

**ESTIMACIÓN DE LA ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA:  
UN EJERCICIO PARA EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL  
EN BOGOTÁ**

CAMILO ALFONSO TROUT LASTRA  
DANIEL VILLEGAS RESTREPO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA  
Bogotá D.C, febrero de 2013.

**ESTIMACIÓN DE LA ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA:  
UN EJERCICIO PARA EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL  
EN BOGOTÁ**

Trabajo de grado presentado por:  
CAMILO ALFONSO TROUT LASTRA  
DANIEL VILLEGAS RESTREPO

En cumplimiento parcial de los requisitos  
Para optar el grado de Magíster en Economía

Bajo la dirección de:  
Flavio Jácome Liévano

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN ECONOMÍA  
Bogotá D.C, febrero de 2013.

**ESTIMACIÓN DE LA ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA:  
UN EJERCICIO PARA EL CONSUMO  
DE AGUA RESIDENCIAL  
EN BOGOTÁ**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	9
<b>1. DEMANDA DE AGUA RESIDENCIAL URBANA: Características de las Empresas de Infraestructura Sanitaria, Agua Potable y Alcantarillado. ....</b>	<b>12</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Presentación del VAR.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Datos.....</b>	<b>27</b>
<b>4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>28</b>
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	29
CUADROS .....	32
FIGURAS .....	36

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Alternativas teóricas para el estudio de la demanda de agua residencial. ....	32
Cuadro 2. Criterios para la longitud del rezago. ....	33
Cuadro 3. Modelo VAR estimado.....	35

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de precios crecientes por bloques.....	14
Figura 2. PIB Manufacturero; variación corrida del año. Periodo: 2001 – 2011.....	36
Figura 3. Demanda de energía eléctrica no regulada en la industria; variación corrida del año. Enero 2002 – diciembre 2011. ....	37
Figura 4. Demanda de energía no regulada en la industria e Índice de la producción real; variación mes. Enero 2004 – diciembre 2011.....	38
Figura 5. Test de Impulso Respuesta. ....	39
Figura 6. Descomposición de varianza. ....	40
Figura 7. Causalidad de Granger.....	40

# **ESTIMACIÓN DE LA ELASTICIDAD PRECIO DE LA DEMANDA: UN EJERCICIO PARA EL CONSUMO DE AGUA RESIDENCIAL EN BOGOTÁ\***

Trabajo de grado presentado por\*\*  
CAMILO ALFONSO TROUT LASTRA  
DANIEL VILLEGAS RESTREPO

## **Resumen**

Este documento tiene como objetivo analizar la estimación de la elasticidad de corto y largo plazo de la demanda residencial de agua para la ciudad de Bogotá (Colombia) en el periodo 2004M1:2011M12. El análisis es basado con el método de variables rezagadas sobre si misma, VAR (Vector Auto-Regresivo) y un test de impulso respuesta para identificar choques entre variables a medida que se extienden los horizontes de pronóstico. El propósito de este trabajo es comprobar la inelasticidad de la demanda de agua residencial y ver cómo cambian los hábitos de consumo ante choques de las variables explicativas.

**Palabras Clave:** VAR (Vector Auto-Regresivo), elasticidad precio de la demanda, variables socioeconómicas.

---

\* Trabajo presentado para optar el título de Magister en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana.

\*\* Agradecemos la Dirección del Profesor Flavio Jácome Liévano.

**PRICE ELASTICITY DEMAND ESTIMATION:  
AN EXERCISE FOR HOUSEHOLD WATER CONSUMPTION  
IN BOGOTA<sup>♦</sup>**

Thesis presented by<sup>♦♦</sup>  
CAMILO ALFONSO TROUT LASTRA  
DANIEL VILLEGAS RESTREPO

**Abstract**

This paper aims to analyze the elasticity in a short and long-term water demand for the city's residential area from 2004M1:2011M12. This analysis is based on the VAR (Vector Autoregressive) method and a test to identify changes between variables throughout the forecast horizon. The purpose of this work is to prove the inelasticity of demand for residential water consumption and observe the changes in the consumer habits according to the variations the explanatory variables.

**Keywords:** VAR (Vector Autoregressive), price elasticity demand, socioeconomic variables.

---

<sup>♦</sup> This paper is presented as a thesis to obtain a master's degree in economics from the Pontificia Universidad Javeriana.

<sup>♦♦</sup> We are thankful for the support of the Professor Flavio Jácome Liévano.

## INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como objetivo analizar la estimación de la elasticidad precio de corto y largo plazo de la demanda residencial de agua para la ciudad de Bogotá (Colombia). El análisis es basado en un modelo de variables rezagadas sobre si misma, VAR (Vectores Auto-Regresivos)<sup>1</sup>, desarrollando un test de impulso respuesta, en donde, se identifica por ejemplo, un choque de precios hace fluctuar al consumo de agua residencial a medida que se extienden los horizontes de pronóstico. Los datos entre 2004M1:2011M12 incluidos en el modelo que usaremos para determinar los factores explicativos del consumo del agua potable en los hogares de Bogotá son el precio del agua (tarifas), el ingreso disponible de los hogares, el precio de los bienes relacionados, factores socioeconómicos que describen el crecimiento de la construcción de vivienda en la ciudad y la climatología.

Uno de los grandes factores que puede llegar a afectar la demanda de agua potable podría ser su precio, aunque esto debe analizarse con cuidado ya que la estructura tarifaria en Colombia se comporta de la siguiente manera: los estratos más bajos (1, 2 y 3) reciben subsidios de los dos más altos (5 y 6), y el estrato 4 simplemente no aporta ni recibe subsidio, lo que deben ser considerado en la planeación y administración de las empresas de acueducto.

El propósito de este trabajo es ver cómo cambian los hábitos de consumo de la demanda de agua residencial de acuerdo a los movimientos de las variables explicativas. Por ejemplo, si existen diferencias significativas en la demanda debido a cambios en las tarifas y el ingreso. En la Resolución 287 de 2.004 de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA, la formula tarifaria del Artículo 30, requiere estimar el valor presente de la demanda. En donde, la proyección se basa en la estimación de crecimiento de los usuarios por sector, la cual debe concordar con los

---

<sup>1</sup> Mas adelante en el apartado 2. Marco Teórico, se explicará el modelo VAR.

aumentos en cobertura y capacidad del sistema, según la planeación de inversión y la evolución en los consumos medios de cada servicio.

Esta investigación estima elasticidades precio de la demanda por medio del historial de consumo en el periodo 2004M1:2011M12. A diferencia de estudios en el exterior, donde existe un sistema eficiente y completo de acueducto, en Colombia se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: 1.) que la empresa de acueducto sea sostenible financieramente, 2.) que tenga cobertura universal y 3.) que la población haga buen uso del recurso hídrico. Esta estimación podría llegar a servir a la CRA para revisar otras metodologías que quizá le permitan realizar cambios tarifarios.

La teoría de la elasticidad precio de la demanda, es la variación porcentual que experimenta la cantidad demandada de un bien cuando cambia su precio un 1%<sup>2</sup>. Esta tiene signo negativo con valores entre cero (0) e infinito. Nuestra hipótesis es que la elasticidad precio de la demanda de agua potable residencial en Bogotá es inelástica pero no perfectamente inelástica dado los hábitos de consumo. Es decir, debe estar entre 0 y 1, de acuerdo con los valores descritos en el marco teórico del trabajo. Existen hábitos de consumo necesarios como el aseo personal, cocinar, bebidas y un consumo complementario donde se utiliza el agua como bien intermedio. De modo que aumentos en la tarifa implican menores caídas proporcionalmente en el consumo. Al realizar la revisión de la literatura, encontramos que en algunos estudios la elasticidad precio de la demanda depende de la estación del año (primavera, verano, otoño e invierno) pero en este trabajo por ser el caso específico de un país del trópico, sin estaciones, utilizaremos las precipitaciones de agua.

El estudio comprende cuatro partes que contribuyen a la determinación de la elasticidad precio de la demanda del agua potable. En primer lugar, se sustenta la importancia del agua como bien público y se describe las características y funcionamiento de las empresas de infraestructura sanitaria. En segundo lugar, se presenta una revisión de la literatura basada en estudios acerca de la demanda residencial de agua potable y sus

---

<sup>2</sup> Microeconomía. Robert S. Pindyck y Daniel L. Rubinfeld. *Prentice Hall*. Quinta edición. p. 32.

métodos de estimación. Luego, se muestra la metodología utilizada para responder a la hipótesis del trabajo y la descripción de los datos y, por último, se hace un análisis de los resultados y se presentan las conclusiones del mismo.

## **1. DEMANDA DE AGUA RESIDENCIAL URBANA: Características de las Empresas de Infraestructura Sanitaria, Agua Potable y Alcantarillado.**

En Colombia el ente regulador es la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA, unidad administrativa especializada adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, creada por la Ley 142 de 1994; tiene como función principal regular los monopolios y promover la competencia del sector y del recurso hídrico y la prestación de servicios de calidad con tarifas razonables y con cobertura suficiente.

Por otro lado, la Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD, se encarga del control, vigilancia e inspección de las Empresas que prestan estos servicios. Esta fue creada por la Constitución Política de Colombia de 1991, dándole capacidad de sanción y de tomar posesión de los sistemas para administrar, liquidar o entregar en caso de ser necesario.

El agua como recurso natural, económico y ambiental debe ser racionalizado. Todo plan regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro de agua como los establecidos en la Ley 373 de 1997. Esto es, el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios de este recurso hídrico.

Con este objetivo de ahorro de agua, se le ordenó a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA, y a las autoridades ambientales, establecer consumos básicos en función del uso del agua, desincentivar los consumos máximos de cada usuario y establecer procedimientos, tarifas y medidas a tomar para aquellos consumidores que sobrepasaran el consumo máximo fijado. Igualmente, se ordenó que la CRA definiera una estructura tarifaria que desincentive el uso ineficiente y el gasto alto de agua. Además, las entidades usuarias deberán incluir en su presupuesto, los

costos de las campañas educativas y de concientización de la comunidad para el uso racionalizado y eficiente del agua como recurso.

La prestación de los servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado se constituye en un monopolio natural debido a la gran cantidad de activos fijos que deben ser recuperados a mediano y largo plazo y que a su vez se convierten en barreras de entrada para la competencia; por la tendencia de estos monopolios a abusar de sus posiciones dominantes se hace necesario que el Estado entre a regular cada vez de manera más eficiente a través de algún mecanismo. Siguiendo a Spulber (1989), se debe cumplir con el siguiente test: 1. probar que la falla de mercado es verdaderamente una falla de mercado, 2. diseñar una política eficaz, capaz de solucionar la falla sin intervenir en áreas eficientes de la economía, y 3. demostrar, dados los dos puntos anteriores, que los costos de la ejecución de la política, son menores a los beneficios de eliminar la falla de mercado. Al regular, lo que se quiere es conseguir un equilibrio entre los intereses del usuario, el Estado y las Empresas. Además, promover la inversión mediante reglas de participación del sector. Dinamizando el sector de los servicios públicos e introducir la competencia.

Se denomina regulación a la intervención del Estado, para controlar precios, cantidades, entre otros, con el fin de cumplir con los criterios tarifarios establecidos en la Ley 142 de 1994, Ley de los Servicios públicos, donde se encuentran calidad, cobertura, continuidad, inversión, solidaridad, entre otros.

En Colombia, la metodología tarifaria es de costos medios de eficiencia en los componentes administrativos, operación e inversión y se establece por resolución, con alcance Nacional, la base de cálculo es la proyección de inversión y costos, sin considerar los efectos contables; y el horizonte de proyección es a 10 años<sup>3</sup>.

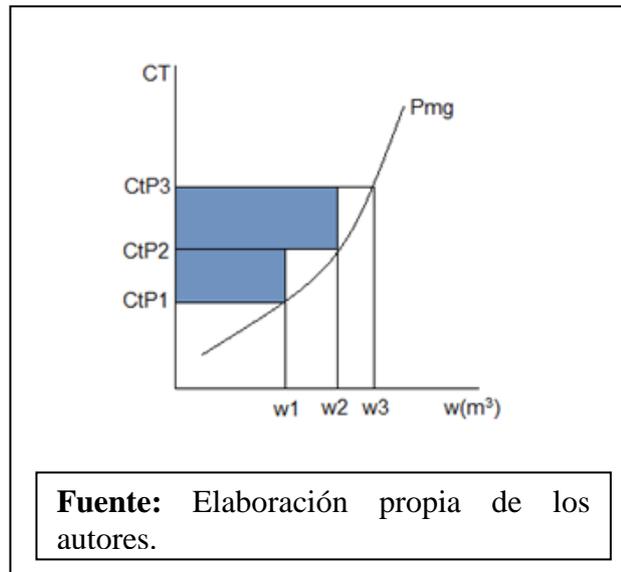
Dos formas típicas del cobro del agua residencial urbana son las tasas constantes y las tasas crecientes por bloques. En la primera modalidad, las familias pagan un solo precio

---

<sup>3</sup> Metroagua S.A. E.S.P. – Tarifas y Regulación.

por cada metro cúbico en todos los niveles consumidos. En la segunda modalidad, tasas crecientes por bloques, las familias pagan un precio mayor por cada metro cúbico consumido adicional, como se ve en la Figura 1. Cabe resaltar que todas estas estructuras de precios suelen ir acompañadas de una cuota fija del servicio de agua.

**Figura 1.** Estructura de precios crecientes por bloques.



Como todo agente económico racional, las familias maximizan su utilidad, sujetas a una restricción presupuestal. Si el precio del agua no depende de la cantidad consumida por las familias, entonces tenemos un problema de maximización de utilidad y una restricción presupuestal de forma lineal simple.

## 2. MARCO TEÓRICO.

La demanda está definida como la cantidad que los consumidores quieren y pueden comprar y para analizar su comportamiento, es necesario identificar cuáles son sus determinantes, tales como: el precio, el consumo en periodos anteriores, ingreso, sustituibilidad, hábitos, tiempo, entre otros. Sin embargo, la ley de la demanda nos dice que manteniendo todo lo demás constante, la cantidad demandada de un bien disminuye cuando sube el precio.

Esta conducta describe cómo asignan los consumidores su renta entre diferentes bienes y servicios para maximizar su utilidad. Entender las decisiones de compra de los consumidores, nos ayuda a comprender cómo afectan las variaciones de la renta y del vector de precios a las demandas de los bienes y servicios. Además, porqué la demanda de algunos productos es más sensible que otras a las variaciones de los precios y de la renta. Aunque muchos factores pueden influir sobre la demanda, debemos enfatizar en cómo afectan los precios a la cantidad demandada. De esta manera, el consumo de agua residencial estaría dado por:

$$Q = f(P, Ing, IPC, LC, Prec) \quad [1]$$

$Q$  = Cantidad consumida en millones de metros cúbicos.

$P$  = Precio medio sin costo fijo por metro cubico.

$Ing$  = Es la *proxy* de ingreso per cápita.

$InfA$  = Es la inflación de alimentos utilizada para medir el consumo de los bienes relacionados.

$LC$  =  $M^2$  aprobados para licencia de construcción.

$Prec$  = Es la precipitación mensual. Se espera que a mayor precipitación disminuya el consumo para riego de jardines y/o recolección de agua.

Donde, en los modelos de demanda, el consumidor se enfrenta a un conjunto de bienes y servicios, sujeto a una restricción. Entonces, el problema de maximización de las preferencias puede expresarse así:

$$\max U(Q_{\text{agua}}, X) \quad [2]$$

$$\text{s.a. } m \geq P_{\text{agua}} Q_{\text{agua}} + \sum P_i X_i \quad [3]$$

$\bar{X}$  son varias cestas de consumo que pertenecen a  $X$ .

Dadas las preferencias y las restricciones presupuestarias, ahora se puede averiguar cómo elige cada consumidor la cantidad que va a comprar de cada bien. Suponemos que los consumidores toman esta decisión racionalmente, es decir, eligen los bienes con la idea de maximizar la satisfacción que reportan, dado el presupuesto limitado con que cuentan.

Cada decisión que toma un consumidor es el resultado de un proceso de optimización de una función de utilidad representativa que alcanza a modelar las preferencias del consumidor sujeta a una restricción presupuestal que representa el conjunto de canastas de bienes que el consumidor puede alcanzar dado su nivel de riqueza y el precio de estos.

Si los consumidores (hogares) son racionales, es decir, maximizan su utilidad sujeta a restricciones de tiempo, consumo y presupuesto, se encuentran en presencia de información asimétrica (los consumidores pueden no estar lo suficientemente informados de la estructura de precios para calcular el precio marginal al que se enfrentan) tomando decisiones de consumo basándose en el precio medio<sup>4</sup>, como lo

---

<sup>4</sup> Ley 142 de 1994 establece que es competencia de los municipios disponer el otorgamiento de subsidios a los usuarios de menores ingresos, con cargo al presupuesto del municipio. El subsidio que se otorga al usuario a través de la persona prestadora de servicios públicos tiene límites, y comienza desde el estrato tres, pues de conformidad con el artículo 99.6 de la mencionada ley “en ningún caso el subsidio será superior al 15% del costo medio del suministro para el estrato 3, al 40% del costo medio de suministro

utilizan también Foster y Beattie (1979), dado a la estructura tarifaria por bloques a la que se enfrentan los consumidores.

Para lograr el objetivo, se elaboró una revisión de la literatura, basado en estudios acerca de la demanda residencial de agua y la determinación del consumo (Foster y Beattie, 1979; Billings y Agthe, 1980; Cavanagh, Hanemann y Stavins, 2001; Jaramillo-Mosqueira, 2003; Dalhuisen, Florax, de Groot y Nijkamp, 2003; Taylor, McKean y Young, 2004; Mazanti y Monti, 2005 y Martinez-Espiñeira, 2007)<sup>5</sup>, las técnicas de cointegración y Corrección de errores son basados en Engle y Granger, (1987)<sup>6</sup>. Basados en esta revisión, se especificará un modelo que explique la relación entre la demanda de agua potable y las variables estudiadas.

Trabajos anteriores de la demanda de agua de uso residencial incluyen en sus modelos diferentes variables para determinar si existe una relación de corto y largo plazo entre el consumo de agua potable y el precio del agua, nivel de ingreso, precio de otros bienes relacionados, variables socioeconómicas, entre otras. Algunos modelos con los que en la teoría económica se analiza la conducta de los consumidores en relación con la demanda residencial de agua son: Foster y Beattie (1979), plantean un modelo generalizado que permite efectos categóricos, debido a las diferencias regionales y el tamaño de la ciudad en la demanda urbana de agua residual. Parten de la teoría neoclásica del comportamiento del consumidor y postulan cuatro determinantes de la cantidad demandada: el precio del bien, precio de los bienes relacionados, los ingresos y los gustos. El precio de un bien de consumo es normalmente el factor más importante que influye en la cantidad demandada. Mientras que la teoría sugiere que un modelo de demanda debe incluir el precio de los bienes sustitutos y complementarios, así como el

---

para el estrato 2, ni superior al 50% de éste para el estrato 1”, sobra reafirmar que estos toques que no pueden ser excedidos por ninguna autoridad.

<sup>5</sup> CUADROS: Cuadro 1. Alternativas teóricas para el estudio de la demanda de agua residencial.

<sup>6</sup> The economic interpretation of cointegration is that if two (or more) series are linked to form an equilibrium relationship spanning the long-run, then even though the series themselves may contain stochastic trends (i.e., be non-stationary) they will nevertheless move closely together over time and the difference between them will be stable (i.e., stationary). Thus the concept of cointegration mimics the existence of a long-run equilibrium to which an economic system converges over time, and  $\mu_t$  defined above can be interpreted as the disequilibrium error (i.e., the distance that the system is away from equilibrium  $t$ ). R. I. D. Harris. Using Coitegration Analysis in Econometric Modelling. *University of Portsmouth. Prentice Hall*, 1995. p. 22.

precio del bien en sí mismo. En el caso del agua, no hay sustitutos cercanos, pero puede ser complemento de otras mercancías. Sin embargo, otros factores también pueden existir en una determinada región o el tamaño de la ciudad, que influye en la demanda de agua.

Agthe y Billings (1980), argumentan que la demanda actual del agua está fuertemente influenciada por el consumo de agua en el pasado; un modelo dinámico tiene explícitamente en cuenta esta relación y puede, entonces, hacer mejores predicciones sobre el comportamiento real. Utilizaron modelos de demanda dinámica junto con un modelo estático equipados con datos mensuales de consumo de agua de Tucson, Arizona. Los datos mensuales para el periodo comprendido entre enero de 1974 y septiembre de 1977 son utilizados para ajustar cada una de las formas específicas del modelo general. Cada uno de los modelos dinámicos estudiados, como el modelo de Koyck y el modelo de Bergstrom, hacen suposiciones sobre la naturaleza específica del proceso de ajuste en el tiempo. Cada uno incluye el valor rezagado de la variable dependiente como una variable independiente, dando por hecho que el uso actual del agua no sólo depende de los valores actuales de las variables independientes, sino también por el uso del agua del último periodo. Esto implica que los consumidores necesitan tiempo para ajustar el uso real de un nuevo equilibrio después de un cambio en el precio o en alguna otra variable independiente. Es posible que el agua sea un hábito o que se utilice con un balance de cambio gradual, por ejemplo el uso de agua para el riego del césped, piscinas, lavavajillas, entre otros.

Cavanagh, Hanemann y Stavins (2001), la sensibilidad de la demanda de agua residencial al precio es muy baja, y que el efecto de la estructura de precios puede ser más influyente que la magnitud del precio marginal. Utilizaron los modelos de Mínimos Cuadrados Ordinarios, Mínimos Cuadrados Ordinarios en Dos Etapas y el Modelo de Variable Instrumental. Si los hogares, de hecho, son relativamente insensibles al precio, podría ser que simplemente no saben el precio del agua. Esto podría ser particularmente cierto en el caso de las estructuras de precios por bloque. Esta estructura tarifaria introduce una demanda a trozos (pliegues) en la teoría económica del consumidor y en la estimación econométrica de las funciones de demanda de agua, ya que el precio y la

demanda son variables endógenas. Al revisar la literatura de la demanda del agua, esta sugiere que realmente la demanda es sensible al precio, pero que la magnitud de la sensibilidad es pequeña a precios corrientes. Elasticidades estimadas en áreas urbanas de Norteamérica entre 1951 y 1991 se encuentran en el límite inferior de -0,01 y el límite superior de -1,63 con variaciones debido a las estaciones, el tipo de consumidor, nivel de agregación, entre otros.

Jaramillo-Mosqueira (2003), busca un instrumento de mercado que ayude a minimizar el costo de lograr un nivel de consumo más eficiente del agua y una mejor distribución entre las demandas al efectuar el cobro, siendo esta más equitativa. Como recomendación a este problema, se sugiere el precio como señal de mercado, incentivando a los consumidores a hacer un uso más racional del agua. Los resultados de este estudio hacen énfasis en la forma de cómo la demanda de los consumidores podrían reaccionar ante cambios en la estructura de precios, aumentos en precios y políticas de conservación no ligadas directamente al precio del agua. La existencia de pliegues en las restricciones presupuestales presenta un problema entre el precio, el ingreso y la cantidad demandada, al compararlas con las restricciones lineales. Ya que, la relación negativa que existe entre el precio y la cantidad demandada y la relación positiva que existe entre el ingreso y cantidad consumida se mantendrá siempre y cuando el consumo sea dentro del mismo bloque. A partir de los planteamientos el método que se utilizó fue el de Mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para efectos de comparación, variable instrumental (IV) y una modificación del modelo de opción discreta-continua (DCC) utilizados por Hewitt y Hanemann (1995), fueron los métodos de estimación utilizados. El documento concluye que los usuarios que enfrentan los precios por bloque, tienen mayor sensibilidad ante variaciones en el precio en comparación con consumidores que se enfrentan a precios uniformes. Utilizando la elasticidad precio cruzada se encontró que cuanto más alto sea el bloque de consumo, más elástico será ante cambios en el precio.

Taylor, McKean y Young (2004), el estudio fue diseñado para determinar el efecto sobre las estimaciones de la demanda, si el precio se especifica como promedio con un conjunto de datos de los servicios, cuya tasa incluye una cuota mensual fija. Para los

autores, se debe determinar el precio, la especificación de precio preferido (precio marginal versus precio promedio) y la importancia de los programas de conservación voluntaria o programas de tarifas, como un medio para reducir el consumo de agua. El precio se mide en el margen del modelo neoclásico de la demanda en la presencia de una lista de tarifas y con consumidores informados. El precio medio se ha especificado en la demanda de agua, basado en la suposición de que los consumidores perciben que el precio sea el precio medio. Se justifica la percepción de precio medio, porque los consumidores ignoran los detalles de las tarifas, cuando el agua representa una pequeña proporción de sus gastos. Mínimos Cuadrados en Dos Etapas (MC2E) fue el método utilizado para la estimación y reducir el riesgo de simultaneidad y producir estimadores consistentes. Con la información de Servicios de agua municipales de Colorado, recogidos originalmente por Walters y Young (1994). La conclusión del estudio tiene tres clases, metodológica, empírica y política. Rechazaron los modelos de demanda, que encuentran una preferencia de los ingresos promedios sobre el precio marginal. El ingreso promedio excluye la cuota fija, para no predecir la cantidad demandada. Los modelos empíricos de la demanda no se pueden utilizar para comprobar si los consumidores toman sus decisiones en el ingreso promedio, al menos que los datos saquen los ingresos fijos, ya que no se puede modelar la identidad, y es de por sí un sesgo hacia un ajuste perfecto. Los programas de conservación, muestran poco efecto sobre el consumo. Variables omitidas como el tamaño de las familias, edad de la construcción del hogar, la subvención de las tarifas residenciales de los usuarios de agua industrial, o códigos de construcción pueden crear perjuicios.

Mazanti y Monti (2005), presentan evidencia empírica en los determinantes de la demanda de agua residencial para la región de Emilia Romana, Italia. Encontrando un elasticidad precio negativa con valores entre -0.99 y -1.33, considerando diferentes especificaciones de los factores de las variables socioeconómicas. El estudio de la elasticidad precio y los determinantes de la demanda de agua, son necesarios y al mismo tiempo de gran importancia como punto de partida para todo el entorno italiano público-privado para el manejo del recurso hídrico.

Martínez-Espiñeira (2007), tiene como objetivo estimar la elasticidad precio de la demanda de agua residencial de corto y largo plazo, utilizando datos mensuales de Sevilla (España). La disponibilidad de tener datos mensuales permite no solo permite medir el consumo exacto sino también, los efectos estacionales (clima) en el consumo y las particularidades de los efectos dinámicos que no se podrían medir en datos anuales. Utilizan las técnicas de cointegración (Engle y Granger, 1987, Johansen, 1988 y otros) y el modelo de corrección de errores (Hendry, Pagan y Sargan, 1984). Podría haber diferencias sustanciales entre las reacciones a corto y largo plazo de los usuarios de agua residencial a los cambios en precios. La estimación de la elasticidad sugiere, como se ha encontrado en la literatura, que la demanda de agua de los hogares es inelástica con respecto a su precio pero no perfectamente inelástica. Las variables incluidas en el modelo son: uso promedio per cápita de agua, precio marginal, ingreso virtual, lluvias, temperatura y conservación voluntaria y programas de taifas.

Otro estudio que ayudo en gran medida a ésta investigación fue la realizada por los autores Guio, Mutis y Acevedo (2010). Esta investigación tiene como objetivo a través de los usuarios residenciales de Bogotá estimar la demanda en función de la tarifa teniendo en cuenta una aproximación de las restricciones presupuestales de los usuarios. Además, utilizando herramientas de series de tiempo, proyectan la demanda residencial de agua potable de algunos estratos para dos años hacia adelante. De esta manera, se demostró que para la mayoría de los estratos, el agua es un bien inelástico. Para los consumos mayores a  $40\text{m}^3$  las tarifas diferenciales por rango de consumo parecen ser incentivos para el ahorro de agua. Las elasticidades para los estratos 1 y 2 son: -0.18 y -0.11, significando una gran inelasticidad de la demanda. La elasticidad de la demanda para el estrato 3 es la más baja: -0.13 para consumo básico y -0.51 para consumo no básico. Para el estrato 4 se encontró una elasticidad de la demanda de -0.24. Finalmente, para los estratos 5 y 6, las elasticidades son -0.28 y -0.21, respectivamente. Cabe anotar que para estos estratos la tarifa por metro cubico de agua es tres y seis veces mayor que en los estratos inferiores.

Las principales diferencias de este trabajo con el realizado por Guio, Mutis y Acevedo (2010), son: el trabajo se hace desde un punto de vista investigativo, mientras que el ya

mencionado lo hace en conjunto con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. Por esto mismo, los autores lo desarrollaron desde la ingeniería y éste lo desarrolla desde el punto de vista netamente económico. Otra diferencia es que el trabajo mencionado analiza el consumo por estrato, mientras que en esta oportunidad trabajaremos el consumo agregado de los hogares. Finalmente, este trabajo no pretende realizar pronósticos de demanda para periodos futuros a través de datos panel y series de tiempo.

### 3. METODOLOGÍA.

#### 3.1 Presentación del VAR

Siguiendo la teoría de Enders (2010), podemos ver en el modelo general VAR que cuando no hay certeza de la exogeneidad de una variable, una extensión natural de la función es tratar cada variable de manera simétrica. En el caso para dos variables de un modelo VAR, podemos dejar que la trayectoria de  $\{y_t\}$  este afectada por lo realizado por  $\{z_t\}$  actualmente y en el pasado. Igualmente, podemos dejar que la trayectoria de la secuencia  $\{z_t\}$  este afectada por la secuencia de  $\{y_t\}$ . Entonces consideremos el siguiente modelo<sup>7</sup>:

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad [4]$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad [5]$$

Donde se asume que: 1.)  $y_t$  y  $z_t$  son estacionarias. 2.)  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  son ruido blanco con desviaciones estándar  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ , respectivamente. Y 3.)  $\{\varepsilon_{yt}\}$  y  $\{\varepsilon_{zt}\}$  son ruido blanco no correlacionados.

La ecuación [4] y [5] constituyen un vector de autocorrección de primer orden (VAR), por lo que el rezago más largo es la unidad. El VAR de primer orden de dos variables implícitas es útil para ilustrar el sistema multivariado de orden alto. La estructura del sistema incorpora retroalimentación porque  $y_t$  y  $z_t$  cada una a la otra. Por ejemplo,  $-b_{12}$  es el efecto contemporáneo del cambio unitario de  $z_t$  en  $y_t$ , y  $\gamma_{12}$  es el efecto de un cambio unitario de  $z_{t-1}$  en  $y_{t-1}$ . Cabe aclarar que  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$  son choques en  $y_t$  y  $z_t$ , respectivamente. Claro está, que  $b_{21}$  no es igual a cero,  $\varepsilon_{yt}$  tiene un efecto contemporáneo indirecto en  $z_t$ , y si  $b_{12}$  no es igual a cero,  $\varepsilon_{zt}$  tiene un efecto indirecto contemporáneo en  $y_t$ . La primera ecuación permite que los valores presentes y pasados de la variable explicativa afecten el lapso de tiempo de la variable explicada. En la

---

<sup>7</sup> Enders, Walter. Applied Econometric Time Series. University of Alabama. THIRD EDITION. 2009. p. 297 – 299.

segunda ecuación, permite retroalimentar entre los valores presentes y pasados de ambas variables.

Las ecuaciones [4] y [5] no son ecuaciones de forma reducida, ya que,  $y_t$  tiene un efecto contemporáneo en  $z_t$  y viceversa. Se puede transformar el sistema de ecuaciones en una forma más fácil de utilizar. Usando algebra matricial se puede escribir el sistema de la siguiente forma reducida:

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

O

$$Bx_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$$

donde,

$$B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix}, x_t = \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix}, \Gamma_0 = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix}$$

$$\Gamma_1 = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix}, \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

Multiplicando por  $B^{-1}$  nos permite obtener la forma estándar del modelo VAR:

$$x_t = A_0 + A_1 x_{t-1} + e_t \quad [6]$$

Donde,  $A_0 = B^{-1}\Gamma_0$ ,  $A_1 = B^{-1}\Gamma_1$ , y  $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$ .

Para propósitos de notación se puede definir  $a_{i0}$  como el elemento  $i$  del vector  $A_0$ ,  $a_{ij}$  como el elemento en la fila  $i$  y la columna  $j$  de la matriz  $A_1$ , y  $e_{it}$  como el elemento  $i$  del vector  $e_t$ . Usando esta nueva notación podemos reescribir [6] de la siguiente forma:

$$y_t = a_{10} - a_{12}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \quad [7]$$

$$z_t = a_{20} - a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \quad [8]$$

Para diferenciar los sistemas representados por [4] y [5] con los representados por [7] y [8], el primero es un VAR estructural y el segundo es un VAR en su forma estándar. Es importante anotar que los términos de error (i.e.,  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$ ) son componentes de los dos choques  $\varepsilon_{yt}$  y  $\varepsilon_{zt}$ . Como  $e_t = B^{-1}\varepsilon_t$  se puede computar  $e_{1t}$  y  $e_{2t}$  como:

$$e_{1t} = (\varepsilon_{yt} - b_{12}\varepsilon_{zt})/(1 - b_{12}b_{21}) \quad [9]$$

$$e_{2t} = (\varepsilon_{zt} - b_{21}\varepsilon_{yt})/(1 - b_{12}b_{21}) \quad [10]$$

Los beneficios de emplear esta metodología como lo afirma Sims (1980) y Doan (1992), es que no está imponiendo un sistema de causalidad al sistema de variable y se está permitiendo que los datos reflejen la retroalimentación de las variables a través del tiempo. “*El objetivo primordial es descubrir relaciones entre variable mas que realizar estimaciones precisas de parámetros.*”<sup>8</sup> Este trabajo supone que puede existir una doble causalidad entre varias variables, por ejemplo, el consumo y el precio, debido a la estructura tarifaria, por lo que resulta eficiente utilizar esta metodología.

En un modelo de seis variables como consumo, precio, ingreso, inflación de alimentos, licencias de construcción y precipitación, la estructura de restricciones que serian suficientes para alcanzar la identificación del modelo matricial son:

---

<sup>8</sup> Montenegro Garcia, Alvaro. SERIES DE TIEMPO. Cuarta edición. p. 103.

$$\begin{bmatrix} C_t \\ P_t \\ Ing_t \\ InfA_t \\ LC_t \\ Prec_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{10} \\ \beta_{20} \\ \beta_{30} \\ \beta_{40} \\ \beta_{50} \\ \beta_{60} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} & \beta_{15} & \beta_{16} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} & \beta_{24} & \beta_{25} & \beta_{26} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} & \beta_{34} & \beta_{35} & \beta_{36} \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} & \beta_{44} & \beta_{45} & \beta_{46} \\ \beta_{51} & \beta_{52} & \beta_{53} & \beta_{54} & \beta_{55} & \beta_{56} \\ \beta_{61} & \beta_{62} & \beta_{63} & \beta_{64} & \beta_{65} & \beta_{66} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{t-1} \\ P_{t-1} \\ Ing_{t-1} \\ InfA_{t-1} \\ LC_{t-1} \\ Prec_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \varepsilon_{3t} \\ \varepsilon_{4t} \\ \varepsilon_{5t} \\ \varepsilon_{6t} \end{bmatrix} \quad [11]$$

Ahora, si bien sabemos que hay muchas variables que pueden llegar a determinar la cantidad de agua que demanda una persona, por ejemplo, precio, precios de bienes relacionados, riqueza, clima, gustos, expectativas, información, entre otras, lo que se quiere ver es como afectan estas variables, es decir, cuánto responden la demanda a las variaciones de sus determinantes.

Basados en estos resultados, encontrados por diferentes autores en estudios hechos en distintas regiones, descritos en el marco teórico, la demanda de agua se puede ver afectada por cambios en el precio pero no de manera inmediata, puede haber una mayor sensibilidad en el largo plazo que en el corto plazo, como lo demuestra el estudio hecho por Martínez-Espiñeira (2002).

Para la elección del orden del VAR se utilizaron los criterios de información, Radio de Verosimilitud (LR), Error de Predicción Final (FPE), Criterio de Información Akaike (AIC), Criterio de Información Hannan-Quinn y Criterio de Información Schwarz (SC). Los criterios difieren en la elección del orden del VAR, como se observa en el Cuadro 2., las longitudes óptimas están sobre el cuarto y el tercer rezago<sup>9</sup>, para los modelos 1, 2, 3, 4 y 5 y el modelo 6 y 7, respectivamente. Con esta información, la elección de la longitud del rezago se analiza mediante las pruebas de Criterio de Información Hannan-Quinn (HQ) y Criterio de Información Schwarz (SC). Esto puede ser explicado desde la teoría económica, por la periodicidad de la facturación en Bogotá, realizada de manera bimensual, demostrando un ajuste más inmediato en los hábitos de consumo y niveles de precio.

<sup>9</sup> Cuadro 2. Criterios para la longitud del rezago. Pág. 35.

### 3.2 Datos

Los datos utilizados en el modelo son muestras mensuales de consumo, precios y tarifas de La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Para la riqueza de los consumidores, en la mayoría de los países y en especial en Colombia sólo se generan las estadísticas para el cálculo del PIB per cápita de la nación y de los departamentos, pero no de los Municipios y Distritos, fundamental para el establecimiento de políticas públicas a nivel local. Países como Brasil, Colombia, España, México, entre otros, realizan sus cálculos a través de algunas *proxys*. Del grupo de variables de la actividad económica se encontró que existe una fuerte correlación entre la demanda de energía eléctrica no regulada y el índice de la producción real y el crecimiento económico (Padilla, 2010). Al existir un aumento en el consumo de energía, este crecimiento se puede asociar con el aumento de la producción<sup>10</sup>. La inflación mensual de alimentos, se establece como gasto de la riqueza en bienes complementarios de la economía. Otra variable socioeconómica que puede llegar a medir el mayor o menor uso y cobertura de los servicios públicos domiciliarios son las licencia de construcción<sup>11</sup> de vivienda VIS y no VIS, también medidas mensualmente, tomado del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, y por último las precipitaciones mensuales medidas en milímetros en el Aeropuerto El Dorado de Bogotá del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM, sabiendo que dentro de la misma ciudad puede haber microclimas que hacen variar las precipitaciones. La variable dummy de política se utiliza para calcular el efecto una política sobre servicios públicos domiciliarios como es la diferencia tarifaria por niveles de consumo. Las dummy 3, 4 y 5 buscan reducir la estacionalidad de las lluvias y el consumo de agua residencial como en periodos de vacaciones en donde, hay menos población.

---

<sup>10</sup> FIGURAS: Figuras 2, 3 y 4. El consumo final de energía esta asociado con el nivel y crecimiento de la actividad económica, con una relación energía/PIB cercano a la unidad de crecimiento, aunque en Colombia los niveles de consumo per cápita son todavía bajos e inferiores al promedio de América Latina (Padilla, 2010). p. 24. Tomado del Plan Energético Nacional, 1997 – 2010. Unidad de Planeación Energética. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia.

<sup>11</sup> Tiene como objetivo conocer el potencial de la actividad edificadora del país, cuantificar el total de metros aprobados para construcción, por destino, según tipo de licencias (urbana, suburbana y rural), tipo de solicitud (nueva y/o modificación), clase de construcción (nueva y/o ampliación) y estrato socioeconómico. Su periodicidad es mensual.

VIS: Vivienda de interés social.

Tomado de:

[http://www.dane.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=86&Itemid=57](http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=57)

#### 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Utilizando el método VAR, se estimaron siete modelos que resultaron de incluir ciertas variables al Modelo\_1, como *dummy*, la cual se utilizó para tener en cuenta la unificación de dos grupos tarifarios después de diciembre de 2005, las *dummies* de estacionalidad (m\_3, m\_4 y m\_5) se incluyeron para neutralizar el efecto que algunos meses del año distorsionan el modelo; y se retiraron variables como licencias de construcción y precipitación, ya que encontramos que no tienen efecto alguno en la demanda de agua residencial, hasta encontrar la combinación adecuada (Modelo\_5) que permite explicar la inelasticidad de la demanda de agua residencial.

Los resultados obtenidos utilizando el modelo VAR permiten concluir que el consumo residencial de agua en Bogotá mostró un comportamiento inelástico con respecto a las tarifas. La descomposición de varianza muestra que la varianza de los precios no explica la varianza del consumo de agua por lo que se puede inferir que la elasticidad precio puede ser cercana a cero. Se evidencia que los cambios en el consumo están altamente influenciados por los cuatro (4) últimos rezagos. En las series de consumo se encontraron algunos picos que no deben afectar la inelasticidad en el largo plazo debido a que estos niveles altos de consumo son temporales y no afectan el hábito general de consumo de los hogares. Las funciones impulso respuesta muestran la respuesta de precios y consumo, ante choques de las dos ecuaciones.<sup>12</sup> Se evidencia una estacionalidad en la Figura 5. en donde el choque de precios al consumo muestra la inelasticidad en el largo plazo.

La prueba de Causalidad de Granger, muestra que a un nivel de confianza de un 95%, se rechaza la hipótesis de que el consumo no es Granger-Causa de los precios. Mientras que, se acepta la hipótesis nula de que el precio no es Granger-Causa del consumo, debido a que el cálculo de precio medio resulta de dividir el total facturado sobre el total de metros cúbicos consumidos, y un aumento en estos últimos puede hacer que la tarifa pertenezca a un nuevo bloque aumentando en mayor medida el precio medio.

---

<sup>12</sup> FIGURAS: Figura 5. Test de Impulso Respuesta.

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Agthe, Donald. E. and Billings, R. Bruce. Dynamic Models of Residential Water Demand. WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 16, NO. 3, PAGES 476-480, JUNE 1980.

Agthe, Donald E., Billings, R. Bruce. y Dora, John L y Raffiee, Kambiz. A Simultaneous Equation Demand Model for Block Rates. WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 22, NO. 1, PAGES 1-4, JANUARY 1986.

Billings, R. and Agthe, Donald E. The University of Wisconsin Press. Price Elasticities for Water: A case of Increasing Block Rates. *Land Economics*, Vol.56 No. 1 (Feb., 1980), Page. 73 - 84.

Cavanagh, Sheila M., Hanemann W. Michael and Stavins Robert N. Muffled Price Signals: Household Water Demand Under Increasing-Block Prices. December 31, 2001.

CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

Dalhuisen, Jasper M., Florax, Raymond J.G. M., de Groot, Henri L. F., and Nijkamp, Peter. Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis. *Land Economics* 79 No. 2, may 2002.

Doan, Thomas. REGRESION ANALYSIS OF TIME SERIES, RATS USER'S MANUAL, Evanston, Illinois, Estima. 1992.

Enders, Walter. Applied Econometric Time Series. *University of Alabama*. THIRD EDITION. 2010.

Engel, Robert F. and Granger. C. W. J. Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, Vol. 55, No. 2. (Mar., 1987), pp. 251-276.

Foster, Henry. S. Jr. and Beattie, Bruce R. The University of Wisconsin Press. Urban Residential Demand for Water in the United States. *Land Economics*, Vol. 55, No. 1 (Feb., 1979), pp. 43-58.

Foster, Henry. S. Jr. and Beattie, Bruce R. The University of Wisconsin Press. Urban Residential Demand for Water in the United States: Reply. *Land Economics*, Vol. 57, No. 2 (May., 1981), pp. 257-265.

Guio, Oscar Fernando, Mutis, Hernando Enrique y Acevedo, Jorge. Estimación de la elasticidad de la demanda de agua potable en Bogotá, con un pronóstico para los próximos dos años. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. 2010.

Hendry, D. F., A. R. Pagan, and J. D. Sargan (1984). Dynamic specification. In Z. Grilliches and M. D. Intrilligator (Eds.) *Handbook of Econometrics*, Volume III. Amsterdam: North-Holland.

Hewitt, J.A. y W.M. Hanemann (1995)/ A Discrete/Continuous Choice Approach to Residential Water Demand Under Block Rate Pricing. *Land Economics* num. 2 vol. 71: 137-175.

Jaramillo-Mosqueira, Luis A. Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA. *Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental*. Marzo de 2003.

JOHANSEN, Soren. STATISTICAL ANALYSIS OF COINTEGRATION VECTORS. *University of Copenhagen*. Received September 1987, final version received January 1988.

MARTÍNEZ-ESPIÑERÍA, Roberto. An Estimation of Residential Water Demand Using co-integration and Error Correction Techniques. Department of Economics, St Francis Xavier University. 2007.

Mazzanti, Massimiliano and Montini, Anna. The Determinants of Residential Water Demand. Empirical Evidence for a Panel of Italian Municipalities. *Natural Resources Management*. February, 2005.

Montenegro Garcia, Alvaro. SERIES DE TIEMPO. Cuarta edición.

Padilla Sierra, Alcides de Jesús. CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL DISTRITO INDUSTRIAL Y PORTUARIO DE BARRANQUILLA (1980 – 2006). *Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá, 2010.

Sims, C.A. (1980) “Macroeconomics and Reality” *Econometrica*, Vol 48, pp 1-48.

Spulber, D. (1989). *Regulation and Markets. Market Failure Test*.

Taylor, R. G., McKean, John R. and Young, Robert A. Alternative Price Specification for Estimating Residential Water Demand with Fixed Fees. *Land Economics*, Vol. 80, No. 3 (Aug., 2004), pp. 463-475.

Walter, L. L., and R. A. Young. 1994. *Economic Factors Affecting Residential Water Demand in Colorado*. Completion Rpt. 175, Colorado Water Resources Research Institute, Colorado State University, Ft. Collins, Col.

**Sitios web útiles para la investigación y desarrollo del documento:**

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA – [www.cra.gov.co](http://www.cra.gov.co)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM – [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)

Metroagua S.A. E.S.P. – [www.metroagua.com.co](http://www.metroagua.com.co)

Sistema Único de Información de Servicios Públicos - [www.sui.gov.co](http://www.sui.gov.co)

## CUADROS

**Cuadro 1.** Alternativas teóricas para el estudio de la demanda de agua residencial.

Cuadro: Alternativas teóricas para el estudio de la demanda de agua residencial							
Autores	Tipo de análisis	Datos	Método econométrico	Tipo de demanda	Tipo de precio	Elasticidad precio	
						Corto plazo	Largo plazo
Foster y Beattie (1979)	218 observaciones (ciudades). Regiones de los Estados Unidos de América.	Teoría neoclásica del consumidor. Precio, precio de bienes relacionados, ingreso, clima y número de residentes por hogar.	Mínimos Cuadrados Ordinarios, MCO.	Teoría neoclásica del consumidor. Función de demanda.	Precio promedio.	Elasticidad para el modelo agregado: -0.1278 y un rango para el modelo por regiones entre -0.804 y -0.2686.	
Billings y Agthe (1980)	Tucson, Arizona.	Datos mensuales. Enero 1974 - septiembre 1977. Consumo promedio, precio marginal, ingreso y clima.	Static, Fisher-Kaysen, Koyck, flow adjustment (Bergstrom), and stock adjustment.	Modelo de demanda lineal y doble logarítmica.	Precio marginal.	Entre -0.179 y -0.358	Entre -0.266 y -0.705
Cavanagh, Hanemann y Stavins (2001)	11 áreas urbanas en los Estados Unidos de América y Canadá.	Demanda de agua, precio marginal, ingreso virtual, clima y área de hogares.	OLS, 2SLS y modelo de variable instrumental.	Demanda log-log.	Precio marginal.	Rango entre el límite inferior de -0.01 y el límite superior de -1.63.	
Jaramillo Mosqueira (2003)	México, 750 hogares.	Demanda de agua de uso doméstico, número integrantes en la familia, ingreso mensual, renta, área de construcción, número de baños, método de ahorro, precio marginal e ingreso virtual.	OLS, variables instrumentales (IV) y modelo de opción discreta-continua (DCC) utilizado por Hewitt y Hanemann.	bi-logarítmica.	Precio marginal.	OLS 1.679 (0.043), IV -0.582 (0.083) y DCC -0.223 (0.050).	
Taylor, McKean y Young (2004)	Colorado, EE.UU.	Datos mensuales: demanda de agua, precio marginal y/o precio medio, ingreso, conservación voluntaria o programas de tarifas, clima (temperatura, estación), 1984 - 1985.	Mínimos Cuadrados en Dos Etapas (MC2E).	Modelo neoclásico de la demanda (Ln-ln) y (Lineal).	Precio Marginal Vs. Precio Medio	TSLS: In the double-log form, marginal price elasticity was -0.297 versus -0.403 when average revenue was used for price. OLS: marginal price is more price inelastic at -0.197 than that found using average price at -0.482.	
Mazanti y Monti (2005)	La región de Emilia Romagna (125 municipios), Italia.	Consumo de agua, tarifas y datos municipales socioeconómicos (población, superficie, hogares, ingresos, etc). (1998-2001). Datos paneles.	Especificaciones de efectos fijos.	Función de demanda, modelo log-lineal.	Precio promedio (proxy bloque medio de la estructura tarifaria).	Rango entre -0.99 y -1.33; considerando diferentes especificaciones, con y sin factores socioeconómicos.	
Martínez-Espiñeira (2007)	Sevilla, España.	Datos mensuales de consumo, precio, ingreso virtual y clima. (1991-1999).	Cointegración (Engle y Granger, 1987) y modelo de corrección de errores (Hendry et al., 1984)	Modelo dinámico, función de demanda.	Precio marginal	-0.159	-0.494

Fuente: elaboración propia de los autores.





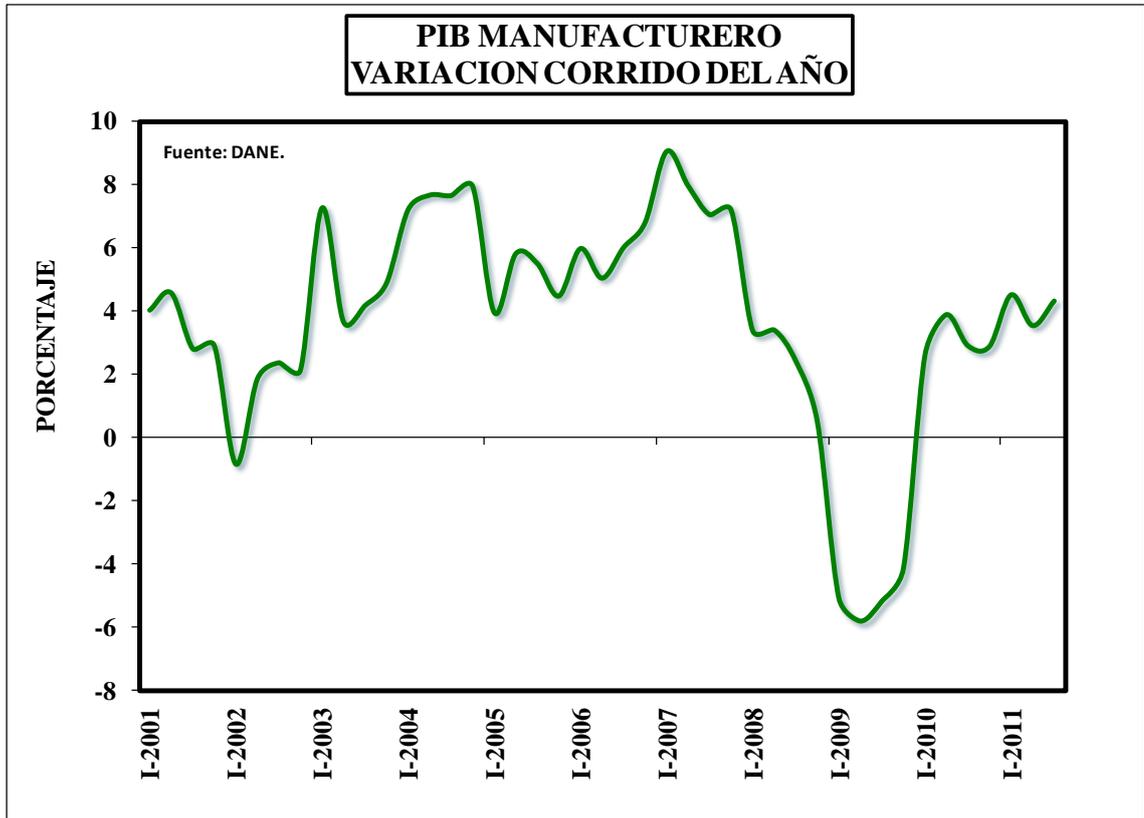
**Cuadro 3. Modelo VAR estimado.**

VARIABLES	(1) Modelo_1		(2) Modelo_2		(3) Modelo_3		(4) Modelo_4		(5) Modelo_5		(6) Modelo_6 (Periodo final)		(7) Modelo_7 (Periodo Inicial)	
	l_precioscf	l_constl	l_precioscf	l_constl	l_precioscf	l_constl	l_precioscf	l_constl	l_precioscf	l_constl	l_precioscf	l_constl	l_precioscf	l_constl
L1.l_precioscf	0.215** (0.0900)	-0.0387 (0.0841)	0.219** (0.0899)	-0.0441 (0.0848)	0.216** (0.0895)	-0.0463 (0.0846)	0.198** (0.0892)	-0.0576 (0.0831)	0.196** (0.0903)	-0.0750 (0.0824)	0.551*** (0.103)	0.0474 (0.198)	0.0695 (0.158)	-0.0802 (0.100)
L2.l_precioscf	0.418*** (0.0861)	0.0554 (0.0805)	0.418*** (0.0817)	0.0324 (0.0771)	0.402*** (0.0827)	0.0216 (0.0782)	0.391*** (0.0828)	-0.0104 (0.0771)	0.398*** (0.0831)	-0.0198 (0.0758)	0.877*** (0.0472)	-0.248*** (0.0912)	0.619*** (0.143)	0.171* (0.0910)
L3.l_precioscf	-0.153* (0.0851)	0.0516 (0.0796)	-0.154* (0.0853)	0.0562 (0.0805)	-0.172** (0.0864)	0.0447 (0.0817)	-0.191** (0.0872)	0.00764 (0.0812)	-0.185** (0.0883)	-0.0107 (0.0805)	-0.516*** (0.107)	-0.0450 (0.206)	0.0984 (0.107)	-0.0159 (0.0683)
L4.l_precioscf	0.182*** (0.0628)	-0.0685 (0.0587)	0.182*** (0.0626)	-0.0616 (0.0590)	0.174*** (0.0626)	-0.0665 (0.0592)	0.144** (0.0658)	-0.107* (0.0612)	0.139** (0.0707)	-0.147** (0.0645)				
L1.l_constl	0.0390 (0.117)	-0.363*** (0.109)	0.0233 (0.114)	-0.359*** (0.108)	0.0189 (0.114)	-0.362*** (0.108)	0.0182 (0.115)	-0.402*** (0.107)	0.0211 (0.115)	-0.412*** (0.105)	0.0680 (0.0640)	-0.375*** (0.124)	0.117 (0.280)	-0.537*** (0.178)
L2.l_constl	-0.521*** (0.117)	-0.0224 (0.109)	-0.536*** (0.116)	-0.000659 (0.109)	-0.529*** (0.115)	0.00387 (0.109)	-0.534*** (0.115)	-0.0303 (0.107)	-0.538*** (0.116)	-0.0471 (0.106)	-0.0995 (0.0665)	0.0441 (0.128)	-0.801*** (0.277)	-0.198 (0.176)
L3.l_constl	-0.239* (0.127)	-0.316*** (0.119)	-0.249** (0.122)	-0.278** (0.115)	-0.240** (0.121)	-0.273** (0.115)	-0.253** (0.120)	-0.290*** (0.112)	-0.259** (0.121)	-0.309*** (0.110)	-0.106* (0.0573)	0.0505 (0.111)	-0.770*** (0.214)	-0.421*** (0.136)
L4.l_constl	0.170 (0.111)	-0.00923 (0.104)	0.161 (0.108)	0.0116 (0.102)	0.160 (0.107)	0.0110 (0.102)	0.153 (0.107)	-0.00495 (0.0992)	0.154 (0.107)	-0.0108 (0.0977)				
infa	-0.00950 (0.0119)	0.0106 (0.0111)					-0.0106 (0.0116)	0.0110 (0.0108)	-0.0109 (0.0117)	0.00982 (0.0106)	0.000427 (0.00434)	0.00960 (0.00839)	-0.150* (0.0807)	-0.000931 (0.0513)
D.l_pxingr	0.657** (0.290)	0.817*** (0.272)	0.739*** (0.275)	0.702*** (0.260)	0.748*** (0.274)	0.708*** (0.259)	0.636** (0.286)	0.765*** (0.266)	0.636** (0.288)	0.745*** (0.263)	0.0960 (0.110)	0.317 (0.212)	1.744 (1.564)	2.285** (0.994)
l_lc	0.00235 (0.0210)	0.00899 (0.0196)												
l_prec	0.00218 (0.0120)	-0.0112 (0.0112)												
m_3	-0.105** (0.0434)	-0.120*** (0.0406)	-0.118*** (0.0402)	-0.105*** (0.0379)	-0.120*** (0.0400)	-0.106*** (0.0379)	-0.102** (0.0427)	-0.118*** (0.0398)	-0.102** (0.0430)	-0.116*** (0.0392)	-0.0374** (0.0165)	-0.120*** (0.0319)	-0.185 (0.252)	-0.0928 (0.160)
m_4	0.0325 (0.0354)	0.0736** (0.0331)	0.0303 (0.0335)	0.0674** (0.0316)	0.0304 (0.0333)	0.0674** (0.0315)	0.0335 (0.0332)	0.0624** (0.0309)	0.0332 (0.0334)	0.0613** (0.0305)	0.0259* (0.0148)	0.00717 (0.0285)	0.0660 (0.0967)	0.261*** (0.0615)
m_5	-0.136*** (0.0356)	-0.0630* (0.0333)	-0.141*** (0.0340)	-0.0594* (0.0320)	-0.144*** (0.0338)	-0.0610* (0.0320)	-0.138*** (0.0343)	-0.0709** (0.0320)	-0.136*** (0.0345)	-0.0701** (0.0314)	-0.0156 (0.0153)	-0.0140 (0.0296)	-0.241* (0.140)	-0.110 (0.0887)
dummy														
dummy_trend							0.00588 (0.00371)	0.00728** (0.00345)						
dummy_log									0.0800 (0.0655)	0.163*** (0.0597)				
Constant	3.956*** (0.943)	4.793*** (0.882)	4.108*** (0.857)	4.735*** (0.808)	4.406*** (0.896)	4.927*** (0.847)	4.890*** (1.010)	5.915*** (0.940)	4.748*** (1.040)	6.322*** (0.948)	1.014* (0.607)	5.385*** (1.172)	5.730*** (1.327)	5.596*** (0.843)
Observations	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	72	72	20	20
J-B P-Value Multivariate	0.00005		0.00001		0.00017		0.00011		0.00009		0.7455		0.94252	
Autocorrelation P-Value	0.39133		0.29243		0.29892		0.29335		0.36215		0.63564		0.83959	
HQ-SB Criteria	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3

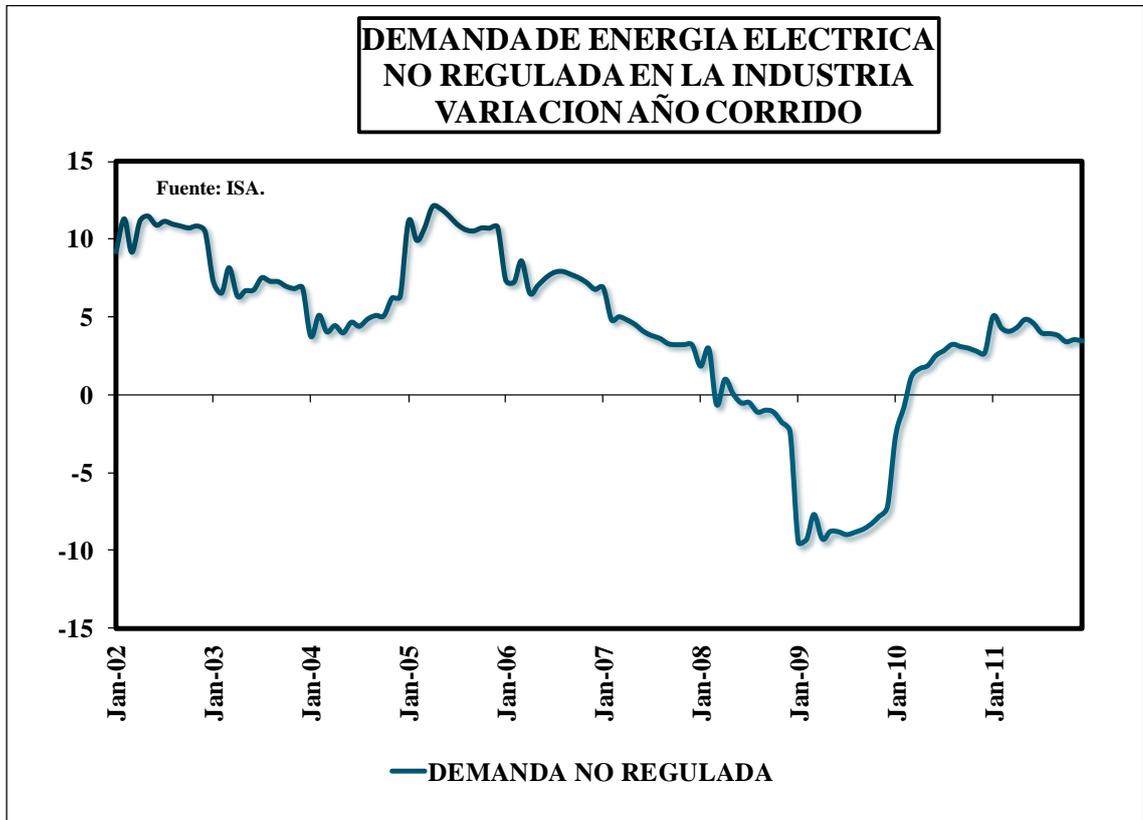
Standard errors in parentheses  
 \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

## FIGURAS

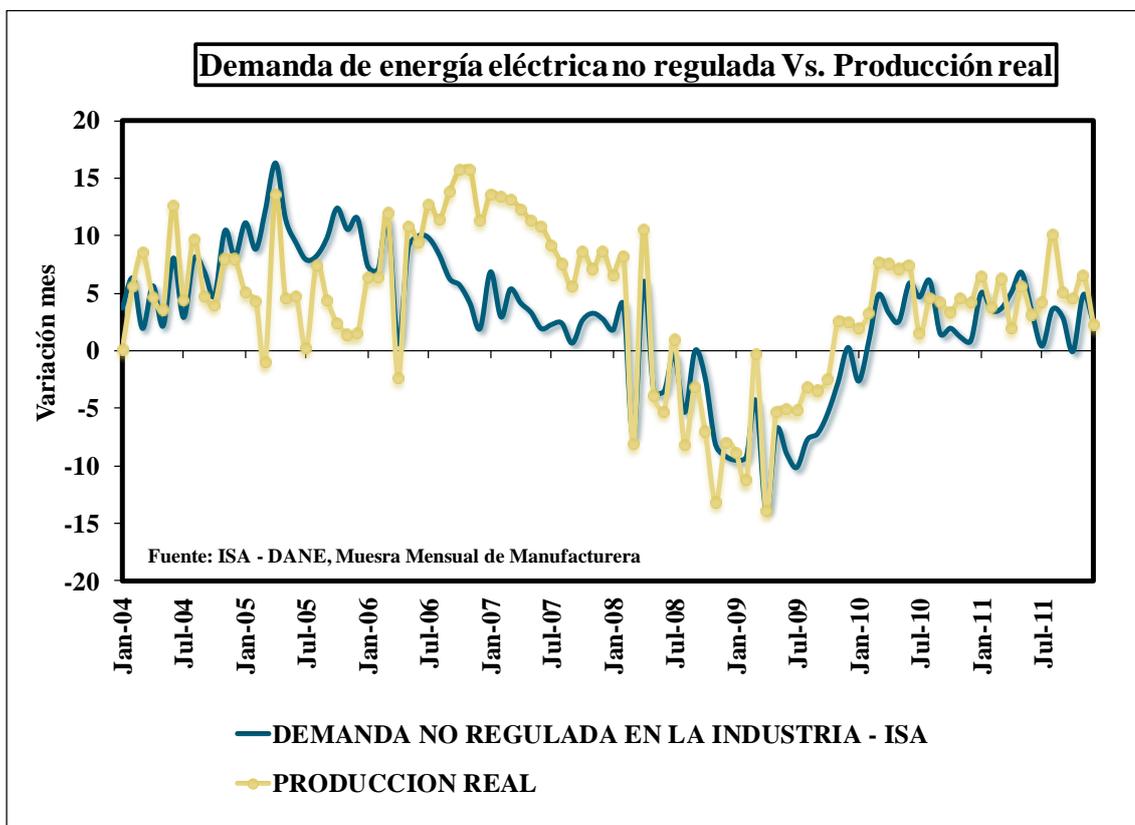
**Figura 2.** PIB Manufacturero; variación corrida del año. Periodo: 2001 – 2011.



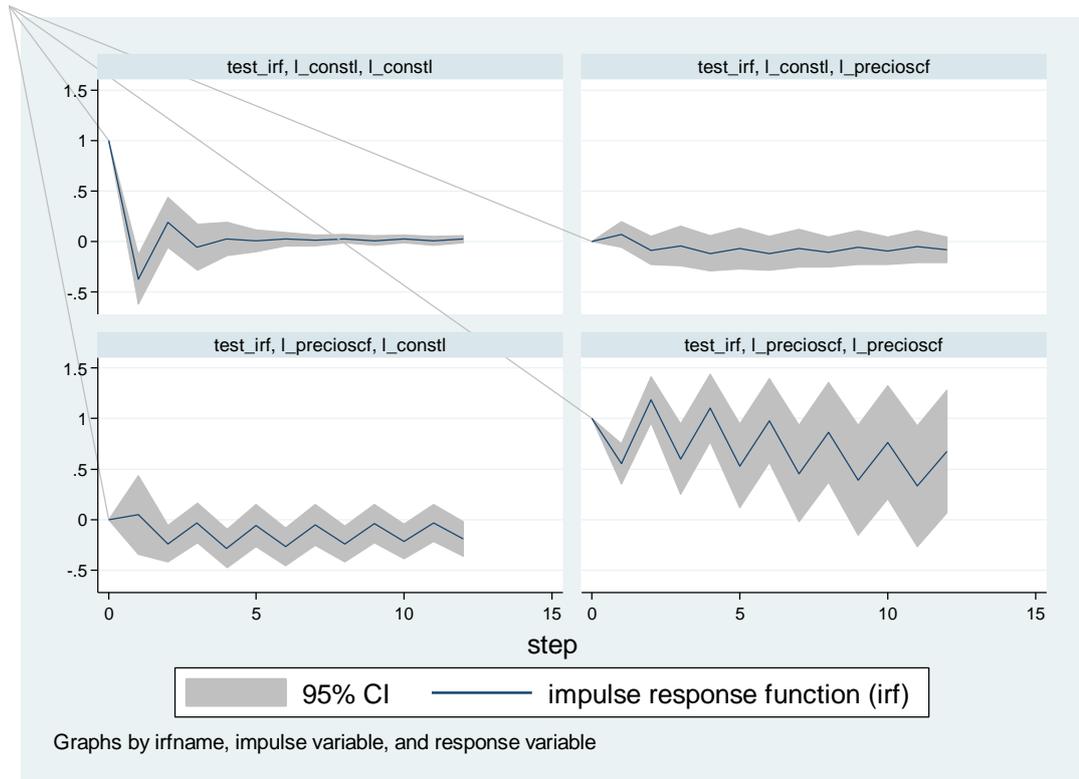
**Figura 3.** Demanda de energía eléctrica no regulada en la industria; variación corrida del año. Enero 2002 – diciembre 2011.



**Figura 4.** Demanda de energía no regulada en la industria e Índice de la producción real; variación mes. Enero 2004 – diciembre 2011.



**Figura 5.** Test de Impulso Respuesta.



Results from test\_irf

step	(1) irf	(1) Lower	(1) Upper	(2) irf	(2) Lower	(2) Upper	(3) irf	(3) Lower	(3) Upper
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	.551185	.349958	.752412	.047355	-.341279	.435988	.067971	-.057418	.193361
2	1.18431	.956131	1.41249	-.239775	-.418963	-.060587	-.087564	-.227423	.052296
3	.599566	.252083	.947049	-.033732	-.229049	.161585	-.04414	-.237691	.14941
4	1.10176	.766885	1.43663	-.285808	-.478176	-.093439	-.119216	-.291802	.05337
5	.531712	.119028	.944396	-.056381	-.264493	.151732	-.071529	-.27275	.129691
6	.97859	.564164	1.39302	-.268352	-.453831	-.082874	-.117512	-.282521	.047497
7	.455173	-.022002	.932349	-.051528	-.252013	.148956	-.067875	-.253447	.117697
8	.864327	.372314	1.35634	-.240555	-.416081	-.065029	-.105968	-.256117	.044181
9	.388134	-.155078	.931346	-.041727	-.230763	.147308	-.059097	-.227777	.109582
10	.763995	.206012	1.32198	-.214136	-.384515	-.043758	-.093666	-.231165	.043833
11	.330836	-.267185	.928857	-.032766	-.215262	.149729	-.05082	-.205932	.104292
12	.675913	.06961	1.28222	-.190636	-.359003	-.02227	-.082612	-.210432	.045209

**Figura 6.** Descomposición de varianza.

Results from test\_irf irfModel\_5

step	(1) fevd	(1) Lower	(1) Upper	(2) fevd	(2) Lower	(2) Upper	(3) fevd	(3) Lower	(3) Upper
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	.043116	-.048673	.134905	0	0	0
2	.987795	.943102	1.03249	.04041	-.050111	.130931	.012205	-.032489	.056898
3	.983752	.954293	1.01321	.045157	-.039088	.129402	.016248	-.01321	.045707
4	.983312	.947504	1.01912	.045734	-.039296	.130763	.016688	-.019119	.052496
5	.97586	.916299	1.03542	.061763	-.026093	.149618	.02414	-.035421	.083701
6	.973244	.899344	1.04714	.06237	-.025594	.150334	.026756	-.047145	.100656
7	.968655	.883238	1.05407	.076093	-.01754	.169727	.031345	-.054073	.116762
8	.966834	.87157	1.0621	.076544	-.01731	.170398	.033166	-.062098	.12843
9	.964243	.863592	1.06489	.087063	-.013199	.187325	.035757	-.064894	.136408
10	.963117	.856078	1.07016	.087346	-.013153	.187845	.036883	-.070155	.143922
11	.961592	.851887	1.0713	.095458	-.011348	.202265	.038408	-.071296	.148113
12	.960867	.846839	1.07489	.095627	-.0114	.202654	.039133	-.074894	.153161

step	(4) fevd	(4) Lower	(4) Upper
0	0	0	0
1	.956884	.865095	1.04867
2	.95959	.869069	1.05011
3	.954843	.870598	1.03909
4	.954266	.869237	1.0393
5	.938237	.850382	1.02609
6	.93763	.849666	1.02559
7	.923907	.830273	1.01754
8	.923456	.829602	1.01731
9	.912937	.812675	1.0132
10	.912654	.812155	1.01315
11	.904542	.797735	1.01135
12	.904373	.797346	1.0114

95% lower and upper bounds reported

- (1) irfname = test\_irf, impulse = l\_precioscf, and response = l\_precioscf
- (2) irfname = test\_irf, impulse = l\_precioscf, and response = l\_constl
- (3) irfname = test\_irf, impulse = l\_constl, and response = l\_precioscf
- (4) irfname = test\_irf, impulse = l\_constl, and response = l\_constl

**Figura 7.** Causalidad de Granger.

Granger causality Wald tests

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
l_precioscf	l_constl	27.93	4	0.000
l_precioscf	ALL	27.93	4	0.000
l_constl	l_precioscf	9.2447	4	0.055
l_constl	ALL	9.2447	4	0.055