



Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas  
Programa de Magíster en Economía de Recursos Naturales y del Medio Ambiente.

**Estimación econométrica de la demanda de agua residencial para la Octava  
Región del Bío Bío, Chile.**

Tesis para optar al grado de Magíster en Economía de Recursos Naturales  
y del Medio Ambiente.

FELIPE ARIEL ESPINOZA TRONCOSO  
CONCEPCIÓN-CHILE  
2016

Profesor Guía: Felipe Vásquez Lavín  
Dpto. de Economía, Facultad de Ciencias  
Económicas y Administrativas  
Universidad de Concepción

## Agradecimientos

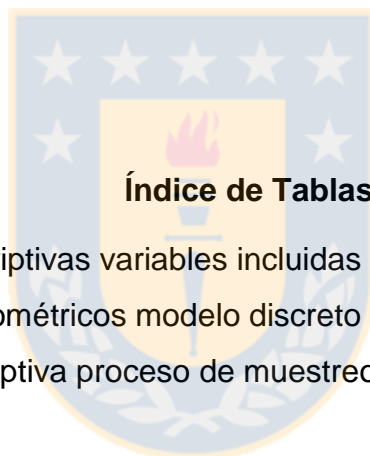
Agradezco el apoyo financiero que me brindó el Núcleo Científico Milenio en Economía Ambiental y Recursos Naturales de la Universidad de Concepción el cual me otorgó una beca para cursar la totalidad del programa de Magíster en Economía de Recursos Naturales y el Medio Ambiente de la Universidad de Concepción.

Agradezco al *International Development Research Center* (IDRC-Canada), por su apoyo en el marco del proyecto “*Welfare and Economic Evaluation of Climatic Impacts on Water Resources at River Basin Scale: EEC2 – Water Project*”. (Nº. 106924-001). Además, agradezco a la empresa ESSBIO S.A. por facilitar los datos que permitieron esta investigación.



## Índice de Contenido

Resumen.....	4
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Técnicas de Estimación.....	10
Objetivo.....	11
Modelo Discreto Continuo.....	12
Datos.....	15
Resultados Econométricos.....	20
Conclusión.....	23
Referencias.....	24



## Índice de Tablas

Tabla1: Estadísticas descriptivas variables incluidas en el modelo.....	18
Tabla 2: Resultados econométricos modelo discreto continuo.....	20
Tabla 3: Estadística descriptiva proceso de muestreo.....	21

## Índice de Gráficos

Gráfico1: Información geo-referenciada hogares en la Región de Bío-Bío.....	16
Gráfico 2: Histograma de frecuencia consumo promedio de agua potable.....	18
Gráfico 3: Comparativo del consumo de agua con temperaturas y precipitación.....	19
Gráfico 4: Estimación de funciones de densidad por Coeficientes.....	22

## Resumen

El objetivo de esta investigación es estimar la demanda de agua residencial para la Región del Bío-Bío, Chile. Por medio del modelo discreto continuo el cual incorpora la decisión discreta que enfrentan los hogares frente a una estructura tarifaria en bloques y la decisión continúa asociada a la cantidad de agua a consumir una vez seleccionado el bloque. Dada la necesidad que enfrenta la región por conservar el recurso hídrico dado los efectos del cambio climático se hace necesario encontrar un instrumento de mercado que permita su conservación. En este contexto este artículo da respuesta a la pregunta de investigación siguiente: ¿Puede el precio ser utilizado como un instrumento de mercado que permita conservar el agua de uso residencial en la Región del Bío-Bío, Chile? La estimación econométrica arroja que la demanda de agua resulta ser inelástica con respecto a precios e ingresos con magnitudes  $-0,31$  y  $0,28$ , respectivamente. Evidenciando una elasticidad precio lejana a cero contestando de manera positiva la pregunta antes planteada. Además dentro de la estimación se incorporan variables climáticas como temperatura y precipitaciones más características propias de los hogares.

## Abstract

The objective of this research is to estimate the demand for residential water to the Bío Bío Region, Chile. Through continuous discrete model which incorporates the discrete decision that households face in front of a block tariff structure and the decision remains associated with the amount of water to consume after selecting the block. Given the need faced by the region to conserve water resources given the effects of climate change it is necessary to find a market instrument that allows preservation. In this context, this article answers the following research question: Can the price be used as a market instrument that allows conserve water for residential use in the Bío Bío Region, Chile? The econometric estimation reveals that water demand is inelastic with respect to price and income with magnitudes  $-0.31$  and  $0.28$ , respectively. Showing a zero price elasticity distant positively answering the above question. In addition within the estimate climatic variables such as temperature and rainfall more characteristics typical of households are incorporated.

## Introducción.

La Región del Bío Bío ha presentado en los últimos años déficit de precipitaciones de agua lluvia y nieve, embalses semivacíos y poca nieve en la cordillera, esta disminución del recurso hídrico es producida directamente por los efectos de cambio climático, efectos que se han intensificado en las últimas décadas producido por el aumento de las temperaturas y una disfunción de las precipitaciones<sup>1</sup>. Lo anterior tiene una implicancia directa con Región del Bío Bío dado que es la tercera región de Chile en utilización y producción de agua residencial<sup>2</sup>. Además, es la cuarta con mayor participación en el Producto Interno Bruto, alrededor de un 8%, entre las 15 regiones del país<sup>3</sup>.

La principal empresa sanitaria abastecedora de agua residencial de la Región del Bío Bío es ESSBIO, esta tiene un sistema tarifario de bloque creciente con dos bloques de consumo, el segundo bloque corresponde a un cobro por sobreconsumo que se aplica en los meses de verano (Diciembre, Enero, Febrero y Marzo), este sobreconsumo se cobra a partir de los cuarenta metros cúbicos de consumo. Esta estructura busca incentivar la conservación y la utilización responsable del agua potable en los meses de mayor temperatura.

Las decisiones de políticas en torno a cómo hacer frente a esta escases, en el corto y largo plazo, tienen que ver principalmente en cómo se pueden utilizar instrumentos de gestión de precio y de no precio para incentivar la conservación del recurso y promover un consumo consciente por parte de la población. En este sentido diferentes autores (Corral et al.,1998; Olmstead y Stavins, 2006; Grafton, 2011) han señalado que aunque la demanda de agua residencial es inelástica con respecto al precio, intervenir en este puede ser una medida efectiva para reducir el consumo de agua especialmente en las estaciones secas del año o cuando los episodios de sequías son más largos.

En esta línea juega un rol fundamental la estructura tarifaria de agua residencial que cada país utiliza, los principales esquemas de tarifas incluyen tarifas uniformes, es decir, precio marginal constante y tarifas de precios bloques, crecientes o decrecientes, en donde el hogar paga diferentes precios marginales a diferentes niveles de consumo. El uso de tarifas de bloque crecientes ha sido considerado como un esquema de tarifa que promueve equidad, eficiencia y sustentabilidad (Rogers et al., 2002; OECD, 1999).

El análisis económico tradicional asume que la cantidad de un bien consumido depende del nivel de ingresos que poseen los consumidores y el precio tanto del bien en estudio como de los n bienes restantes que se consumen. Es decir:

---

<sup>1</sup> Informe de gestión de la sequía 2014 de la industria sanitaria en Chile. ANDESS CHILE

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadística, INE, Informe anual medio ambiente, año 2010.

<sup>3</sup> Banco Central de Chile, anuario estadístico: Cuentas Nacionales de Chile 2008-2013.

$$q = f(y, p_1, p_2, \dots, p_n)$$

Donde  $q$  es la cantidad consumida del bien en cuestión;  $y$  es el nivel de ingreso percibido por el consumidor y finalmente  $p_1, p_2, \dots, p_n$  representan los diferentes precios de los  $n$  bienes<sup>4</sup>. Esta teoría neoclásica del comportamiento de consumidor muestra que el individuo maximiza una función de utilidad definida en términos de los  $n$  bienes, dada su limitación de ingresos.

Especificar una función de demanda de agua bajo el esquema anteriormente planteado no es trivial dado que los consumidores compran el bien en bloque a un precio marginal creciente obteniendo como resultado una restricción presupuestaria no lineal debido a la falta de un precio único. En estudios sobre demanda energética, Taylor (1975) señala tres consecuencias de la no linealidad en la restricción presupuestaria:

1. El equilibrio del consumidor no puede ser obtenido por el método convencional, es decir, mediante la resolución de las condiciones de primer orden para la maximización de la función de utilidad.
2. Las funciones de demandas son discontinuas, saltando cuando el equilibrio cambia de un segmento de la restricción a otra.
3. La no convexidad de la restricción presupuestaria puede significar que para determinadas configuraciones de precios, la misma curva de indiferencia es tangente a las limitaciones en varios puntos<sup>5</sup>.

En primer lugar está la discusión de si es más conveniente usar el precio medio o el precio marginal para la estimación. Taylor (1975), en un estudio de demanda de energía eléctrica sugirió que bajo un esquema de tarifas en bloques crecientes se debe incluir entre las variables explicativas el precio marginal y el precio medio. Posteriormente Nordin (1976) modifica la especificación de Taylor, e incluye una variable diferencia la cual absorbe los efectos de tasas intramarginales. Dicha variable se define como el total de la factura pagada por el consumo de agua menos el valor de la factura si todas las unidades fuesen cobradas al precio marginal. Así mismo, se han creado test de hipótesis que permiten identificar el precio al cual reaccionan los consumidores. Chicoine et al. (1986) presentan un test empírico de hipótesis concerniente al precio al cual los consumidores reaccionan cuando el agua potable se vende bajo una estructura

---

<sup>4</sup>  $f$  es una función lineal o no lineal.

<sup>5</sup> Se discute en la literatura la eficiencia de esta estructura tarifaria. Sin embargo, no es tema de este trabajo.

tarifaria en bloques. Nieswiadomy et al. (1991) presentan un modelo alternativo para testear la hipótesis de reacción al tipo de precio por parte de los consumidores.

En segundo lugar, está el problema de endogeneidad<sup>6</sup>. Para hacer frente a este problema, diversos economistas han ideado mecanismos de acercamiento al problema que, con mayor o menor éxito, han permitido generar estimaciones confiables. Las formas más usadas en la literatura para corregir este problema han sido:

- Usar variables instrumentales. Algunos estudios han usado como variable instrumental la tarifa de alcantarillado, ya que está correlacionada con el precio del agua, pero no con el error del modelo en el que se busca explicar el consumo de agua. Otro método muy conocido es el de Arellano Bond (1999) que usa los rezagos como variable instrumental para corregir la endogeneidad, cuando se tienen datos de panel.
- Modelar directamente la elección del bloque de consumo y la cantidad de consumo en ese bloque. La mayoría de los trabajos recientes han utilizado este procedimiento. (Hewitt et al., 1995; Cavanagh et al., 2002) lo hicieron para Estados Unidos, mientras que (Strazzer, 2006; Foster, 1981) para Italia.

Naturalmente los precios y sus estructuras no son las únicas variables que influyen sobre la cantidad final de agua residencial que pagan los consumidores también influyen los el ingreso que acumulan los consumidores en un intervalos de tiempo específico, variables propias de estos, características propias de los hogares y variables propias del entorno como temperaturas y nivel de precipitaciones. A continuación se detallan cada uno de estos determinantes por separado:

#### ➤ **Los ingresos de los hogares:**

El ingreso es normalmente per cápita o por hogar. Una consideración adicional es que el ingreso, a través de su correlación con la educación puede ser el reflejo de las medidas de conservación de agua potable tomadas por el propio hogar mediante la compra de electrodomésticos y plantación de vegetación tolerante a las sequias. Sin embargo, Dado que los ingresos pueden aproximar la riqueza, los ingresos se pueden utilizar para aproximar otros bienes normales y de lujo asociados con el consumo de agua en los como piscinas, piletas, etc.

---

<sup>6</sup> El problema de endogeneidad en economía se refiere a la doble causalidad que existe entre precio y cantidad cuando se estima la demanda de un determinado bien (¿el precio determina la demanda o la demanda determina el precio?).

### ➤ **El Tiempo y los Factores Estacionales:**

La demanda de agua de los hogares comprende dos componentes principales: la demanda no discrecional y discrecional. El uso del agua no discrecional se refiere normalmente a necesidades básicas como beber, cocinar, bañarse y descarga de inodoros. El uso del agua discrecional que normalmente incluye usos externos como regar el césped, los jardines, llenado de piscinas, lavar los coches, lavandería, lavavajillas, duchas y otros usos de baño de lujo. En general, y por razones obvias, el uso del agua discrecional es considerado como más sensible al precio que el uso del agua no discrecional. En consecuencia, El uso de agua residencial suele ser muy sensible a las fluctuaciones estacionales. Maidment et al., (1986) examinaron el uso diario de agua en nueve ciudades de Estados Unidos, Ellos encontraron que hay una respuesta no lineal del uso del agua a los cambios de temperatura, experimentando un aumento en el uso del agua con temperaturas superiores a 21 ° C.

El tiempo y los factores estacionales se han especificado de muchas maneras para incorporarlos en las estimaciones de la demanda de agua residencial. Estos van desde la temperatura, minutos de sol, niveles de precipitación, el número de días de lluvia e incluso la tasa de evapotranspiración de pasto. En esta misma línea, variables ficticias se utilizan generalmente para tener control en la estimación sobre consumos invernales o de verano. (Griffin et al., 1990; Stevens et al., 1992; Billings et al., 1980; Agthe et al., 1986; Nieswiadomy et al., 1989; Hewitt et al., 1995; Hoffman et al., 2006).

### ➤ **Población y Composición del Hogar:**

Como la variable dependiente es definida como el consumo de agua por hogar, el tamaño del hogar está asociado positivamente con el uso del agua. Sin embargo, no todos los estudios han incluido el tamaño del hogar dentro de sus estimaciones. Agthe (1980), Nieswiadomy (1992), Arbués et al. (2000) encontraron que el aumento en el uso del agua residencial es muchas veces inversamente proporcional al aumento en el tamaño del hogar o de la población. Se piensa que un aumento en el número de hogares, cuando la población se mantiene constante, daría lugar a un aumento en la demanda total de agua en un área. De la misma manera, un aumento de la población en zonas densamente pobladas es poco probable que se asocie con un aumento en el consumo.

Una consideración adicional es la composición del hogar. Nauges et al. (2000), argumentaron que el consumo de agua en las zonas con una mayor proporción de personas más jóvenes es probable que sea mayor debido al lavado más frecuente y el uso de las actividades de ocio al aire libre que requieran mucha agua. En contraparte, las comunidades con una mayor



proporción de habitantes de edad avanzada pueden estar más centradas en la jardinería (Martínez et al., 2003).

➤ **Datos y Frecuencia de Muestreo:**

Con frecuencia la disponibilidad (o ausencia) de datos adecuada han diezmado los intentos de modelar la demanda de agua residencial. En teoría, las estimaciones con datos a nivel de los hogares serían las más valiosas es por esta razón que muchos investigadores abogan por el uso de las encuestas de hogares para identificar de forma específica y medir todas las características de los hogares utilizando un muestreo aleatorio estratificado (Foster et al., 1981; Nieswiadomy, 1992; Nieswiadomy et al., 1993; Higgs et al., 2001; Arbu 'ES et al., 2000; Hajispyrou et al., 2002; Rizaiza, 1991; Renwick et al., 1998.). La falta de disponibilidad de datos puede ayudar a explicar la alta tasa de reutilización de los datos en los trabajos publicados. A lo largo de los años diversos autores han utilizado el mismo conjunto de datos para realizar sus estimaciones, los datos de 1974-1980 de Tucson, Arizona han sido ocupados por Agthe et al. ,(1980), (1986) Y (1987). De igual manera la información de los años 1976-1985 de Denton es utilizada en los artículos de varias investigadores (Nieswiadomy et al., 1989 y 1991; Griffin et al., 1990; Hewitt et al., 1995; Gaudin et al., 2001). Lo anterior ha generado que las estimaciones sean generalmente consistentes a pesar de los diferentes enfoques. De igual manera esto podría verse como un defecto en la literatura.

➤ **Elasticidad Precio e Ingreso:**

Una de las principales barreras para la elección de los precios adecuados de agua en el sector residencial es la percepción común entre los políticos de que los precios no afectan a la demanda de agua - en términos técnicos que la elasticidad de la demanda de agua con respecto al precio es casi cero -. La literatura disponible muestra que, aunque la demanda de agua residencial es inelástica a los precios, la magnitud de la elasticidad no está cercana a cero, sino que se encuentra en el rango de -0,2 a 0,7 (Arbués et al., 2003; Dalhuisen et al., 2003; Olmstead et al., 2008; Schleich et al., 2009; Worthington et al., 2008). Estimaciones de la demanda de agua residencial indican que esta resulta ser inelástica pero no insensible a los precios. Por ende el precio podría ser un instrumento que promueva la conservación de recursos Hídricos. Se debería incorporar en los precios para el usuario final la escasez marginal y el costo ambiental del uso de agua de una determinada región, como una importante medida de regulación (Polycarpou et al., 2012). Los niveles de precios son muy inferiores a los que serían necesarios para tener en cuenta los costos reales de la escasez (Zachariadis, 2010).

Con el fin de analizar las estimaciones de las elasticidades de manera transversal entre la literatura Dalhuisen et al. (2003) realizan un Meta-análisis el cual constituye un instrumento adecuado para estudiar la variación de las elasticidades precio e ingreso considerando

diversos resultados de variados autores en distintos periodos del tiempo. Los autores se concentran en revisiones literarias disponibles (Hewitt, 1993; Baumann et al., 1998). Además, comparan su trabajo con el meta-análisis de Espey et al. (1997). Posteriormente, identifican estudios adicionales a través de "persecución de referencia", con el fin de adquirir más artículos publicados. Este procedimiento de recuperación les resultó en 64 estudios, de los que derivaron 314 estimaciones de la elasticidad precio y 162 estimaciones de la elasticidad ingreso. La distribución de las elasticidades de los precios tiene una media maestra de -0,41, una mediana de -0,35 y una desviación típica de 0,86. En línea con las expectativas teóricas la mayoría de las estimaciones son negativas. Sin embargo, el número de estimaciones menores que -1 es considerablemente mayor que las estimaciones de más de -1, proporcionando evidencia sustancial de que la demanda de agua es inelástica con respecto al precio. La distribución de las elasticidades ingreso tiene una media de 0,43 y una mediana de 0,24, pero el rango de valores es menor que la de las elasticidades del precio (desviación estándar 0,79). Aproximadamente el 10% de las estimaciones es mayor que 1 y, por tanto, corroborando de nuevo las expectativas teóricas, la demanda de agua parece ser inelástica en términos de cambios en el ingreso.

### **Técnicas de Estimación.**

La literatura existente sobre los modelos de demanda de agua implica numerosas técnicas econométricas de estimación. Para datos de corte transversal, las técnicas empíricas empleadas incluyen: Mínimos cuadrados ordinarios (MCO), mínimos cuadrados generalizados (GLS) en dos y de tres etapas (MC2E, MC3E, respectivamente) y variables instrumentales (VI). En cuanto a los datos de series de tiempo, modelos autorregresivos y técnicas de cointegración también son utilizados. Los métodos MCO dominan la literatura de demanda de agua (Billings et al., 1980; Chicoine et al., 1986; Hewitt et al., 1995; Higgs et al., 2001; Martínez et al., 2003). Existe el problema de la simultaneidad que se presenta al utilizar datos con los precios en estructura bloques<sup>7</sup>. Debido a esto la estimación por medio de MCO produce parámetros sesgados e inconsistentes. Dado a que hay una necesidad de encontrar un sustituto para el precio han sugerido varias técnicas como VI (Nieswiadomy et al., 1991; Agthe et al., 1986; Agthe et al., 1987; Hewitt et al., 1995; Barkatullah, 1996; Higgs et al., 2001).

En lo que respecta a las forma funcionales de utilizados para estimar demandas de agua la función Cobb-Douglas, que es sinónimo del modelo log-log no lineal puesto que una de las propiedades bien conocidas de esta familia de funciones es que los coeficientes representan las elasticidades de la variable dependiente con respecto a las variables independientes

---

<sup>7</sup> El problema de simultaneidad se presenta cuando los consumidores pueden seleccionar la cantidad de agua que se exige, la cual también puede ser determinada por el precio.

manteniendo constantes todas las demás variables. Esto elimina la necesidad de calcular elasticidades parciales. Las ecuaciones de Cobb-Douglas son utilizadas ampliamente en la literatura para estimar demandas de agua (Foster, 1981; Nieswiadomy et al., 1993; Hewitt et al., 1995; García et al., 2004; Gaudin et al., 2001; Martínez et al., 2004).

Otra forma de estimar la demanda de agua residencial bajo tarifas de bloque es el modelo de elección discreto/continuo (D/C) a través de máxima verosimilitud, este modelo reconoce y aborda el problema de simultaneidad entre el precio y la cantidad de agua consumida, fue utilizado por primera vez para el mercado del trabajo por Burtless y Hausman (1978), luego Moffitt (1986 y 1990) hace una generalización del modelo. Unos de los primeros trabajos empíricos para demanda de agua residencial fueron desarrollado por Hewitt y Hanemann (1995), Hewitt (2000), Olmstead et al. (2007). El modelo D/C modela las dos decisiones del consumidor, primero sobre la decisión discreta que señala en que bloque consumir y luego la decisión continua, condicionada a la decisión discreta, sobre cuanta cantidad de agua consumir en dicho bloque. La incorporación de la decisión discreta es una de las principales diferencias con los modelos de regresión utilizados. En esta estructura de precio el consumidor se enfrenta a una restricción de presupuesto no lineal, que estará formada por las diferentes elecciones de consumo que este realice, así bajo esta estructura tarifaria la función de pago por consumo de agua residencial  $c(x_1)$  que enfrenta el consumidor, suponiendo por ejemplo la existencia de tres bloques, está dada por:

$$c(x_1) = \begin{cases} p_{11}x_1 + FC, & \text{si } 0 \leq x_1 \leq x_{11} \\ p_{12}(x_1 - x_{11}) + p_{11}x_{11} + FC, & \text{si } x_{11} < x_1 \leq x_{12} \\ p_{13}(x_1 - x_{12}) + p_{12}(x_{12} - x_{11}) + p_{11}x_{11} + FC, & \text{si } x_{12} < x_1 \end{cases}$$

Donde FC corresponde al cargo fijo que tiene el consumo de agua,  $p_{ij}$  corresponde al precio por el bien  $i$  en el bloque  $j$ .

Este modelo agrega el problema de simultaneidad en su estimación al incorporar dos términos de error, uno que representa la heterogeneidad de las preferencias de los consumidores de agua que no es explicada por las características del hogar, este error se incluye porque el econométrista no puede explicar perfectamente las preferencias debido a datos mal especificados o datos no observados, pero este no es un error atribuible a las familias, ya que se asume que ellas conocen sus propias preferencias; el segundo es un error aleatorio inobservable que considera que hay fenómenos que son inobservables tanto para las familias como para el econométrista.

## Objetivo.

Este artículo tiene por objetivo estimar la demanda de uso residencial en la Octava Región del Bío-Bío de Chile con micro datos de consumo de hogares proporcionados por la empresa

sanitaria ESSBIO para el periodo 2007 – 2012. En la región no existe evidencia empírica disponible. Dicho lo anterior, el aporte fundamental de este trabajo es de carácter empírico. La estimación se realiza a través de un modelo de elección discreto / continuo, por el método de máxima verosimilitud<sup>8</sup>. La estimación de la demanda de agua residencial es relevante para el desarrollo de políticas públicas centradas en incentivar la conservación y disminución en el consumo de este recurso natural que se vuelve escaso principalmente por el aumento de la población y por los efectos del cambio climático.

### **Pregunta de investigación:**

¿Puede el precio ser utilizado como un instrumento de mercado que Permita conservar el agua de uso residencial en la Región del Bío-Bío, Chile?

Respuesta esperada:

$$\beta_p < 1$$

Dicho parámetro representa la elasticidad precio de la demanda de agua residencial. La evidencia empírica internacional demuestra que este efecto es menor que 1 y de signo negativo evidenciando una demanda de agua residencial inelástica. En esta misma línea, el parámetro ha mostrado ser estadísticamente significativo. Además, pese a ser inelástica la demanda de agua esta resulta ser sensible a cambios en el precio siendo el valor del parámetro de magnitud lejana de cero en términos absolutos.

### **Objetivo General:**

- ✓ Estimar la demanda de agua de uso residencial para la Octava Región del Bío-Bío, Chile. A nivel de micro datos utilizando información de los hogares adscritos a la empresa sanitaria ESSBIO entre el periodo 2007 – 2012.

### **Modelo Discreto Continuo.**

El modelo discreto continuo (DCC) en sus orígenes fue desarrollado en el estudio de la oferta de trabajo por Hausman (1978 y 1985) y generalizado por Moffitt (1990 y 1986). La descripción que se muestra a continuación fue desarrollada por S. M. Olmstead et al. (2007) quien contextualizo el DCC a problemas de consumos discretos continuos Hanemann (1984) y fue aplicado por primera vez por Hewitt (1993).

---

<sup>8</sup> modelo hace frente con los principales problemas de estimación que se presentan bajo una estructura tarifaria de bloque, principalmente el problema de simultaneidad entre la determinación del precio a cancelar y la cantidad a consumir

En el presente análisis se utiliza una función de demanda log-log, descrita por la siguiente ecuación:

$$\ln(w) = Z\delta + \alpha \ln(p) + \gamma \ln(y) + \eta + \varepsilon$$

La variable dependiente es el logaritmo de la demanda de agua de los hogares. El precio marginal del agua es  $p$ , el ingreso es  $y$ . Dentro de la demanda de agua residencial una pequeña fracción se utiliza para beber y un porcentaje mayor se destina para bienes y servicios tales como: lavar ropa, baños y zonas verdes. Por lo tanto, como se discutió anteriormente, el precio y los ingresos no son las únicas variables exógenas que se deben considerar para explicar el consumo urbano de agua, existen características propias del hogar que también deben ser consideradas además de variables climáticas como temperaturas y precipitaciones. Todas estas variables están contenidas en la matriz  $Z$ <sup>9</sup>.

El modelo tiene dos términos de error. La primera fuente de error es ( $\eta$ ) la cual representa las preferencias de consumo de agua entre los hogares la cual no se explica por las características de los hogares en  $Z$ . La segunda fuente de error ( $\varepsilon$ ) refleja el error aleatorio no observable dentro del hogar y la diferencia entre el consumos observado y el esperado. Desde la perspectiva de las familias, el consumo real puede no coincidir con el óptimo debido a fugas u otras causas. Desde la perspectiva del analista  $\varepsilon$  capta estas desviaciones así como el error habitual de medición. Se asumen que los dos errores son independientes y normalmente distribuidos con media cero y varianzas  $\sigma_{\eta}^2$  y  $\sigma_{\varepsilon}^2$ .

Si todos los hogares se enfrentan a precios uniformes para el agua la función de demanda combinando con términos de error normales produce una función de log-verosimilitud convencional para una regresión logarítmica normal que se estima de la misma forma que mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

$$\ln(L) = \sum \ln \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp\left(\frac{-s^2}{2}\right)}{\sigma_v} \right)$$

Dónde:  $v = \eta + \varepsilon$

---

<sup>9</sup> Por lo general una función de demanda de agua toma la forma  $QD = f(P, Z)$ . Donde  $QD$  es la cantidad de agua residencial consumida,  $P$  es alguna medida de los precios de agua y  $Z$  es una matriz que representa otras variables independientes que se creen que impactan a la demanda de agua residencial, Worthington (2008).

$$s = \left( \frac{\ln(w) - \ln(w^*(Z, p, y, \delta, \alpha, \gamma))}{\sigma_v} \right)$$

Sin embargo, con estructuras en bloque crecientes estimar la demanda de agua se hace más complicado. Dado que se tienen  $k$  bloques, cada uno con precio de bloque  $p_k$ , los bloques están separados por  $k-1$  puntos de inflexión denotados como  $w_k$ . En la actualidad existe una discusión fundamental entre funciones de demanda condicional y función de demanda incondicional. La demanda condicional se define como la cantidad que el individuo consume condicional en el hecho de que su consumo está en el  $k^{\text{th}}$  bloque. Esto es simplemente la función de demanda evaluada en el precio marginal  $p_k$  y los ingresos iguales a  $\tilde{y}_k = y + d_k$ , donde:

$$d_k = \begin{cases} 0 & , k = 1 \\ \sum_{j=1}^{k-1} (p_{j+1} - p_j) w_k & , k > 1 \end{cases}$$

Para los hogares que consumen en cualquier lugar superior al primer bloque existe una brecha entre el precio marginal y el precio medio. La diferencia entre lo que un hogar pagaría si todas las unidades se pagan a un precio marginal y lo que realmente pagan se explica por la adición a los ingresos de la diferencia  $d_k$ , esto constituye un mecanismo de subsidio implícito. La suma de los ingresos  $d_k$  es comúnmente llamado “ingreso virtual” el cual es denotado como  $\tilde{y}_k$ .

Teniendo en cuenta la determinación simultánea del consumo y el precio del bloque, si se emplea una especificación típica de un error estocástico, la magnitud del término del error, el precio marginal y los ingresos virtuales se correlacionarían de forma sistemática implicando que las estimaciones de los parámetros por medio de MCO resultarían sesgadas e inconsistentes.

El modelo DCC es un modelo de máxima verosimilitud el implícitamente recoge estas observaciones. La función de probabilidad logarítmica para  $k > 1$  esta dada por la ecuación siguiente en donde  $\Phi$  es la función de distribución acumulada normal estándar. El primer sumando representa el consumo a los largo de  $k$  segmentos presupuestarios lineales y el segundo sumando representa el consumo para las  $k-1$  torceduras.

$$\ln L = \sum \ln \left[ \sum_{k=1}^K \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp\left(-\frac{(s_k)^2}{2}\right)}{\sigma_v} \right) (\Phi(r_k) - \Phi(n_k)) \right. \\ \left. + \sum_{k=1}^{K-1} \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\exp\left(-\frac{(u_k)^2}{2}\right)}{\sigma_\varepsilon} \right) (\Phi(m_k) - \Phi(t_k)) \right]$$

Dónde:

$$\begin{aligned} v &= \eta + \varepsilon & t_k &= (\ln w_k - \ln \underline{w}_k^*(.))/\sigma_\eta \\ \rho &= \text{corr}(v, \eta) & r_k &= (t_k - \rho s_k)/\sqrt{1 - \rho^2} \\ s_k &= (\ln w_i - \ln \underline{w}_k^*(.))/\sigma_v & m_k &= (\ln w_k - \ln \underline{w}_{k+1}^*(.))/\sigma_\eta \\ u_k &= (\ln w_i - \ln w_k)/\sigma_\varepsilon & n_k &= (m_{k-1} - \rho s_k)/\sqrt{1 - \rho^2} \end{aligned}$$

Los parámetros estimados se pueden utilizar para calcular la demanda incondicional esperada y para medir la elasticidad de la demanda. La elasticidad precio de la demanda global se define con respecto a un cambio equi-proporcional en todos los precios de bloque<sup>10</sup>.

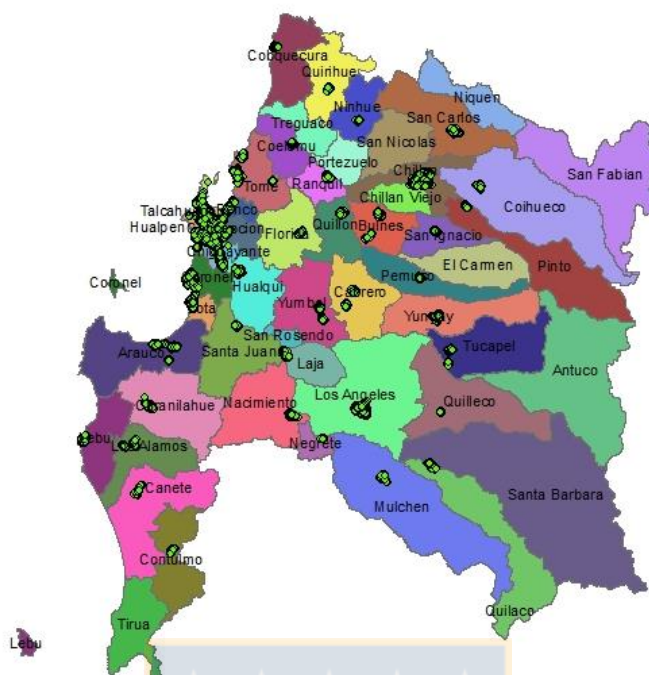
## Datos.

Como se mencionó anteriormente la empresa sanitaria que entrega los servicios de producción y distribución de agua potable, evacuación y descontaminación de aguas servidas en la mayor parte de la región del Bío-Bío es ESSBIO. Esta empresa proporcionó los datos de consumo de agua en metros cúbicos a nivel de hogares desde septiembre de 2006 a diciembre del 2012 para 400 mil hogares de 194 distritos (45 comunas). Además en sus datos incluyen la información geo-referenciada de cada hogar, como se muestra en la gráfica siguiente:

<sup>10</sup> El modelo DCC Propuesto por Hanemann y Stavins (2001) consiste en una función de máxima verosimilitud formulada para dos términos estocásticos a partir de la cual se obtiene una esperanza matemática, al maximizar esta probabilidad se generan los estimadores de los parámetros buscados. En este método, la manera específica de la de la función logarítmica de verosimilitud a maximizar dependerá de la estructuras de precios que enfrenta cada consumidor (Jaramillo-Mosqueira, 2005).



**Gráfico1: Información geo-referenciada hogares en la Región de Bío-Bío.**



**Puntos verdes muestran la ubicación del cliente en la región de análisis. Base de datos de clientes Essbio.**

La región enfrenta una estructura tarifaria de bloque creciente, de dos bloques, se tiene un costo fijo más un cargo variable por m<sup>3</sup> según consumo (precio del primer bloque), y un cargo variable, denominado cargo por sobreconsumo, para el consumo por sobre los 40m<sup>3</sup>, este último cargo sólo se considera en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (precio del segundo bloque). La fijación de las tarifas es realizada por la empresa pero es regulada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) de Chile. Los precios de cada cargo son determinados según la ubicación geográfica del hogar dentro de la región, diferenciando dos zonas (G1 y G2), además los precios se reajustan cada periodo, todo esto nos permite tener la variabilidad necesaria en los datos de precios para el proceso de estimación.

Las características de los hogares que se incorporan en el proceso de estimación son extraídas del CENSO del año 2002, obteniendo promedios por distrito de las variables incorporadas. Adicionalmente, se utiliza el ingreso monetario del hogar promedio por comuna obtenido desde la Encuesta de Caracterización Socioeconómica, CASEN, de los años 2006, 2009 y 2011.

Finalmente se incorpora a través de un proceso de interpolación información climática obtenida de las estaciones meteorológicas ubicadas en la región. Esta información está disponible



desde el año 2007 al 2013, y corresponde a promedios mensuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitaciones, con una variación cada 100 metros de distancia.

De esta forma se cuenta con información de consumo de agua residencial a nivel de hogares de la octava región del Bío-Bío, con características del hogar a nivel de distrito (promedio por distrito), con el ingreso monetario del hogar a nivel de comuna y con información climática que cubre todo el territorio, con variabilidad cada 100 metros.

Con el propósito de comparar resultados se estimará la función de demandas de agua residencial de la Región del Bío Bío por el método de estimación Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y el método de Máxima Verosimilitud que entregará la estimación del Modelo Discreto Continuo (D/C). Las Variables que entran en el modelo son:

- ✓ Consumo agua residencial mensual del hogar medido en metros cúbicos.
- ✓ Tarifa que corresponde al cálculo del valor de la boleta cancelada por el consumidor
- ✓ Precio Marginal Corresponde al precio marginal cancelado por el consumidor
- ✓ Precio Bloque 1 Corresponde al precio del primer bloque.
- ✓ Precio Bloque 2 Corresponde al precio del segundo bloque.
- ✓ Cargo fijo cobrado por la empresa sanitaria.
- ✓ Ingreso: Ingreso monetario promedio de la comuna, según decil de ingreso.
- ✓ Número de Piezas: Media del número de habitaciones en el hogar (no incluye baño) por distrito.
- ✓ Número de duchas: media del número de duchas en el hogar.
- ✓ Edad cliente: edad promedio de los habitantes del jefe de hogar por distrito.
- ✓ Temperatura Máxima: Promedio temperatura máxima mensual en grados Celsius.
- ✓ Precipitaciones: Precipitaciones promedio mensual, medida en milímetros

El siguiente cuadro muestra la estadística descriptiva de las variables antes mencionadas:

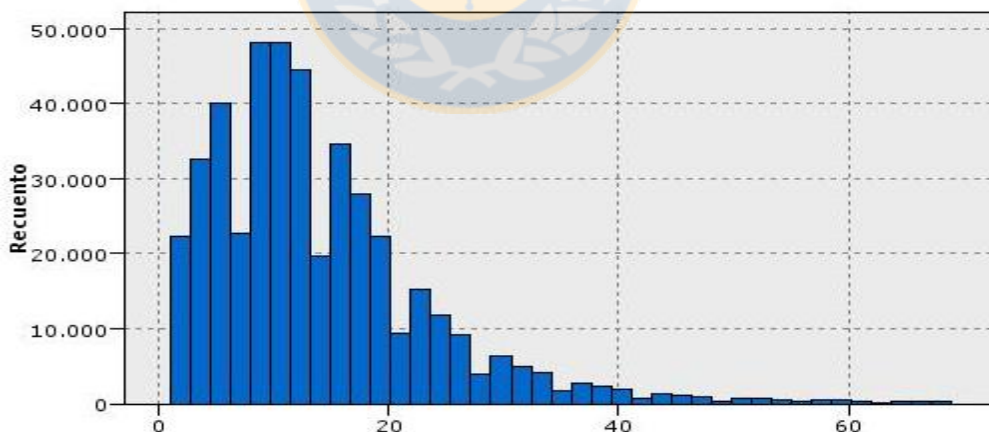
**Tabla1: Estadísticas descriptivas variables incluidas en el modelo**

<b>Variables</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>
Consumo(mm3)	0,0	100,0	13,9	10,2
P1	610,5	1.027,6	778,2	99,2
P2	610,5	2.115,1	1.024,0	378,4
Cargo Fijo	534,0	651,0	595,2	30,8
Tarifa	545,3	209.990,9	14.909,9	12.599,8
Precio. Marginal	610,5	2.115,1	785,7	123,3
Ingreso	137.407,7	896.197,9	474.537,2	171.625,3
Precipitaciones (mm)	0,0	270,0	90,8	82,4
Temperatura (grados)	11,0	25,0	17,6	4,2
Edad Clientes (años)	41,1	57,3	48,7	2,7
Núm. de duchas hogar	1,1	5,2	1,6	0,4
Núm. de Piezas hogar	4,1	8,2	5,2	0,6
Núm. Habitantes hogar	1,4	3,0	2,1	0,1

**Fuente: Elaboración Propia. Base de datos ESBPIO.**

El consumo promedio de agua de los clientes se resume en el siguiente histograma:

**Gráfico 2: Histograma de frecuencia consumo promedio de agua potable**

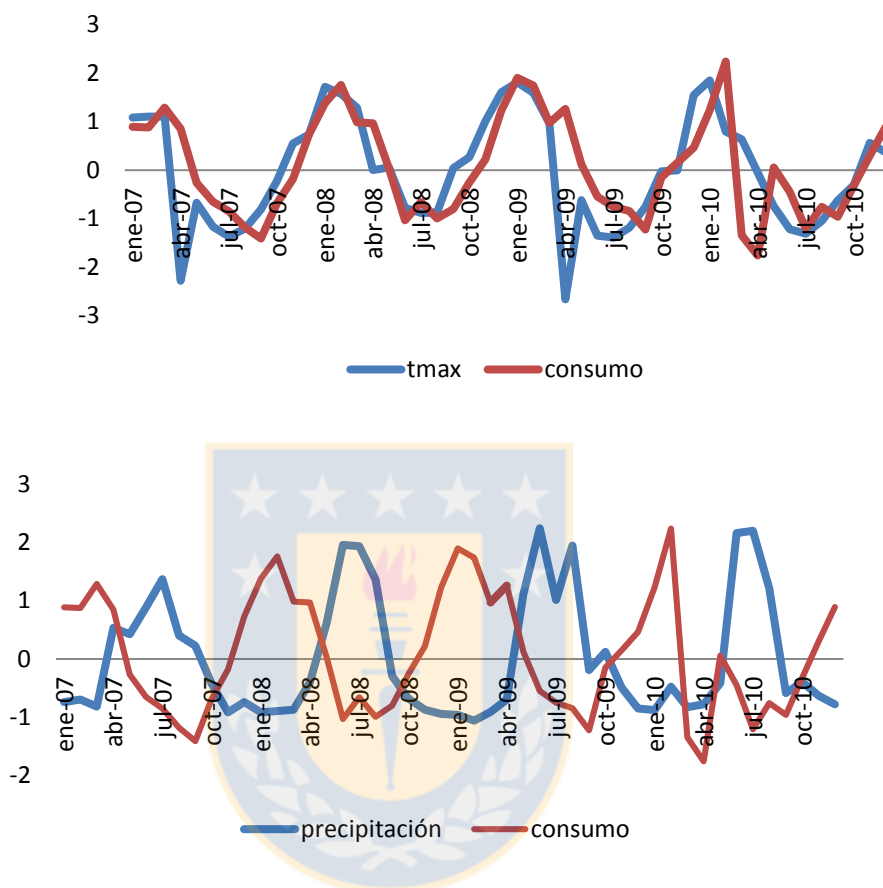


**Fuente: Elaboración Propia, eje horizontal corresponde al consumo de agua en m3.**

Las tendencias de las variables climáticas como temperatura y precipitación desde el año 2007 hasta el 2010 se muestran en los siguientes gráficos. Estas variables son comparadas con

el consumo de agua potable de los clientes en el mismo periodo de tiempo para observar la relación existente.

**Gráfico 3: Comparativo del consumo de agua con temperaturas y precipitación.**



**Fuente: Elaboración Propia.**

Para comparar las variables temperatura y precipitación con el consumo en una misma escala se estandarizaron las variables antes de graficarlas. El consumo de agua residencial ha manifestado un comportamiento directamente proporcional con respecto a las temperaturas observadas durante los años. Se observa que cuando la temperatura aumenta en los meses de verano también lo hace el consumo de agua potable, de manera análoga cuando la temperatura disminuye en los meses de invierno también lo hace el consumo de agua por parte de los hogares, la estimación del modelo debería reconocer esta tendencia con un efecto marginal positivo. Sin embargo, el nivel de precipitaciones es inversamente proporcional con el consumo de agua de los hogares, un aumento de las precipitaciones en los meses de invierno se traduce en un menor consumo. En esta misma línea, la disminución de lluvias en verano produce un aumento en el consumo de agua potable dado el aumento de las temperaturas. La literatura internacional señala que las temperaturas han aumentado en los últimos siglos junto con una

disminución del nivel de precipitaciones, los expertos señalan que de continuar este comportamiento por parte de las variables climática se llegará en el largo plazo a un estado de escasez del recurso hídrico.

## Resultados Econométricos.

En esta sección se muestran los resultados de la estimación del modelo econométrico discreto continuo con los datos de la empresa ESBBIO, teniendo como variable dependiente el consumo de agua en metros cúbicos de los hogares de la Región en función de los determinantes ya descritos. Se realiza una comparación entre el algoritmo de máxima verosimilitud y mínimos cuadrados ordinarios.

**Tabla 2: Resultados econométricos modelo discreto continuo**

	MCO	D/C
Constante	-1,7209* (-248)	-1,753* (-45)
Precio	0,2881* (195)	-0,3082* (-25)
Ingreso	0,2191* (339)	0,2849* (102)
Temperatura	0,0079* (220)	0,04398* (106)
Precipitación	0,0001* (44)	0,0008445* (41)
Nº duchas	0,0198* (70)	0,01962* (4)
Nº piezas	0,1002* (463)	0,1823* (54)
Edad Clientes	-0,0034* (-77)	-0,001041* (-5)
$\sigma_{\eta} + \sigma_{\varepsilon}$	0,3353	---
$\sigma_{\eta}$	---	0,3673* (184)
$\sigma_{\varepsilon}$	---	0,7054* (483)

\* Significativa al 1%, valores entre paréntesis corresponden a t-estadístico

**Fuente: Elaboración Propia, Ajuste en R-Project**

Para realizar la estimación econométrica anterior se muestreo la base de datos Essbio mediante un proceso de muestreo estratificado el cual tiene por objetivo buscar una representatividad a nivel regional y comunal la muestra utilizada corresponde a más de un millón de hogares en donde en una primera etapa se seleccionó al cliente mediante un proceso de aleatorización para minimizar el sesgo de selección, una vez seleccionado el cliente se consideró para la estimación toda la historia de consumo del hogar a la cual pertenece el cliente. El muestreo busco representatividad a nivel regional y comunal en el consumo promedio de agua potable de los clientes asumiendo un 5% de error absoluto con un 95% de confianza asumiendo una distribución normal. Con el fin de mostrar consistencia en los parámetros estimados para el modelo discreto continuo se aplicó 30<sup>11</sup> veces un proceso de remuestreo y se ajustó el modelo discreto continuo, La siguiente tabla muestra las estadísticas descriptivas de este proceso por coeficiente.

**Tabla 3: Estadística descriptiva proceso de muestreo.**

<b>Parámetro</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desv. Tip.</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Número de Muestras</b>
Intercepto	-1,874	0,125	-1,692	-2,021	30
Precio	-0,374	0,112	-0,281	-0,690	30
Ingreso	0,300	0,037	0,378	0,170	30
Precipitación	0,001	0,001	0,004	0,000	30
Temperatura	0,028	0,023	0,104	0,002	30
$\sigma_{\xi}$	0,719	0,032	0,766	0,639	30
$\sigma_{\eta}$	0,200	0,238	0,446	-0,192	30

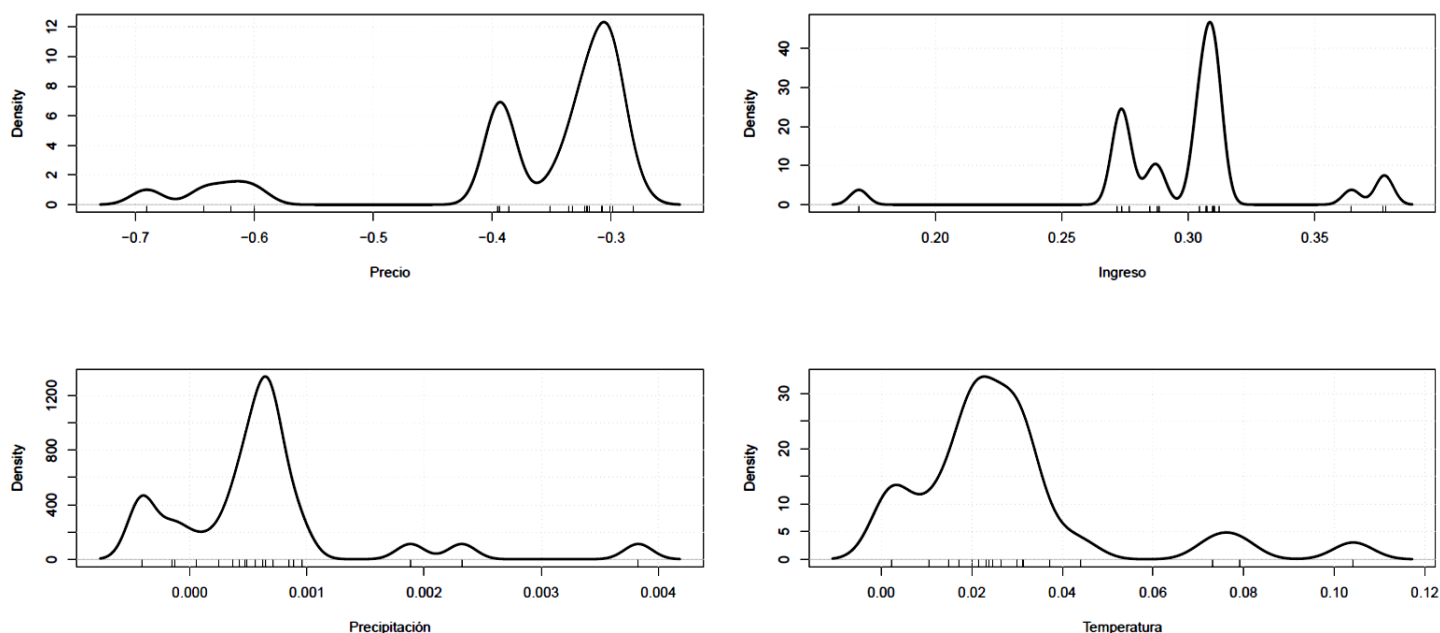
**Fuente: Elaboración Propia, 30 ajustes del modelo discreto continuo en R-Project.**

Se muestran los resultados para las variables que cuantifican los efectos marginales asociados a las elasticidades precio-ingreso y las variables climáticas<sup>12</sup> Para visualizar le distribución de muestreo de los parámetros se realizó una estimación no paramétrica de la función de densidad de estos por medio de kernel gaussiano los resultados se muestran a continuación:

<sup>11</sup> Simulaciones de Monte Carlos consideran que con muestras de tamaño 30 se pueden reflejar distribuciones de muestreos y utilizar el Teorema Central del Límite para realizar inferencias.

<sup>12</sup> En las estimaciones de los 30 modelos pese a que no se muestran se incorporaron las variables referentes a las características de los hogares para no incurrir en errores de especificación.

**Gráfico 4: Estimación de funciones de densidad por Coeficientes.**



**Fuente: Elaboración Propia, kernel gaussiano, R-Project.**

Las estimaciones muestran que el signo y magnitud de los coeficientes estimados están dentro de lo esperado por la teoría económica especialmente en las variables referentes a la elasticidad precio e ingreso. Se observa que la función de demanda de agua residencial de la Región del Bío Bío es inelástica con respecto a la estructura de precio e ingresos, la elasticidad precio es negativa lo cual la deja alineada con la mayoría de estimaciones que existen en la literatura internacional, el modelo discreto continuo la sitúa con un valor de 0,30 en términos absolutos contestando la pregunta de investigación que persigue este trabajo. Se cumple la tendencia que a mayor ingreso el consumo de agua residencial será mayor dado el acceso asociado a bienes normales relacionados con el consumo de agua. Con respecto a las variables propias del hogar podemos ver que si aumenta el número piezas y duchas del hogar su consumo de agua será mayor, esto también no contradice la revisión de literaria. A mayor edad de los consumidores menor es el consumo de agua esto evidencia un nivel de conciencia mayor por parte de este perfil en la conservación del recurso. Finalmente, en lo que respecta las variables climáticas, en términos marginales, un aumento en las temperaturas y precipitaciones implicaría un aumento del consumo de agua potable asociado a los hogares implicando en el largo plazo una escasez del recurso hídrico.

En los que respecta al proceso de re muestreo las distribuciones de muestreo muestran que para las elasticidades precio e ingreso todas las estimaciones son menores que 1 en términos absoluto demostrando que la función de demanda de agua potable de la Región del Bío Bío es inelástica con respecto al precio e ingreso. Las estimaciones de la elasticidad precio se

centran en el lado negativo en donde la mayoría de estas están concentradas al valor -0,3 con un promedio de -0,37. En esta misma línea la mayoría de las estimaciones de la elasticidad ingreso están centradas sobre el valor 0,3 pero menor que 0,35 con un promedio de 0,3. Ninguna de las 30 estimaciones asociadas a las variables climáticas temperatura y precipitación resultaron ser negativas las mayorías de las estimaciones se centran 0 - 0,001 para las precipitaciones y entre 0,002 - 0,03 para las temperaturas con un promedio de 0,001 y 0,028, respectivamente.

## **Conclusión.**

Este estudio ha analizado la demanda de agua de uso residencial para la Región del Bío-Bío, en un contexto donde la estructura tarifaria es de bloque creciente, específicamente existen dos bloques, donde el segundo corresponde a un cobro por sobreconsumo que sólo se cobra en los meses estivales (diciembre a marzo). Se realiza la estimación de la demanda a través de un modelo de elección discreto continuo (D/C). El modelo (D/C) representa la forma más apropiada para estimar demanda de agua bajo tarifas de bloques dada las características y ventajas que este presenta al incorporar en su proceso de estimación en forma conjunta la elección discreta sobre en qué bloque consumir y la decisión continua, condicionada a la elección discreta, cuanta cantidad de agua consumir dentro del bloque elegido.

En general los resultados de la estimación reportan signo de acuerdo a lo esperado por la teoría económica.

Relación inversa entre precio y demanda, signo positivo del ingreso, y signo positivo de las variables que indican el tamaño del hogar. Adicionalmente la incorporación de variables climáticas en el modelo permitió medir los efectos de las temperaturas y precipitaciones en el consumo de agua potable concluyendo que un aumento de estas implica un aumento del consumo de agua por parte de los hogares lo que implica en una disminución del recurso hídrico en el largo plazo.

Finalmente se da respuesta a la pregunta de investigación que motiva este trabajo en donde se demuestra científicamente que efectivamente la demanda de agua residencial de la Región del Bío-Bío resulta ser inelástica con respecto a los precios pero con magnitud lejana de cero lo que se traduce en si las estructuras de precios que se seleccionan para cuantificar las tarifas que los hogares pagan por el recurso hídrico pueden ser utilizados como un instrumento de mercado como mecanismo de conservación del recurso hídrico.

## Referencias.

- Agthe D., Billings R., Dobra J., Raffiee K. A simultaneous equation demand model for block rates. *Water Resources Research*. 1986; 22(1): 1-4.
- Arbués F., Barberán R., Villanúa I. Price impact on urban residential water demand: A dynamic panel data approach. *Water Resources Research*. 2004; 40: W11402.
- Arbués F., García-Valiñas M., Martínez-Espiñeira R. Estimation of residential water demand: a state of the art review. *Journal of Socio-Economics*. 2003. 32: 81-102.
- Boland J.J., Whittington D. The political economy of increasing block tariffs in developing countries. In *World Bank Sponsored Workshop on Political Economy of Water Pricing Implementation*, Washington, DC. 1998.
- Burless G., Hausman J.A. The effect of taxation on labor supply: evaluating the Gary income maintenance experiment. *Journal of Political Economy*. 1978; 86: 1101-1130.
- Chen H. y Yang Z.F. Residential water demand model under block rate pricing: A case study of Beijing, China. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2009; 14:2462-2468.
- Chicoine D.L., Ramamurthy G. Evidence on the specification of price in the study of domestic water demand. *Land Economics*. 1986. 62(1): 26-32.
- Corral L., Fisher A. And Hatch N. Price and non-price influences on water conservation: An econometric model of aggregate demand under nonlinear Budget constraint. Working paper nº 881, Department of Agricultural and Resource Economics and Policy, University of California at Berkeley. 1998.
- Dalhuisen J.M., Florax R., Groot H., Nijkamp P. Price and income elasticities of residential water demand: A meta-analysis. *Land Economics*. 2003. 79(2): 292-308.
- Espey M., Espey J., Shaw W.D. Price elasticity of residential demand for water: A meta-analysis. *Water Resources Research*. 1997. 33(6): 1369-1374.
- Foster H.S., Beattie B.R. Urban residential demand for water in the United States. *Land Economics*. 1979. 55(1): 43-58.
- Foster H.S., Beattie B.R. On the specification of price in studies of consumer demand under block price scheduling. *Land Economics*. 1981. 57(4):624-629.
- Grafton R.Q. Ward M.B., To H., Kompas T. Determinants of residential water consumption: Evidence and analysis from a 10-country household survey. *Water Resources Research*. 2011. 47. W08537.



Jones C.V., Morris J.R. Instrumental price estimates and residential water demand. *Water Resources Research*. 1984. 20(2) 197-202.

Hansen L.G. Water and energy price impacts on residential water demand in Copenhagen. *Land Economics*. 1996; 72(1): 66-79.

Hewitt J.A. A discrete/continuous choice approach to residential water demand under block rate. *Land Economics*. 2000; 76(2): 324-330.

Hewitt J. Hanemann M. A discrete/continuous choice approach to residential water demand under block rate pricing. *Land Economics*. 1995. 71(2): 173-192.

Ito K. Do consumers respond to marginal or average price? Evidence from nonlinear electricity pricing. *American Economic Review*, American Economic Association. 2014. 104(2): 537-63.

Martinez-Espineira R. Residential water demand in the Northwest of Spain. *Environmental and Resource Economics*. 2002. 21: 161-187.

Moffitt R. The econometrics of piecewise-linear Budget constraints: a survey and exposition of the maximum likelihood method. *Journal Business & Economic Statistic*. 1986; 4(3): 317-328.

Moffitt R. The econometrics of kinked Budget constraints. *Journal of Economic Perspective*. 1990; 4(2): 119-139.

Nataraj S., Hanemann M. Does marginal price matter? A regression discontinuity approach to estimating water demand. *Journal Environmental Economic and Management*. 2011. 61: 198-212.

Nauges C., Strand J. Estimation of non-tap water demand in Central American cities. *Resource and Energy Economics*. 2007. 29(3): 165-182.

Nauges C., Whittington D. Estimation of water demand in developing countries: An Overview. *The World Bank Economic Review*. 2010. 25(2): 263-294.

Nieswiadomy M.L., Molina D.J. Comparing residential water demand estimates under decreasing and increasing block rates using household data. *Land Economics*. 1989. 65(3): 280-289.

Nieswiadomy M., Molina D. A note on price perception in water demand models. *Land Economics*. 1991. 67(3): 352-359

Nordin J. A proposed modification of Taylor's demand analysis comment. *The Bell Journal of Economics*. 1976. 7(2):719-721.

Olmstead S.M., Hanemann W.M. and Stavins R.N. Water demand under alternative price structures. *Journal of Environmental economics and management*. 2007; 54: 181-198.

Olmstead S.M., and Stavins R.N. 2006. *Managing water demand: price vs. non-price conservation programs*. Pioneer Institute for Public Policy Research. Boston, Massachusetts.

OECD, Household water pricing in OECD countries. OECD, Paris, unclassified document ENV/EPOC/GEEI (98)12/FINAL.

Polycarpou A., Zachariadis T. An econometric analysis of residential water demand in Cyprus. *Water Resources Management*. 2013. 27(1): 309-317.

Renwick M.E., Archibald S.O. Demand side management policies for residential water use: who bears the conservation burden?. *Land Economics*. 1999. 74(3): 343-359.

Rogers P., de Silva R. And Bhatia R. Water is an economic good: how to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Water Policy*. 2002; 4: 1-17.

Schleich J., Hillenbrand T. Determinants of residential water demand in Germany. *Ecological Economics*. 2009. 68:1756-1769.

Strand J. y Walker I. Water markets and demand in Central American cities. Department of Economics, University of Oslo, Norway. 2004.

Taylor L.D. The demand for electricity: a survey. *The Bell Journal of Economics*. 1975. 6(1); 74-110

Terza J.V., Welch W.P. Estimating demand under block rates: electricity and water. *Land Economics*. 1982. 58(2): 181-188.

Williams M., Suh B. The demand for urban water by customer class. *Applied Economics*. 1986. 18: 1275-1289.

Worthington A.C., Hoffman M. An empirical survey of residential water demand modelling. *Journal of Economic Surveys*. 2008. 22(5): 842-871.

Yates D.N., Vásquez F., Purkey D.P., Guerrero S., Hanemann M. and Sieber J. Using economic and other performance measures to evaluate a municipal drought plan. 2013; 15(4): 648-668.