de ciudades del sistema urbano de Colombia. Propone un modelo que corresponde a la versión agregada en el espacio renta-consumo de una función Stone-Geary¹⁰ y una variable en forma de Gorma. Se utiliza una muestra de 190 ciudades de Colombia, con información transversal para el año 2000 que tiene en cuenta la jerarquización funcional de las ciudades de mayor relevancia¹¹, así como la exploración de algunas variables sociodemográficas que pueden incidir en el uso del recurso. Los resultados hallados muestran una fuerte relación entre el consumo municipal de agua y la escala de ingresos urbanos evidenciando que los asentamientos urbanos de mayor tamaño tienen elasticidades medias renta-consumo físico de 0,5645 que indican un aumento de 0,56 % en el consumo de agua (en miles m³) cuando el ingreso agregado municipal aumenta en un 1 %. El estudio concluye que la reducción en la posibilidad del recurso se encuentra afectada por la concentración y crecimiento de la demanda en zonas con restricción de oferta hídrica y por la irregularidad hídrica que generan los cambios climáticos y las condiciones geo-morfológicas específicas.

López, Castaño & Vélez (1992) explican la tendencia decreciente del consumo de agua por usuario durante el periodo 1985-1991 tanto a nivel agregado como para cada uno de los seis estratos socioeconómicos en que se clasifican los usuarios de las Empresas Públicas de Medellín con el fin de establecer tarifas óptimas. Basados en la teoría del equilibrio parcial y la teoría de la demanda, estiman un modelo dinámico de demanda¹² (agregado y por estrato), el cual incluye las variables consumo por usuario, precio marginal, ingreso medio, ciclo de medición y una medida aproximada de la reducción en el valor del consumo por usuario debido una campaña publicitaria realizada durante el periodo de estudio. Los

principales resultados de la estimación desde el punto de vista de los precios

muestran que tanto para el modelo agregado y por estrato la elasticidad – precio demanda es negativa y menor que cero, lo cual quiere decir que el servicio de acueducto de Medellín se caracteriza por tener una demanda inelástica. También se observa mayor sensibilidad a los precios en los estratos más bajos. Por otro lado, desde el punto del ingreso, para estratos 1,2 y 3 el agua se comporta como un bien inferior debido a que su consumo disminuye a medida que aumentan los ingresos; por el contrario, en los estratos 4, 5 y 6 el agua es un bien complementario de ciertos bienes de lujos.¹³ Estos resultados concuerdan con la mayoría de estudios que aquí se han abordado.

Castillo (2010) estima la demanda de agua potable de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado del Distrito de Santa Marta Metroagua S.A. E.S.P. tomando como referencia la teoría del consumidor y en los principios de elasticidad precio de la demanda y elasticidad ingreso. Se empleó un modelo de efectos fijos mediante la estimación por Mínimos Cuadrados Generalizados con datos de panel correspondiente a las variables consumo promedio en m³, ingreso medido por el PIB y tarifas para el periodo 1998-2006, éstas cruzadas con los estratos socioeconómicos de la ciudad de Santa Marta. En los principales resultados se observa un comportamiento homogéneo a los encontrados por López, Castaño & Vélez (1992) y Vivas (2001) donde la demanda residencial de agua posee la característica de tener una relación inversa con las tarifas de cobro; las elasticidades presentadas son de 0,25 % para cargo fijo, 0,36 % para consumo básico y 0,25 % para consumo complementario. No obstante, con respecto al ingreso la demanda se comporta de forma no esperada, ya que ante un incremento del ingreso los usuarios disminuyen su cantidad consumida.

Por último, Gil (2011) analiza la correlación entre el consumo de agua por cuenta-contrato para cada uno de los estratos y el componente de cargo básico de la tarifa para la ciudad de Bogotá por medio de la estimación de las elasticidades de consumo con respecto al rezago de un periodo de la tarifa utilizando un modelo regresión logarítmico múltiple. Los resultados obtenidos concuerdan la ley de la demanda, además se encuentra que los hogares con menores ingresos son más sensibles a los cambios en las tarifas que los hogares con situación contraria donde se concluye también que la elasticidad es cero a medida que el estrato aumenta, particularmente en los estratos altos.

¹⁰La función de Stone-Geary se utiliza a menudo para modelar problemas relacionados con los niveles de subsistencia de consumo. En estos casos, un cierto nivel mínimo de algo bueno tiene que ser consumido con independencia de su precio o el ingreso del consumidor.

¹¹La muestra de municipios considerados se agrupan en cuatro categorías: 1. Capital nacional, capitales departamentales y epicentros regionales, 2. Centros subregionales mayores, 3. Centros subregionales intermedios, 4. Ciudades pequeñas; localizados a largo de la Cuenca de los ríos Magdalena y Cauca.

¹²El modelo empleado pertenece a la clase de modelos de ecuaciones estocásticas estacionales en diferencias.

¹³ A bienes de lujos los autores se refieren a riego de jardines, aseo de automóvil, baño con agua caliente, piscina, jacuzzi, entre otros.

Modelo dinámico autorregresivo agrupado con datos panel

Siguiendo los lineamientos de los estudios mencionados anteriormente, el presente trabajo partirá del enfoque la teoría económica de la demanda para llevar a cabo el análisis de la variación de la demanda residencial de agua en la ciudad de Cúcuta.

$$\text{Consumo}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Precio}_{t-1} + \beta_2 \text{Ingreso} + \beta_3 \text{Escolaridad}_3 + \beta_4 \text{Personas} + \beta_5 \text{Temperatura} + \beta_6 \text{OlaInvernal} + \beta_7 \text{derramedecrudo} + \beta_8 \text{presion} + \beta_9 \text{Continuidad} + \beta_{10} \text{vehiculo}_i + \beta_{11} \text{airecondicionado} + \lambda \text{Consumo}_{t-1} + V$$

3. METODOLOGÍA:

La presente investigación es de tipo cuantitativa. Se hizo en primer lugar, una revisión de la literatura relacionada con el tema a nivel internacional, nacional y regional con el fin de conocer y entender el objeto de estudio desde diferentes perspectivas y escenarios geográficos. Como resultado de ello se toma como referencia la teoría estándar del consumidor y su respectiva aplicación a los servicios públicos domiciliarios, particularmente el de agua potable. En segundo lugar, se procedió a la recolección de información de fuente secundaria, y en tercer y último lugar se realizó, un análisis estadístico descriptivo e inferencial de la información.

El análisis inferencial se basó en la aplicación de un modelo dinámico autorregresivo de ajuste parcial estimado por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios en Dos Etapas (MCO2)¹⁴ en el programa estadístico Eviews. Se estimaron tanto regresiones para los estratos 1,2,3 y 4 con datos de series temporales, como una regresión agrupada con datos de panel. Para obtener el modelo mejor ajustado se realizaron los respectivos contrastes de violación de los supuestos clásicos de regresión lineal¹⁵. Se especificaron los siguientes modelos.

Modelo dinámico autorregresivo para cada estrato:

$$\text{Consumo}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Precio}_{t-1} + \beta_2 \text{Ingreso}_i + \beta_3 \text{Escolaridad}_3 + \beta_4 \text{Personas}_i + \beta_5 \text{Temperatura} + \beta_6 \text{OlaInvernal} + \beta_7 \text{derramedecrudo} + \beta_8 \text{presion} + \beta_9 \text{Continuidad} + \beta_{10} \text{vehiculo}_i + \beta_{11} \text{airecondicionado}_i + \lambda \text{Consumo}_{t-1} + V$$

Donde i = Estrato 1,2,3,4.

3.1. Variable dependiente

Consumo promedio por usuario mensual de agua en m³ para los estratos de la ciudad de Cúcuta durante el periodo 2010-2012.

○ Variables independientes

- Precio marginal real mensual en pesos constantes del 2008 rezagado un periodo. De acuerdo con Gil (2011) y García (2002), la razón radica en que los consumidores toman su decisión en el momento t, pero tienen solamente la información de t-1 y no incluyen de manera sistemática una regla de formación de expectativas para su consumo de inmediato o mediano y largo plazo. Por tanto, se espera que las reacciones del consumidor se den al cabo de un periodo.
- Ingreso real promedio mensual en pesos constantes del 2008 por usuario en los estratos de la ciudad de Cúcuta del periodo 2010-2012. Para este valor se tomaron los ingresos laborales mensuales de los ocupados. Posteriormente, al promedio de los ingresos mensuales se le dedujo el valor correspondiente al cargo fijo y luego se le agregó la transferencia de ingreso.
- Promedio de personas por hogar por estrato socioeconómico de la ciudad de Cúcuta.
- Promedio de años de escolaridad del jefe del hogar por estrato socioeconómico de la ciudad de Cúcuta. Se espera que la escolaridad del jefe del hogar influya en mejores hábitos de consumo del hogar.
- Porcentaje promedio de hogares con aire acondicionado por estrato socioeconómico de la ciudad de Cúcuta. La inclusión de esta variable se justifica por que se espera que la tenencia de estos aparatos eléctricos condicione el ambiente (temperatura) de los hogares.

¹⁴El método MCO2 se utiliza para instrumentalizar variables. Este método consiste en calcular en una primera etapa, las regresiones por mínimos cuadrados ordinarios de cada uno de los regresores de la ecuación inicial frente a todos los instrumentos seleccionados y, en una segunda etapa, efectúa la estimación por mínimos cuadrados ordinarios de la variable endógena original utilizando como variables explicativas los valores estimados de cada una de las regresiones de la primera etapa.

¹⁵ Los modelos debían satisfacer los supuestos clásicos de E(u_i)=0, Var (u_i) = σ² (supuesto de homocedasticidad) y cov(u_i, u_s) = 0 para s ≠ i (supuesto de no autocorrelación).

- Porcentaje promedio de hogares con vehículo por estrato socioeconómico de la ciudad de Cúcuta. La incidencia de poseer vehículos en el consumo de los hogares radica en el posible sobre-gasto de agua para lavar estos automotores por los mismos usuarios.
- Efecto de Ola invernal del periodo noviembre 2010 a julio 2011: Variable cualitativa nominal.
- Efecto Derrame de crudo Diciembre 2011: Variable cualitativa nominal.
- Temperatura promedio del ambiente mensual de la ciudad de Cúcuta en C°.
- Presión promedio mensual del servicio en la ciudad de Cúcuta dado en MCA. (Metro de Columna de agua).
- Continuidad promedio mensual del servicio de la ciudad de Cúcuta
- Consumo promedio por usuario mensual rezagado un periodo. (m³/ usuarios).

3.3 Análisis Dinámico

El modelo de ajuste parcial permite estimar las elasticidades de corto (inmediato) y largo plazo. Los principales indicadores de los impactos que se reflejaran en el consumo ante variaciones en el precio o el ingreso son:

1. El multiplicador total: Indica el valor del cambio en el largo plazo y viene expresado como $(\beta_1 / 1 - \lambda)$ para el precio y $(\beta_2 / 1 - \lambda)$ para el ingreso.
2. El multiplicador de impacto: Indica el impacto inmediato en el valor del consumo cuando cambian el precio o el ingreso y viene expresado como β_1 y β_2
3. Media de rezagos: $(\lambda / 1 - \lambda)$ Es la medida de velocidad en la cual el consumo responde al precio o el ingreso.
4. Mediana de rezagos: $(-\log 2 / \log \lambda)$ Indica el tiempo requerido para la primera mitad o 50% del cambio total ocurrido en el consumo como consecuencia de un cambio unitario sostenido en el precio o ingreso.

3.4. Datos

La información correspondiente al consumo de agua, tarifas cobradas por estrato y rango de consumo, presión y

continuidad del servicio fue proporcionada por la Empresa de acueducto y alcantarillado de la ciudad Aguas Kpital Cúcuta S.A. E.S.P.

Por otro lado, la información correspondiente a los ingresos de los hogares, persona promedio por hogar, promedio de escolaridad del jefe, porcentaje de vehículos y aire acondicionado, fue tomada de los micros datos anonimizados de la Gran Encuesta Integrada de Hogares del DANE. La información se utilizó mensual durante el periodo 2010-2012 y para cada una de las variables se calculó el promedio de los hogares encuestados en la ciudad de Cúcuta que contaban con servicio de acueducto.

Por último, el informe mensual de la temperatura promedio se tomó de la página <http://clima.tiempo.com/clima-en-cucuta+camilo+daza-800970-2006-Junio.html>

Se excluyeron los estratos 5 y 6 debido a que no se encontró información en la GEIH. Sin embargo, estos dos estratos solo representan el 6% y 1% de la cantidad de usuarios residenciales de la ciudad de Cúcuta y el 3% y 0,88% respectivamente del consumo total residencial.

3. Análisis De Resultados De Las Estimaciones Econométricas

Para obtener resultados válidos en las estimaciones, se realizaron los respectivos contrastes y pruebas estadísticas que garanticen el cumplimiento de los supuestos básicos de MCO en cada uno de los modelos estimados para así satisfacer la propiedad de ser MEI¹⁶; verificando así de esta forma que los parámetros estimados cumplieran las propiedades de eficiencia y consistencia, además de no afectar la calidad y precisión de las interpretaciones y análisis posteriores.

En los modelos autorregresivos generalmente la variable explicativa estocástica (dependiente rezagada) está relacionada con el termino error, por tanto se llevó a cabo el contraste de Breusch-Godfrey¹⁷ para detectar la existencia o no de correlación serial y además se observaron las gráficas de correlogramas.

¹⁶Mejores estimadores Insesgados (MEI): Situación óptima cuando son cumplidos los supuestos de un modelo de regresión clásico, se diferencia de la propiedad MELI (Mejores estimadores lineales Insesgados) en que en el MEI se agrega el supuesto de normalidad de los errores.

¹⁷El estadístico d de Durbin Watson no sirve para detectar correlación serial (de primer orden) en modelos autorregresivos por que el valor de d calculado en tales modelos por lo general tiende a 2, por tanto, si se calcula el d se forma un sesgo inherente que impide descubrir la correlación serial de primer orden. Sin embargo, Durbin propuso una prueba de muestras grandes para la correlación de primer orden en modelos autorregresivos, llamado estadístico h .

A su vez, la prueba de Breusch-Godfrey(BG), también conocida como la prueba del multiplicador de Lagrange, es estadísticamente más potente que la prueba del estadístico Durbin Watson h , no solo en muestras grandes, sino también en muestras finitas o pequeñas, y, por consiguiente, es preferible a la prueba h (Gujarati Quinta edición. Pág. 638). Por tal motivo, en la presente investigación se prefirió utilizar este contraste.

También se procedió a realizar el contraste de White para detectar heterocedasticidad y la correspondiente prueba de normalidad en los errores. Por último, se llevaron a cabo las pruebas de exogeneidad, debido al supuesto de que el precio (tarifa) pueda estar determinada por el rango consumo, sin embargo, en ninguna de las estimaciones se presentó el problema de simultaneidad entre las dos variables dado que las tarifas están determinadas exógenamente por la empresa prestadora del servicio.

Según la literatura encontrada, no existe un consenso de cómo estimar la función de demanda de agua, sin embargo, la función doble logarítmica permite hallar directamente las elasticidades precio e ingreso. Por tanto, a continuación, se presenta el respectivo análisis de dichas elasticidades obtenidas de las regresiones estimadas (ver anexo Tablas 4)

5.1. Análisis dinámico de elasticidades precio e ingreso.

Las elasticidades precio e ingreso encontrados en las estimaciones de los modelos se sintetizan en la tabla 1. El parámetro de la variable precio resultó significativo estadísticamente al 95% en todos los modelos estimados. Sin embargo, el correspondiente a la variable ingreso resultó significativo estadísticamente en el modelo agregado y en los estratos 2 y 3, pero en los estratos 1 y 4 presentó significancia al 55% y 63% respectivamente. Cabe aclarar que este mismo inconveniente se presentó en López (2000) en los mismos estratos (1 y 4).

las tarifas y se incrementa a medida que aumenta el ingreso.

Ahora bien, la elasticidad – precio es negativa en todos los modelos y su valor absoluto es menor que uno, lo cual significa que la demanda de agua residencial en los estratos 1, 2, 3 y 4 y a nivel agregada es inelástica al precio, pero no perfectamente inelástica; este resultado es acorde con los resultados de la literatura revisada. Sin embargo, al igual que López (2000), esa elasticidad va aumentando con el tiempo, seguramente porque los consumidores se van volviendo más sensibles al precio a medida que este sube. Además, los valores absolutos de las elasticidades se incrementan a medida que aumenta el estrato socioeconómico. Por tanto, de acuerdo con Junca (2000), los estratos más bajos ajustan sus niveles al mínimo esperado, es decir, están sobre su consumo básico y es de esperarse que las familias de escasos recursos no tengan mayor capacidad de reacción ante los incrementos de los precios de los servicios. A su vez, a medida que los niveles de ingresos aumentan, se incrementan también las posibilidades económicas de las familias para responder a los aumentos del precio.

Exactamente, ante el incremento de las tarifas correspondientes a estrato 1 en un 1%, el consumo de agua promedio por usuario mensual en este estrato disminuye 0.24% en el corto plazo y 0.38% en el largo plazo manteniendo los demás factores constantes (*Ceteris paribus*).

Tabla 1.

Elasticidades Precio e ingreso de corto

		Agregado	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4
Elasticidad Precio	CP	-0.13	-0.24	-0.31	-0.48	-0.31
	LP	-0.49	-0.38	-0.40	-0.41	-0.49
Elasticidad Ingreso	CP	0.16	0.03	0.12	0.17	0.03
	LP	0.63	0.05	0.15	0.16	0.06
Media de Rezagos		2.8	0.57	0.29	0.16	0.59
Mediana Rezagos		2.27	0.68	0.46	-	0.70

Estimaciones propias.

De acuerdo con la tabla 1, las elasticidades precio y elasticidades ingreso presentan el signo esperado tanto en los cuatro estratos socioeconómicos como a nivel agregado. Esto significa que el consumo de agua residencial en la ciudad disminuye a medida que se alzan

Para el estrato 2, un aumento en sus tarifas del 1% hace disminuir el consumo de agua un 0.31% inmediatamente, y 0.4% en el largo plazo *ceteris paribus*. Para el estrato 3 y 4 dicha disminución es de 0.48% y 0.31% respectivamente en corto plazo y 0.41% y 0.49% manteniendo los demás factores constantes. A nivel agregado, el consumo residencial de agua disminuye en el corto plazo 0.13% ante un incremento del 1% en el precio *ceteris paribus* y 0.49% en el largo plazo.

Por otro lado, la elasticidad- ingreso, al igual que López (2000) fluctúa menos en el tiempo y es se ajusta más lento en el largo plazo. A su vez, el comportamiento de las elasticidades por estratos no es estable, ya que las del estrato 1 y 4 son más bajas que las del estrato 2 y 3, aunque las del estrato 2 al 3 aumentan su tanto valor absoluto, es decir que en los estratos 1 y 4 la demanda de agua es más insensible ante variaciones en el ingreso.

Por último, en la tabla 1 se evidencia que, de acuerdo al resultado de la mediana, el 99% de los ajustes en el consumo ante variaciones del precio y el ingreso en cada uno de los estratos se dan aproximadamente en dos periodos, es decir dos meses. Sin embargo, a nivel agregado el consumo se ajusta entre tres y cuatro meses. Además, el ajuste más lento se presenta en el estrato 3. En síntesis, la demanda residencial de agua es inelástica a las variaciones del precio y el ingreso, pero teniendo mayor efecto las variaciones del precio que la variación en el ingreso. Estos resultados son los esperados para un tipo de bien necesario como lo es agua potable, donde la demanda de consumidores no es sensible ante posibles alteraciones en el precio e ingreso ya que el cambio en el consumo es menos proporcional al cambio de estos dos factores debido a que en cualquier condición, siempre existirá un consumo necesario para poder satisfacer las necesidades básicas.

5.2. Análisis de los efectos externos.

Respecto al efecto de la temperatura en el consumo de agua residencial, la tabla 2 muestra los parámetros estimados de las regresiones anteriores; en ella se evidencia que a medida que aumenta la temperatura del ambiente, el consumo de agua se incrementa, ya que los signos resultaron positivos en los estratos analizados y a nivel agrupado, adicionalmente en todas las regresiones la variable temperatura resultó estadísticamente significativa al 95%. En la tabla 2 también se aprecia que a medida que aumenta el estrato, el efecto de la temperatura es menor.

Esto se debe a que por ejemplo en el estrato 3 y 4, según los modelos estimados (Ecuación 3 y 4 de los anexos), los aparatos eléctricos como aire acondicionado ejercen influencia en el consumo de agua debido a la estabilización del clima en los hogares.

Tabla 2.

Efecto directo del aumento de un C° de la temperatura en el consumo promedio mensual por usuario.

Agregado	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4
0.1959m ³	0.2321 m ³	0.2238 m ³	0.1983 m ³	0.1859 m ³
195litros	232litros	234Litros	198litros	185.9litros

Estimaciones propias.

A nivel agregado, ante un aumento de un grado centígrado de temperatura al mes, el consumo promedio por usuario se incrementa aproximadamente 0.195 m³ de agua, *ceteris paribus*. Ahora bien, en el estrato 1, este incremento es de 0.232 m³, y a medida que aumenta el estrato, la cantidad consumida ante un aumento de un grado centígrado es menor.¹⁸ (Ver tabla 2).

Los resultados anteriores indican que el consumo residencial de agua en la ciudad de Cúcuta está fuertemente influenciado por las condiciones climatológicas (medidas por la temperatura) que se presenten; en consecuencia, se puede inferir que la demanda de agua potable por parte de los hogares, fluctúa de acuerdo a los cambios en el estado del tiempo meteorológico.

En cuanto a la incidencia de los eventos de temporada de lluvias y ola invernal, las estimaciones mostraron que, en cada uno de los estratos, estas dos variables afectaron negativamente al consumo (Ver tabla 3). Respecto a la ola invernal, aproximadamente el consumo de agua residencial de la ciudad de Cúcuta presentó un consumo menor al 3% en comparación con tiempos en condiciones normales, manteniendo los demás factores constantes. Los estratos más afectados fueron el 3 y 4, presentado una diferencia de consumo del 20% y 5% respectivamente. Por otro lado, el derrame de crudo tuvo una incidencia menor en el consumo de agua debido a que la emergencia duró menos tiempo. La diferencia de consumo aproximada, a nivel agregado, fue de 2% menor que el consumo presentado en condiciones normales. Igualmente, para el estrato 3y 4 el efecto fue mayor (11% y 15%).

Tabla 3.

¹⁸Para llegar a estos resultados, se procedió a estimar la función de demanda en forma lineal.

Parámetros de las variables cualitativas ola invernol y derrame de crudo.

	Agregado	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4
Ola invernol	-0.0200	-	-0.0390*	-0.2110	-0.0537
Derrame de crudo	-0.0259*	-0.0305*	-0.0365*	-0.1181	-0.1583

Estimaciones propias.

Parámetro significativo entre 99% y 95% de confianza

* Significante entre el 90% y 70% de confianza

**Insignificante

5.3. Análisis de las condiciones socioeconómicas y demográficas de los hogares

Los resultados de las estimaciones respecto a las condiciones socioeconómicas y demográficas de los hogares, donde se tenían en cuenta los años de escolaridad del jefe del hogar, la cantidad de personas en la vivienda, si la vivienda contaba con vehículo y aire acondicionado indicaron en primer lugar, que en los estratos bajos (1 y 2) las variables vehículo y aire acondicionado no influyen en el consumo de agua potable, ya que generalmente los hogares de escasos recursos no cuentan con este tipo de bienes. Por otro lado, la variable escolaridad presentaba problemas de multicolinealidad con la variable ingreso, por tanto, luego de realizar diferentes estimaciones, estas tres variables no se incluyeron en las funciones finales de demanda de estos dos estratos debido a su irrelevancia. La variable cantidad de personas mostró signo negativo (contrario a lo esperado) en el estrato1 y signo positivo en el 2, siendo insignificante el parámetro en este último estrato. (Ver ecuación 1 y 2 de los anexos).

En segundo lugar, en el estrato 3 la escolaridad del jefe del hogar sí incide negativamente en el consumo de agua, al igual que la tenencia de aire acondicionado en la vivienda. Adicionalmente, al igual que en los estratos 1 y 2, la cantidad de personas en la vivienda también resultó irrelevante y con signo contrario al esperado, es decir, negativa. Asimismo, en el estrato 4 los resultados fueron similares a los del estrato 3; la única variable que se comportó con el signo esperado fue la de aire acondicionado, mostrando así que la tenencia de este tipo de bien en el hogar conlleva a disminuir el consumo de agua, esto se explica por los resultados del apartado anterior, donde evidencia la incidencia de las condiciones del clima medido por la temperatura en el consumo de agua.

En tercer y último lugar, el modelo agrupado evidenció que las condiciones socioeconómicas y demográficas del hogar

no ejercen una influencia importante en el consumo de agua potable en la ciudad.

Los resultados expuestos anteriormente permiten concluir que el consumo de agua potable en la ciudad de Cúcuta está determinado principalmente por el precio, el ingreso y la temperatura, siendo esta última la que mayor efecto tiene en el consumo de dicho bien debido a la insensibilidad de la demanda ante los cambios en el precio e ingreso. Sin embargo, el precio genere un mayor efecto que el ingreso.

Cabe aclarar, que el intento de incluir las variables presión y continuidad del servicio se vio limitado por su relación con los eventos externos de ola invernol y derrame de crudo, ya que estas dos variables de oferta indicaban las condiciones del servicio, las cuales obviamente se vieron afectadas por estos dos eventos, limitando así la prestación normal del servicio de acueducto e incidiendo en el consumo.¹⁹

4. CONCLUSIONES:

La teoría estándar del consumidor postula que la demanda de un bien está directamente relacionada con el ingreso del consumidor e inversamente con el precio dicho bien. Tomando como referencia a esta premisa, los resultados hallados en la presente investigación validan la hipótesis planteada inicialmente, donde para el caso del agua potable, la demanda en la ciudad de Cúcuta se incrementa a medida que aumenta el ingreso, y disminuye ante aumentos en el precio en los estratos socioeconómicos 1,2, 3 y 4 y a nivel agregado. Sin embargo, dado que el agua potable es un bien de primera necesidad, las variaciones de la demanda ante variaciones en los precios o ingresos son proporcionalmente menores.

En cuanto a la elasticidad precio, los valores absolutos son mayores conforme aumenta el estrato y a medida que avanza el tiempo (Largo plazo). La elasticidad- ingreso, al igual que López (2000) fluctúa menos en el tiempo y es ligeramente mayor en el largo plazo. A su vez, su comportamiento por estratos no es estable. Adicionalmente, los ajustes en el consumo ante variaciones del precio y el ingreso en cada uno de los estratos se dan aproximadamente en dos periodos, es decir en 2 meses. Sin embargo, a nivel agregado el ajuste se da entre tres y cuatro meses después.

Lo anterior permite inferir que, en el primer intento de estimación de demanda de agua en la ciudad de Cúcuta,

¹⁹ Solo en la regresión del estrato 3 se pudo incluir la variable presión. Los resultados mostraron relevancia y signo negativo en el parámetro. Sin embargo, no se considera oportuno extraer conclusiones sobre el comportamiento de esta variable.

ésta resultó siendo inelástica (pero no perfectamente) tanto al precio como al ingreso, siendo menos insensible ante las variaciones del ingreso y en los hogares con ingresos bajos con respecto al precio. Estos hallazgos concuerdan con los resultados encontrados en la literatura revisada previamente y de acuerdo con esto, el precio puede ser el instrumento de demanda más eficaz para resolver la problemática del agua. Sin embargo, si se desea disminuir el consumo, las alzas de las tarifas deben ser considerables.

De igual manera, en la ciudad se valida la hipótesis de que la temperatura del ambiente tiene una relación positiva con la demanda de agua, ya que los resultados encontrados evidencian que, ante un aumento de un grado centígrado, el consumo de agua potable en promedio por usuario aumenta 232 litros mensualmente en el estrato 1, 234 litros en el estrato 2, 198 litros en el estrato 3 y 185 litros en el estrato 4, *ceteris paribus*.

Por otro lado, en cuanto a la incidencia de los eventos de temporada de lluvias y ola invernal, las estimaciones mostraron que, en cada uno de los estratos, existió una influencia negativamente en el consumo. A su vez, los resultados mostraron que las condiciones socioeconómicas de los hogares no ejercen una mayor relevancia en el consumo de agua.

En consecuencia, se concluye que, en condiciones normales de prestación del servicio de acueducto, a la hora de realizar proyecciones de demanda se deben tener en cuenta las variaciones de las tarifas, ingresos de los hogares y las variaciones del clima, claro está que sin dejar a un lado las condiciones de la oferta hídrica natural que es finalmente el principal insumo para que pueda existir dicha demanda.

5. REFERENCIAS:

Arbúset al. (2003). Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. *Journal of Socio-Economics* 32 (2003) 81–102. North- Holland.

Campos, Inés & Caridad y Ocerin, José. (s.f.). La demanda de agua en zonas urbanas: Métodos alternativos de predicción a corto plazo.

Castillo, Mario (2010). Estimación de la demanda de agua potable de la empresa de acueducto y alcantarillado del distrito turístico cultural e histórico de Santa Marta: metro agua S.A. E.S.P. durante el periodo comprendido entre 1998 – 2006. Universidad nacional de Colombia.

Castro, Raúl & Mokate, Karen (2003). Evaluación económica y social de proyectos de inversión. Cap. 2 *Fundamentos de teoría económica*. (pp. 7-71). 2da. Edición. Ediciones Unidades: Alfaomega Colombia S.A. 2003. Bogotá.

Cuervo, Luis (1997). El agua potable como bien mayor. *Revista Regulación*. Bogotá.

García, Alberto & Mora, Saturnino. (2008) Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera.

García, María. (2002). La demanda de agua en las ciudades: Estimación comparada para tres municipios españoles. Universidad de Oviedo.

Espasa, Antoni (1978). Estimación y selección de modelos econométricos dinámicos. Banco de España. Servicio de estudios económicos N.11. España.

Gil, Edwin (2011). Demanda de agua en hogares urbanos y cambios tarifarios en Bogotá. Universidad de la Salle.

Gujarati, Damodar; Porter Dawn (2010). *Econometría*. Quinta Edición. McGraw-Hill. México.

Gutiérrez, Gelber. (2011). Análisis de los factores determinantes de demanda de agua residencial en Colombia. Universidad Central de Bogotá.

Guzmán et al. (2011). Determinantes del consumo de agua por los sectores urbanos e industrial en Guanajuato, México. *Redalyc Análisis Económico*. Núm. 63, vol XXV.

Hirshleifer, Jack (1988). *Microeconomía: Teoría y aplicaciones*. Tercera edición. Prentice-Hall Hispanoamericana. México.

Jaramillo-Mosqueira, Luis (2003) Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México (2003) Instituto nacional de Ecología Periférico sur 5000. Documentos de Trabajo (INE-DGIPEA/01/03). México DF.

Junca, Juan. (2000). Determinación del consumo básico de agua potable subsidiable en Colombia. *Archivos de Macroeconomía*. Dirección de estudios económicos. Departamento nacional de Planeación. Bogotá.

López Alberto (...). Consideraciones sobre el sector de agua potable y saneamiento básico en Colombia. Departamento Nacional de Planeación.

López Gustavo, Castaño Elkin, Carlos Velez. (1992). La demanda residencial del servicio de acueducto en Medellín 1985-1991. *Lecturas de Economía*. Medellín.

Medina, Carlos & Morales Fabio (2007). Demanda por Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia y

Subsidios: Implicaciones sobre el Bienestar (2007).
Borradores de Economía N. 467. Bogotá.

Mora, Jhon (2002) Introducción a la teoría del consumidor: De la preferencia a la estimación. Primera Edición. Universidad ICESI. Cali.

Martínez-Espiñeira, Roberto (2006). An estimation of residential water demand using co-integration and error correction techniques. *Journal of Applied Economics*. Vol X, No. 1 (May 2007), 161-184.

Ramírez, S. J. (2014). Estructura Económica y Crecimiento en Norte de Santander, 2000-2012: una esquiwa transformación productiva. *FACE: Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 13(1), 115-136.

Rosales, Ramón; Perdomo, Jorge; Morales, Carlos & Urrego, Jaime. (2013) Fundamentos de Econometría intermedia: teoría y aplicaciones

Sáenz, Francisco y Gonzáles, Francisco. (s.f.) Factores determinantes del consumo de agua para usos residenciales en Andalucía. Universidad de Granada.

Varian, Hall (2006). *Microeconomía Intermedia: Un enfoque actual*. Séptima Edición. Antoni Bosch Editor. México.

Velázquez, Juan (2009). Estimación de la demanda de agua urbana residencial: factores que la afectan, conservación del recurso y planteamiento metodológico desde el ordenamiento territorial y las medidas de conservación. Universidad nacional.

Vivas, Harvy (2001). Consumo residencial de agua en el sistema de ciudades de Colombia. Universidad del Valle.

ANEXOS

Tabla 4.

Resultados Regresiones

Regresión estrato 1	$\text{Logconsumo1} = 2.202021437 - 0.2482301264*\text{logprecio1} + 0.03314196831*\text{logingreso1} - 0.7293405336*\text{logpersonas1} + 0.4828160699*\text{logtemperatura} - 0.02188438408*\text{olainvernal} + 0.3640081783*\text{logconsumo1}(-1) + [\text{ar}(1)=-0.4940102797] \quad (1)$
Regresión estrato 2	$\text{Logconsumo2} = 1.054366405 - 0.3114374725*\text{logprecio2} + 0.1289987572*\text{logingreso2} + 0.07022404319*\text{logpersonas2} + 0.383024495*\text{logtemperatura} - 0.07064945915*\text{olainvernal} - 0.04538294815*\text{derramecrudo} + 0.2276768747*\text{logconsumo2}(-1) + [\text{ar}(1)=-0.1630275641] \quad (2)$
Regresión estrato 3	$\text{Logconsumo3} = 5.878105679 - 0.4859438711*\text{logprecio3} + 0.1731745563*\text{logingreso3} - 0.01615748434*\text{personas3} - 0.03399911718*\text{escolaridad3} + 0.3307481802*\text{logtemperatura} - 0.632169624*\text{logpresion} - 0.1304714935*\text{olainvernal} - 0.2377796215*\text{derramecrudo} - 0.6478603067*\text{airecond3} - 0.1876888567*\text{logconsumo3}(-1) + [\text{ar}(1)=-0.7939461033] \quad (3)$
Regresión estrato 4	$\text{Logconsumo4} = 2.359253791 - 0.3116528221*\text{logprecio4} + 0.03834303806*\text{logingreso4} + 0.05704853074*\text{escolaridad4} - 0.06150630995*\text{personas4} + 0.2667723463*\text{logtemperatura} - 0.0552949026*\text{olainvernal} - 0.1721366867*\text{derramecrudo} - 0.5760915107*\text{airecond4} + 0.370498421*\text{logconsumo4}(-1) + [\text{ar}(1)=-0.3536314316] \quad (4)$
Regresión agregada	$\text{Logconsumo} = -1.64327848 - 0.131559001*\text{logprecio} + 0.1669865511*\text{logingreso} - 0.1050733541*\text{logpersonas} + 0.3259381713*\text{logtemperatura} - 0.01256863558*\text{olainvernal} - 0.01728444409*\text{derramecrudo} + 0.7368746828*\text{logconsumo}(-1) + [\text{ar}(1)=-0.2348252986] \quad (5)$