



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL

ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE DEMANDA POR AGUA POTABLE-
APLICACIÓN PARA LA CUENCA DE JEQUETEPEQUE EN PERÚ

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
ECONOMÍA APLICADA

ANA YELITZA CLAVIJO RINCÓN

PROFESOR GUIA:
PABLO GONZALEZ SOTO

MIEMBROS DE LA COMISION:
JORGE DUCCI PALMA
MATTIA MAKOVEK

SANTIAGO DE CHILE
ENERO 2013

RESUMEN

El servicio de agua potable en la mayoría de los países de América latina enfrenta restricciones presupuestarias no lineales, ya que se cobra por tramo de consumo, y a mayor consumo mayor es el precio que se paga por metro cúbico. Esta característica implica que la demanda de agua enfrenta una restricción no lineal, lo que no permite identificar en primera instancia el efecto real que una variación en el precio pueda tener sobre el consumo. Esto es lo que se conoce como la endogeneidad, que surge cuando las variables explicativas (o independientes) de un modelo no son exógenas, sino que están correlacionadas con el error. En este caso, una de las variables explicativas es el precio, el que depende a su vez del consumo (que sería la variable dependiente), generando la endogeneidad que es necesario corregir. En términos teóricos definir las variables correctas que expliquen el consumo de agua y modelar la restricción no lineal de estos servicios, son los problemas más comunes al momento de estimar funciones de demanda para el sector.

En el presente trabajo se estima la función de demanda por el servicio de agua en la cuenca del Jequetepeque en el Perú. Se corrige la endogeneidad de la estructura tarifaria de 2 formas: La primera, reagrupando las observaciones que están alrededor de los puntos de corte (existen 3 bloques de consumo), usando la varianza como instrumento para tal fin. La segunda herramienta, es la aplicación del modelo econométrico conocido como discreto continuo, que internaliza la restricción no lineal y modela directamente la elección del bloque de consumo y su nivel de consumo asociado. La estimación se hace mediante máxima verosimilitud.

La base de datos se construye a partir de una encuesta realizada en Jequetepeque para obtener la máxima disposición a pagar por una mejora en el servicio de agua, y la información de tarifas se obtiene de las tablas tarifarias de cada uno de los municipios que se incluyen en la base.

Se obtiene una elasticidad precio de -0.319 y una elasticidad ingreso de 0,17. Así mismo, la variable de interacción indica que a menores ingresos, esta elasticidad es -0,12. Los valores obtenidos indican que las familias con menos ingresos ajustan en una menor proporción su consumo ante un aumento en el precio, y por tanto su consumo actual es cercano al de subsistencia. En el caso de la elasticidad ingreso, el valor obtenido indica que el aumento en el consumo por mayores ingresos es pequeño.

ABSTRACT

The provision of drinking water services in most Latin American countries is faced with non-linear budgetary constraints, as pricing is based on consumption brackets, where the higher the usage interval a user falls in, the greater the unit charge s/he is to pay per cubic meter of water consumed. Such a charging arrangement¹ implies a non-linear constraint on the demand for water, thwarts any attempt of straightforward identification of the effect that a rate change may have on actual consumption. This is an instance of endogeneity, as it arises when the explanatory (i.e. independent) variables of a model are not exogenous but are correlated with the error term. In this case, one of the explanatory variables is the price, which depends on consumption (the dependent variable), generating the endogeneity which needs to be corrected. Theoretically speaking, defining the correct variables that explain water consumption and modeling the non-linear restriction of those services are the most common problems at the moment of estimating demand function of water.

This work, estimates the demand function for the water services at the Jequetepeque river basin in Peru. It corrects the endogeneity of the tariff structure in two ways: The first one, regroups the observations around the cut-off points (there are three consumption blocks), using the variance as an instrument. The second one consists on applying a discrete/continuous econometric model which internalizes the non-linear constraint and directly models the choice of consumption block and associated usage level. The estimation method in the latter case is maximum likely-hood.

The database for this research was built upon a user survey conducted in the Jequetepeque river basin which was aimed to infer the maximum willingness to pay for improved the water services. The tariff service was provided by each municipality included in the survey.

The results are a price elasticity of -0.319 and an income elasticity of 0.17. Furthermore, the interaction variable indicates that at lower incomes the elasticity is -0.12. The results indicate that lower income families, facing a price raise, adjust their consumption in a smaller proportion, hence, their current consumption levels are close to subsistence. Regarding the income elasticity, the outcome indicates that the consumption increase by grater income is small.

¹¹ Commonly referred to as "Increasing Block Rates" in the literature in English.

Tabla de Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introducción..... | 1 |
| 2 | Particularidades del sector sanitario | 2 |
| 2.1 | Marco Teórico | 2 |
| 2.1.1 | Función de demanda..... | 4 |
| 2.1.2 | Resultados Internacionales | 11 |
| 2.2 | Situación en Perú | 13 |
| 3 | Estimación de la función de demanda..... | 15 |
| 3.1 | Descripción de la encuesta..... | 15 |
| 3.2 | Variables incluidas en el análisis..... | 19 |
| 3.3 | Modelo estimado..... | 22 |
| 4 | Conclusiones..... | 25 |
| 5 | Bibliografía Consultada..... | 28 |

1 Introducción

El sector sanitario es un monopolio natural que genera externalidades positivas a la sociedad en términos de salud física y calidad del medio ambiente. Adicional a esto, es un sector que se caracteriza por tener altos costos hundidos, por lo que la fijación tarifaria en general considera un horizonte de funcionamiento eficiente entre los 30 y 35 años. De este modo se garantiza la mantención y reposición eficiente de los activos.

En competencia perfecta el precio eficiente es igual al costo marginal de la empresa. En este caso, si el monopolio natural cobra el precio marginal, aunque maximiza el bienestar social, no garantiza los recursos necesarios para cubrir sus costos. Por el contrario, si se cobra el precio medio para que la empresa se autofinancie, se genera una pérdida de bienestar social².

En cualquiera de los 2 casos se necesitan recursos adicionales, ya sea para cubrir la pérdida social o para que la empresa cubra todos sus costos. Varias alternativas de solución se han planteado para solucionar estos déficits. Ya sea subsidios a la oferta o a la demanda, así como estructuras tarifarias crecientes en bloque, que funcionan como subsidios cruzados.

En el Perú, el Reglamento general de Regulación Tarifaria del año 2007, establece que la estructura tarifaria es en bloque creciente, que implica una política de subsidios cruzados. Así mismo, establece un consumo mínimo que funciona como cargo fijo. Dicho cargo sólo es aplicable a aquellos usuarios cuya conexión cuenta con medidor. Está referido al volumen de agua potable que la Empresa Prestadora puede facturar como mínimo a un usuario. En otras palabras, si un usuario consume menos que el Consumo Mínimo, la empresa facturará el Consumo Mínimo. Si el usuario tiene un consumo por encima de ese volumen, la empresa debe facturarle lo que el realmente consumió. Es decir, si se consume menos de esa cantidad de metros cúbicos, la empresa cobra el consumo mínimo completo³.

En el Perú, a partir del año 2009, mediante la expedición de la nueva Ley de Recursos Hídricos, que regula el uso y la gestión de los recursos hídricos, se establece el nuevo marco regulatorio del sector de agua. En el caso de los usuarios residenciales, la Ley contempla el pago de 2 valores: La tarifa por uso de la infraestructura hidráulica (mencionada en el párrafo anterior) y la retribución por el derecho de uso del agua, que es propiedad de la Nación Peruana.

² En algunas ocasiones, el sistema de tarifas en 2 partes da solución a este problema.

³ Fuente: http://www.sunass.gob.pe/reg_tar.php

En este contexto, el objetivo de este trabajo es estimar la función de demanda por el servicio de agua para usuarios residenciales de la cuenca del Jequetepeque, herramienta que podrá ser usada para analizar el impacto de cambios en el precio sobre el consumo y el ingreso familiar. El valor de la elasticidad también es usado en evaluación de proyectos, en los que este valor se usa para medir el impacto en bienestar del proyecto que se esté analizando.

Para realizar este ejercicio se usan los datos de una encuesta aplicada en la cuenca del Jequetepeque, al norte del Perú. La demanda de agua enfrenta una restricción no lineal ya que los precios están definidos por tramo de consumo, por lo que a mayor consumo mayor precio, lo que no permite identificar en primera instancia el efecto real que una variación en el precio pueda tener sobre el consumo.

En términos teóricos definir las variables correctas que expliquen el consumo de agua y modelar la restricción no lineal de estos servicios, son los problemas más comunes al momento de estimar funciones de demanda para el sector.

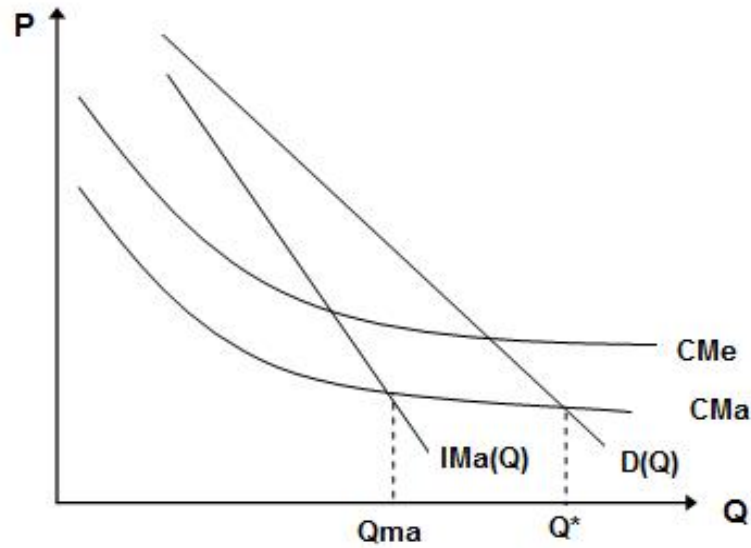
En el capítulo 2 se describen algunas particularidades del sector sanitario en el Perú. En el capítulo 3 se presenta la metodología usada para estimar la función de demanda. Las conclusiones están contenidas en el capítulo 4.

2 Particularidades del sector sanitario

2.1 Marco Teórico

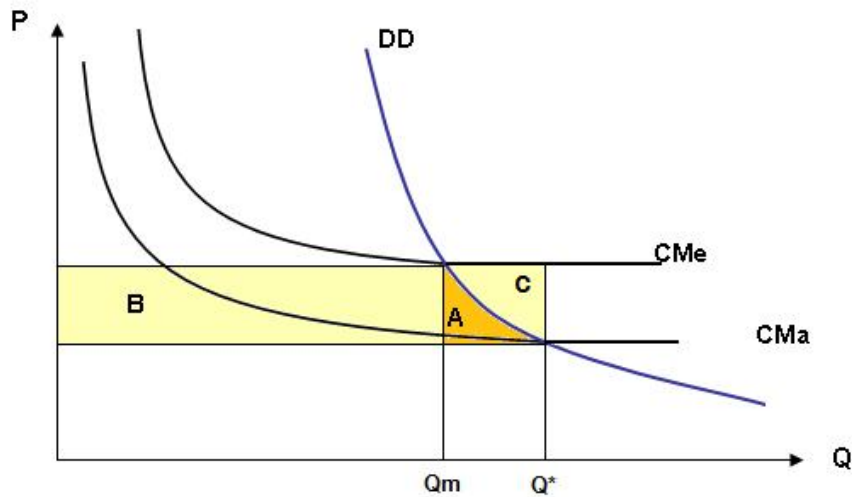
Las características económicas del sector sanitario corresponden a las de un monopolio natural. En este mercado es más barato que una sola empresa produzca a que lo hagan varias al mismo tiempo. Es decir, el costo medio de producción (CMe) decreciente requiere que para cualquier nivel de producción el costo adicional de producir la última unidad, es decir, el costo marginal, sea inferior al costo medio. Este hecho implica que la curva de costo marginal (CMa) siempre esté por debajo de la del CMe. En el Gráfico 2-1 se observa el comportamiento descrito.

Gráfico 2-1 Monopolio natural⁴



Por lo anterior, para que la empresa cubra sus costos debe cobrar el costo medio. Sin embargo, el bienestar social se maximiza en el punto donde la curva de costo marginal corta a la de demanda. Dicha curva de demanda indica la disposición a pagar de los consumidores. En el Gráfico 2-2 se observa que si se cobra el CMe a los usuarios, la demanda por este servicio se reduce, generando la pérdida del área A. Si se cobra el CMa, la empresa no es auto sostenible, generando una pérdida igual al área A+B+C.

Gráfico 2-2 Diferencias en bienestar al cobrar precio medio y marginal



⁴ $IMa(Q)$ es el ingreso marginal, que pasa por debajo de la curva de demanda $D(Q)$

Se tiene entonces que si se cobra el costo marginal, se maximiza el bienestar social, pero la empresa no cubriría sus costos. Al contrario, si se cobra el costo medio, la empresa logra cubrir sus costos pero se generaría una pérdida de bienestar social.

Otras características hacen del sector sanitario uno bastante particular. Tanto el acceso mismo de los usuarios a estos servicios como los aspectos medioambientales derivados de su prestación, señalan un carácter fuertemente social de este sector y el enorme impacto que tiene en el desarrollo humano de una sociedad. En este sentido, es deseable que la cobertura de los servicios de agua y saneamiento básico y su consumo cubra la mayor cantidad de población, particularmente a los sectores más pobres, independiente de si su capacidad de pago resulta suficiente para cubrir el costo de provisión que tienen.

En el Perú, se definió como política pública el subsidio cruzado mediante una estructura tarifaria creciente en bloque⁵, que está definida por tramo de consumo, y a mayor consumo mayor es el valor de la tarifa que se paga. Esta característica implica que la demanda de agua enfrenta una restricción no lineal, lo que no permite identificar en primera instancia el efecto real que una variación en el precio pueda tener sobre el consumo. Esto es lo que se conoce como la endogeneidad, que surge cuando las variables explicativas (o independientes) de un modelo no son exógenas, sino que están correlacionadas con el error. En este caso, una de las variables explicativas es el precio, el que depende a su vez del consumo (que sería la variable dependiente), generando la endogeneidad que es necesario corregir. En términos teóricos definir las variables correctas que expliquen el consumo de agua y modelar la restricción no lineal de estos servicios, son los problemas más comunes al momento de estimar funciones de demanda para el sector.

2.1.1 Función de demanda

Como se mencionó anteriormente, la estimación de la demanda por agua es una herramienta que permite analizar el impacto de cambios tarifarios en el consumo e ingreso de las familias. El resultado de la estimación entrega las elasticidades precio e ingreso, y de otras variables explicativas, con las que se analiza el impacto de dichos cambios.

La demanda de agua enfrenta una restricción no lineal ya que los precios están definidos por tramo de consumo, por lo que a mayor consumo mayor precio, lo que no permite identificar en primera instancia el efecto real que una variación en el precio pueda tener sobre el consumo. Es por esto que el

⁵ Se discute en la literatura la eficiencia de esta estructura tarifaria, asociada al uso que se le da como fuente de financiamiento. Sin embargo, no es materia de este trabajo.

reto econométrico más relevante en la modelación de la curva de demanda para el sector de saneamiento sea la forma de incluir esta restricción presupuestaria no lineal, como consecuencia de la estructura tarifaria por tramos de consumo a la que se enfrentan los usuarios.

Dada esta no linealidad de la restricción, surgen algunas preguntas sobre como modelar este problema. En primer lugar está la discusión de si es más conveniente usar el precio medio o el precio marginal para la estimación de la demanda. La discusión del uso del precio marginal o medio data de años atrás. Taylor (1975) en un estudio de demanda de electricidad 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 y cargo fijo. 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. La diferencia de ambas medidas de precios sería una representación adecuada del efecto ingreso existente en la estructura de precios.

Así mismo, se han creado test de hipótesis que permiten identificar el precio al cual reaccionan los consumidores (precio marginal o medio). Chicoine y Ramamurthy (1986) presentan un test empírico de hipótesis concerniente al precio al cual los consumidores reaccionan cuando el agua potable se vende bajo una estructura tarifaria en bloques⁶. Nieswiadomy y Molina (1991) presentan un modelo alternativo para testear la hipótesis de reacción de precio de los consumidores.

En segundo lugar, está el problema de endogeneidad ya mencionado. 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:

- Eliminar las observaciones que están cerca de los puntos de corte. Algunos autores⁷ como Moffitt y Nicholson (1982) y Friedberg (2000) definieron un intervalo alrededor de los puntos de corte mediante clusters, y las observaciones que caían en ese intervalo se consideraban como consumos de los puntos de corte.

⁶ Esta descomposición fue propuesta por Oppaluch (1984)

⁷ Citado en Strazzerá (2006)

- Usar variables instrumentales⁸. Por ejemplo, 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. Inecon (2004) usa variables instrumentales para ajustar la estimación de la demanda. 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 y Hanemann (1995) y Cavanagh, Hanemann y Stavins (2002) lo hicieron para Estados Unidos y Strazzeria (2006) para Italia.

La especificación de la demanda se ha hecho en la mayoría de los trabajos bajo 2 modelos: El primero, de Deaton y Muelberg (1980), quienes estimaron mediante el almost ideal demand system-AIDS, cuya variable dependiente es la proporción del gasto del hogar que se destina al consumo de agua⁹. Dicha estimación se puede escribir como:

$$p_j q_j = w_j = S_0 + S_1 \ln p_j + S_2 \ln(YV) + S_3 \ln Z + v$$

Donde,

| | |
|-------|---|
| p_j | Precio asociado al nivel de consumo j |
| q_j | Metros cúbicos consumidos |
| w_j | Gasto en Agua |
| YV | Ingreso Virtual ¹⁰ -IV |
| Z | Otras variables socio-económicas |

El segundo modelo usado comúnmente en la literatura se basa en el trabajo de Moffitt (1986), quien internaliza la restricción no lineal, usa el método de estimación de máxima verosimilitud, y modela directamente la elección del bloque de consumo y su nivel de consumo asociado.

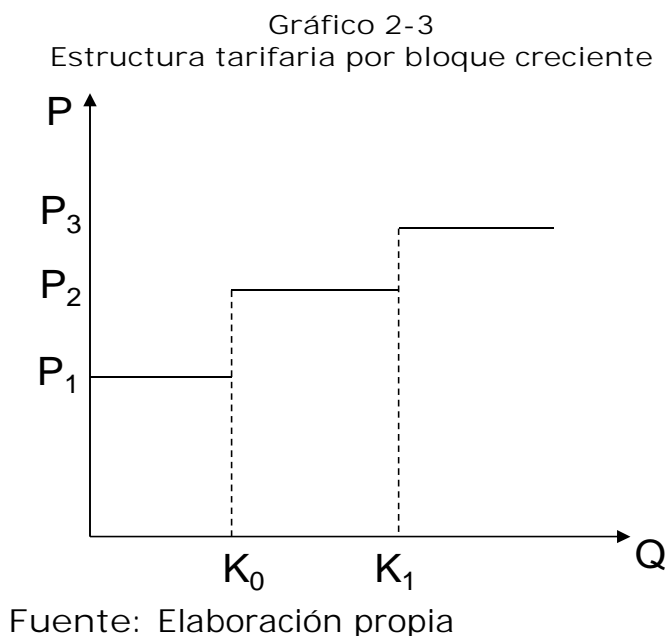
⁸Una variable instrumental es una variable que no está correlacionada con el error, pero si con alguna de las variables explicativas. De este modo, es posible "limpiar" la explicación y capturar el efecto que se quiere.

⁹ Es decir, el porcentaje que representa la cuenta del agua en el ingreso familiar, o gasto de la familia en agua

¹⁰ El ingreso virtual es el ingreso real de las familias al que se le suma la valoración de las unidades de consumo de los bloques anteriores al bloque en el que se ubica, al precio de la última unidad consumida. Matemáticamente es la extensión de la recta presupuestaria acorde al tramo en el que se ubique cada consumidor. Ver gráfico 2-5

Como se mencionaba en párrafos anteriores, diversos autores han aplicado esta metodología para estimar funciones de demanda, entre los cuales se encuentran Hewitt y Hanemann (1995), quienes usan datos de junio, julio o agosto del período 1981-1985 (elasticidades de largo plazo), Pint(1999) por su parte, generaliza el modelo de Hewitt y Hanemann (1995) para la estructura de 4 bloques usada en el Alameda County Water District, y además de estimar el modelo con 2 errores, realiza otras estimaciones incluyendo por separado cada error, así como una estimación con efectos fijos. Cavanagh, Hanemann y Stavins (2002) estiman elasticidad de corto plazo. Los usuarios incluidos en su muestra no solo enfrentan estructuras en bloque creciente, sino también estructuras lineales y uniformes. Los datos pertenecen a 11 centros urbanos de Estados Unidos y Canadá. Strazzeria (2006) estima el modelo con base en información recopilada para la ciudad de Alghero en Italia. Todos ellos usan el precio marginal en sus estimaciones. Este método modela directamente la elección conjunta del bloque en que cada cliente decide consumir y la cantidad que consume, incluyendo así 2 errores en el modelo. Las diferencias entre estos modelos radican básicamente en la información usada (corto y largo plazo) y las variables socioeconómicas incluidas.

El problema de maximización de los consumidores en este trabajo enfrenta tarifas no lineales crecientes en el consumo¹¹. Esta estructura tarifaria creciente se presenta en el Gráfico 2-3, y tiene 3 boques de consumo.



¹¹En la mayoría de los casos se implementan bloques tarifarios crecientes como política de subsidio cruzado, y como señal de escasez.

K_0 y K_1 representan los puntos de corte de consumo en los que la tarifa cambia. Entre K_0 y K_1 se enfrentan al precio p_2 , y cuando el consumo es mayor a K_1 la tarifa es p_3 , cumpliéndose que $p_1 < p_2 < p_3$.

Las preferencias de un individuo representativo se pueden expresar mediante la siguiente función de utilidad:

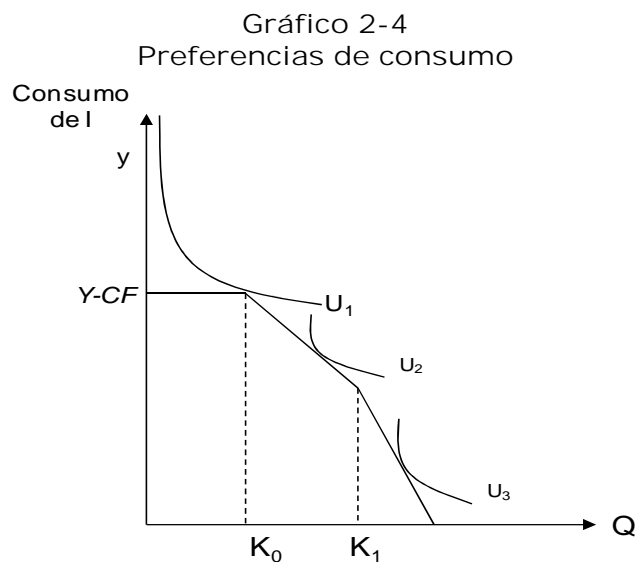
$$U(q, I, Z)$$

Donde q representa el consumo de agua en metros cúbicos- m^3 , I el consumo de los demás bienes y Z las características socio-económicas de dicho individuo.

La estructura tarifaria presentada anteriormente implica la siguiente restricción presupuestaria para los individuos:

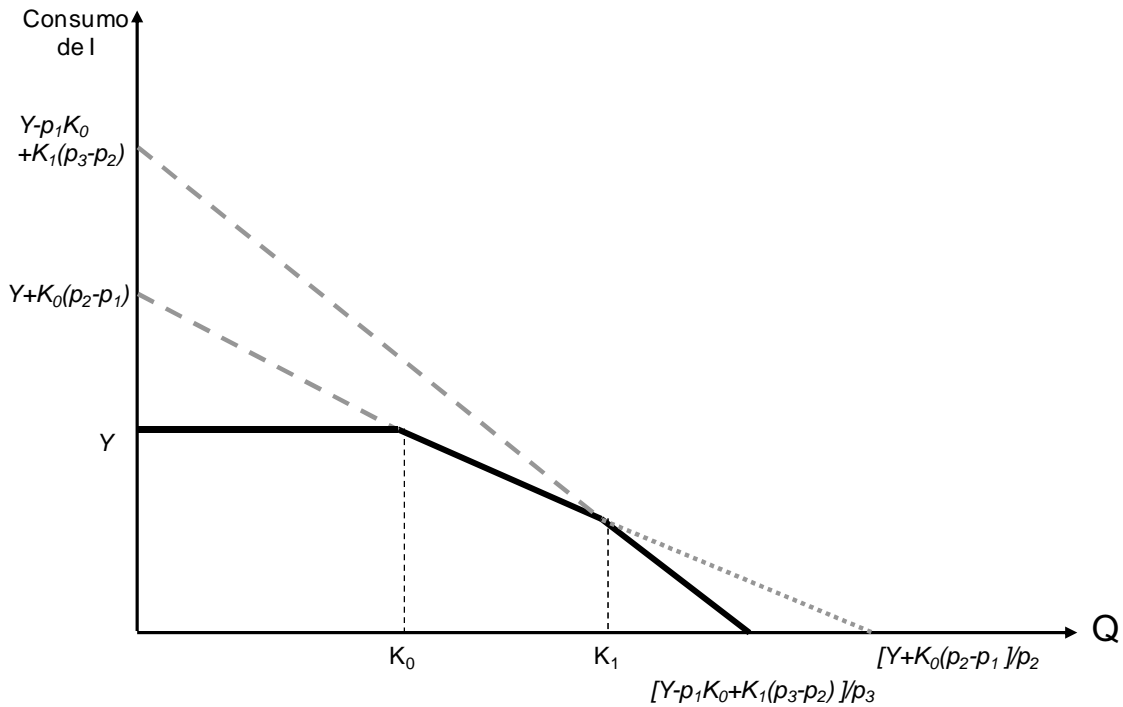
$$\begin{aligned} Y &\geq p_1 q_1 + X \quad \text{ó} \quad Y \geq CF + I && \text{si } q \leq K_0 \\ Y &\geq CF + p_2 q_2 + I && \text{si } K_0 < q \leq K_1 \\ Y &\geq CF + p_2 q_2 + p_3 q_3 + I && \text{si } q > K_1 \end{aligned}$$

Donde Y es el ingreso del individuo, CF es el cargo fijo y q_i es el consumo de agua de cada usuario encuestado. En el Gráfico 2-4 quedan representadas las preferencias de consumo, según el tramo de consumo de agua en el que se ubiquen:



Bajo estas consideraciones, la restricción presupuestaria se puede replantear, incluyendo el concepto de ingreso virtual. La nueva restricción presupuestaria se presenta en el Gráfico 2-5:

Gráfico 2-5
Restricción presupuestaria



Se puede escribir de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 Y &\geq p_1 q_0 + X \quad \text{ó} \quad Y \geq CF + X && \text{si } q \leq K_0 \\
 \hat{M} &= Y + (p_2 - p_1)K_0 \geq CF + p_2 q_1 + p_1 q_0 + X && \text{si } K_0 < q \leq K_1 \\
 \hat{M} &= Y + (p_2 - p_1)K_0 + (p_3 - p_2)K_1 \geq CF + p_1 q_0 + p_2 q_1 + p_3 q_2 + X && \text{si } q > K_1
 \end{aligned}$$

Con el fin de capturar la no linealidad de la restricción presupuestaria, se usará el precio marginal, aunque corregido por el cargo fijo y ajustando el ingreso real al ingreso virtual.

El modelo econométrico está basado en el trabajo de Moffitt (1986) y Strazzeria (2006), pero considerando 3 segmentos de consumo:

Las preferencias de un individuo representativo se pueden expresar mediante la siguiente función de utilidad:

$$\begin{aligned}
 V(p, M) &= \max_{X, Y} [U(X, Y)] \\
 &= U[g(p, M), M - Pg(p, M)]
 \end{aligned}$$

s. a.

$$\begin{aligned} M &= p_1 X + Y && \text{si } X \leq K_1 \\ \hat{M}_1 &= M + (p_2 - p_1)K_1 && \text{si } K_1 < X \leq K_2 \\ \hat{M}_2 &= \hat{M}_1 + (p_3 - p_2)K_2 && \text{si } X > K_2 \end{aligned}$$

Siendo,

- P_i Precio del "kink" o segmento i
- M Ingreso del usuario residencial
- \hat{M}_1 Ingreso virtual en el tramo 2¹²
- \hat{M}_2 Ingreso virtual en el tramo 3
- X Cantidad de agua consumida en m³
- Y otro bien con precio numerario

Las demandas condicionales en la elección del segmento o "kink" obtenidas son:

$$\begin{aligned} X &= g(p_1, M) && \text{si } X \leq K_1 \\ X &= K_1 && \text{si } X = K_1 \\ X &= g(p_2, \hat{M}_1) && \text{si } K_1 < X < K_2 \\ X &= K_2 && \text{si } X = K_2 \\ X &= g(p_3, \hat{M}_2) && \text{si } X > K_2 \end{aligned}$$

Así, la elección de la maximización de utilidad se puede describir como:

$$\begin{aligned} \text{Elige segmento 1 si: } & g(p_1, M) < K_1 \\ \text{Elige } K_1 \text{ si: } & g(p_2, \hat{M}_1) \leq K_1 < g(p_1, M) \\ \text{Elige segmento 2 si: } & K_1 < g(p_2, \hat{M}_1) \\ \text{Elige } K_2 \text{ si: } & g(p_3, \hat{M}_2) \leq K_2 < g(p_2, \hat{M}_1) \\ \text{Elige } K_3 \text{ si: } & K_2 < g(p_3, \hat{M}_2) \end{aligned}$$

Otro punto importante a tener en cuenta es la calidad de los datos disponibles. Esto puede convertirse en un problema. El modelo a estimar depende en gran medida de los datos disponibles para realizar la estimación de la curva de demanda. Con base en ellos, se busca el método de estimación que se ajuste mejor a los datos y que además arroje coeficientes insesgados y eficientes.

¹² Ingreso que incluye la valoración de las unidades de consumo de los bloques anteriores al bloque de consumo en el que se encuentra, al precio que paga por la última unidad consumida. En otras palabras, es la extensión de la recta presupuestaria, según el tramo en el que se ubique cada consumidor.

Un ejemplo del modelo a estimar, dada la diferencia de las bases de datos, se presenta en el estudio realizado por INECON (2004) para los usuarios atendidos por la empresa Aguas Andinas en Chile. Allí se hace una clara separación entre el modelo con datos agregados y el modelo con micro-datos. Para el primero, se usa un modelo de ajuste parcial, en el que los bienes durables se van ajustando en el tiempo. Para la estimación de la curva de demanda utiliza 3 metodologías diferentes, considerando los problemas econométricos que se pueden presentar ¹³: Estimación por efectos fijos, por variables instrumentales y por método generalizado de momentos (GMM). En este caso la variable dependiente es el nivel de consumo.

Para el modelo con micro-datos, que también incluye una base de datos de panel, usaron el modelo planteado por Deaton y Muelberg (1980), agregándole un término de ajuste cuadrático. En este caso, y con el fin de corregir la endogeneidad del precio, utilizaron variables instrumentales para ajustar la estimación.

2.1.2 Resultados Internacionales

Los estudios de demanda realizados en diferentes partes del mundo, muestran la complejidad en la estimación de la función de demanda para el sector sanitario. Las elasticidades obtenidas varían según el país pero en general sus resultados son consistentes con la intuición económica de que éste es un sector con una demanda muy inelástica. En la siguiente tabla se presenta un resumen con los resultados obtenidos por algunos de los estudios que se han mencionado a lo largo de este capítulo y otros. En la mayoría de ellos se presentan los rangos de las elasticidades obtenidas, ya que usaron varios métodos de estimación o se separaron por características como el clima:

Tabla 2-1
Elasticidades precio de la demanda

| Autores | Metodología de Estimación | Tipo de datos | Elasticidad precio de la demanda | Área geográfica de estudio |
|------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------------------------|----------------------------|
| Hewitt-Hanemann (1995) | 2SLS/variables instrumentales/DCC | Panel | entre -1,57 y -1,63 | California, USA |
| Pérez y Serra (1996) | | | entre -0,061 y - | Santiago, Chile |

¹³ La base que usaron fue un panel. En este tipo de datos se presenta el problema de que la variable rezagada está correlacionada positivamente con el efecto individual. El efecto individual es el que omite variables que permitirían explicar la variable dependiente.

| Autores | Metodología de Estimación | Tipo de datos | Elasticidad precio de la demanda | Área geográfica de estudio |
|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | | 0,29 | |
| Melo (1999) | DCC | Corte Transversal | -0,95 | Nordeste Brasil |
| Pint(1999) | DCC | Panel | entre -0,04 y -1,24 | California, USA |
| Cavanahet al. (2002) | 2SLS/VARIABLES Instrumentales/DCC | Panel | entre -0,34 y -0,63 | USA y Canadá. 16 empresas |
| Jaramillo-Mosquera (2003) | VARIABLES Instrumentales/DCC | Panel | entre -0,223 y -0,58 | México |
| IPEA (1995) | VARIABLES Instrumentales | Corte Transversal | -0,24 | Estado Paraná, Brasil |
| Inecon (2004) | VARIABLES instrumentales | Panel | entre -0,13 y -0,28 | Santiago, Chile |
| Strazzera (2006) | DCC | Corte Transversal | -0,54 | Alghero-Italia |
| Jansen-Schulz (2006) | 2SLS | Panel | Entre -0,23 y -0,99 | Cape Town - Sudáfrica |

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los rangos de variación de las elasticidades obtenidas son dispares, dependiendo no solo de las características socio-económicas de los usuarios de cada una de las ciudades analizadas (por ejemplo, Melo (1999) y Jansen-Schulz (2006) separan el análisis por nivel de ingresos, Pint (1999) usa las precipitaciones mensuales, Cavanahet al. (2002) y Jaramillo (2003) incluyen el área de la vivienda), sino también de las técnicas de medición utilizadas. Por ejemplo, en Estados Unidos el trabajo de Hewitt y Hanemann (1995) ha sido ampliamente criticado por los altos valores obtenidos. Trabajos posteriores como el de Cavanahet al. (2002) han incluido ajustes en la estimación¹⁴, por lo que los valores de elasticidad precio de demanda alcanzados fueron más bajos. Como lo muestra el trabajo de Dalhuisen et al. (2003) la especificación de la forma funcional, el nivel de agregación, las características de los datos y los demás problemas de estimación determinan las diferencias significativas en el valor de la elasticidad.

¹⁴ Los autores destacan que, a diferencia de Hewitt y Hanemann (1995), estiman una elasticidad de corto plazo, e incluyen en su muestra una proporción (40% del total) de hogares que se enfrentan a estructuras tarifarias lineales.

Los valores obtenidos para Chile, Paraná (Brasil), México y Sudáfrica son más bajos que los obtenidos para Estados Unidos. Desde una perspectiva teórica se espera que la elasticidad precio sea más inelástica a medida que la población es más pobre, porque son menos sensibles a cambios en precios, ya que su consumo, en promedio, no debería pasar los niveles de subsistencia. Así, los resultados para estos países son consistentes con lo esperado, dado que relativamente hay mayor cantidad de pobres que en Estados Unidos.

2.2 Situación en Perú

En la actualidad, se observa en el Perú una estrecha relación entre la problemática actual de disponibilidad de agua y la dinámica económica que se ha desarrollado en los últimos años. Por una parte, el crecimiento del PIB ha sido sostenido durante los últimos 15 años, que ha estado acompañado por una inflación baja y dentro de las metas establecidas por el banco Central de Reserva del Perú, una caída sostenida en la tasa de desempleo, y una reducción de la deuda pública. Este conjunto de indicadores revelan un crecimiento real de la economía peruana, así como estabilidad macroeconómica.

Se observa además que en el Perú se han dado 2 procesos migratorios internos importantes: Un proceso de urbanización continuado, así como otro de concentración de la población en la zona de la Costa¹⁵. En el primer caso, la población urbana pasó de 58,1% en 1970, al 75,9% en el año 2007. En el segundo, la población de la Sierra disminuyó del 44% en 1972 a 32% en el 2007, mientras que en la costa, para el mismo período, pasó del 39% al 54,6%. En la selva la población se ha mantenido relativamente constante desde los 70's. Es decir, la población se concentra cada vez más en los centros urbanos ubicados en la zona costera del país.

Por otro lado, la pobreza total ha disminuido 23,5 puntos porcentuales en 10 años, mientras que la desigualdad ha permanecido casi constante en la última década, especialmente en las zonas rurales¹⁶. A pesar de esta disminución, aún se concentra una alta proporción de personas pobres en la sierra y zonas rurales, mientras que en la costa y zonas urbanas tienen una menor proporción de personas pobres.

Con relación a la disponibilidad geográfica de los recursos hídricos, se tiene que el 97% del agua disponible en el Perú se concentra en la sierra (vertiente del Amazonas o Atlántico), 1% en la vertiente del lago Titicaca, y

¹⁵ En Perú el sistema montañoso estructura al país en 3 regiones geográficas marcadas: Costa, sierra o montaña y selva.

¹⁶ Fuente: INEI: Evolución de la Pobreza en el Perú al 2010

tan solo 2% en la vertiente del pacífico (zona costera), en esta última se genera el 80% del PIB del país¹⁷.

Se observa entonces que en las zonas donde hay menos cantidad de agua disponible (zona costera) se concentra la mayor producción y población del país, con un menor grado de pobreza, en la que ya se presentan los primeros síntomas de escasez física del agua¹⁸. Es decir, se esperaría que los usuarios de la zona costera estén dispuestos a pagar más por el agua (curva de demanda más inelástica) que los que se encuentran en la sierra o la selva, no solo porque hay menos agua disponible, sino también porque son las zonas donde se genera la mayor riqueza del país.

En este contexto, y dadas las características particulares previamente descritas, en el año 2009 se expide la nueva Ley de Recursos Hídricos 29338, que establece el nuevo marco regulatorio de uso y gestión de los recursos hídricos. En dicha ley se reconoce que el agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y en el equilibrio entre estos¹⁹. Asimismo, el agua constituye patrimonio de la Nación. Es un bien de uso público y su administración solo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la nación. No hay propiedad privada sobre el agua²⁰. En este contexto, la ley define el pago de los siguientes conceptos asociados al agua:

- Retribución económica por el uso del agua. Pago que en forma obligatoria deben abonar al Estado todos los usuarios de agua como contraprestación por el uso del recurso, sea cual fuere su origen.
- Retribución económica por vertimiento. Pago que el titular del derecho efectúa por verter agua residual en un cuerpo de agua receptor.
- Tarifa por la utilización de infraestructura hidráulica mayor y menor. pago que el titular del derecho efectúa a la entidad pública a cargo de la infraestructura o la entidad que lo realice por delegación expresa de la primera, por concepto de operación, mantenimiento, reposición, administración y la recuperación de la inversión pública empleada, conforme a ley.

Es decir, los usuarios deben pagar en su factura el valor de la retribución y la tarifa asociada a su nivel de consumo.

¹⁷ Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú 2009.

¹⁸ UNESCO. "Water in a changing world". Mapa 8.1.

¹⁹ Título preliminar. Artículo III, principios. Ley 29338 de 2009

²⁰ Título I, artículo 2. Ley 29338 de 2009

La estructura tarifaria a la que se enfrentan los usuarios de la muestra es creciente en bloques de consumo. Consta de un cargo fijo y tarifa diferenciada para 3 bloques: hasta 8 m³, entre 8 y 20 m³ y más de 20 m³. En la Tabla 2-2 se presentan las tarifas vigentes en el mes de agosto de 2011. Para las localidades de Pacasmayo y San Pedro de Lloc el primer tramo se cobra como cargo fijo:

Tabla 2-2
Precios por Tramo de Consumo Localidades Incluidas en la Muestra

| Localidad | Bloque 1 0-8 m ³ -P1 | Bloque 2 9-20 m ³ -P2 | Bloque 3 >20 m ³ -P3 |
|----------------------|--|---|--|
| chepén | 1,26 | 1,37 | 3,19 |
| contumazá | 0,41 | 0,58 | 1,40 |
| pacasmayo | 11,56 | 0,92 | 1,94 |
| san pedro de Lloc | 11,56 | 0,92 | 1,94 |

Fuente: Municipalidad de Pacasmayo, Sedalib y Sedacaj, según corresponda

3 Estimación de la función de demanda

3.1 Descripción de la encuesta

Los datos de la encuesta usada corresponden a la cuenca del Jequetepeque, ubicada al norte del Perú²¹, que abarca los Departamentos de Cajamarca (Provincias de Cajamarca, Contumazá, San Pablo y San Miguel) y La Libertad (Provincias de Pacasmayo y Chepén). Limita por el Norte con las Cuencas de los ríos Zaña y Chancay–Lambayeque; por el Sur con la Cuenca del río Chicama y la quebrada Cupisnique; por el Este con las Cuencas de los ríos Cajamarca y Llaucano y por el Oeste con el Océano Pacífico. Las cuencas abarcan las regiones naturales de la Costa y Sierra, con un área total de 4.377,18 km²²². Los datos son un corte transversal con fecha agosto de 2011.

La finalidad de la encuesta utilizada fue obtener la disposición a pagar por una mejora en los servicios de agua potable, mediante entrevistas de las que se obtienen las preferencias declaradas (método de valoración contingente). En esta encuesta también se preguntan otras características socio-económicas y otras asociadas al consumo de agua. Del total de 1.699

²¹ Encuesta contratada por la Autoridad Nacional del Agua, financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo y realizada por Inecon S.A.

²² Fuente: Sociedad Geológica del Perú. <http://www.ingemmet.gob.pe/publicaciones/Cap7-Trab3.pdf>

familias a las que se les aplicó el cuestionario, solo se usaron 508 registros, aquellos que declararon el consumo mensual de agua, y algunos usuarios que declararon el valor pagado por el servicio de agua, de los que fue posible deducir su consumo. Los usuarios incluidos pertenecen a las ciudades de Pacasmayo (37,9%), San Pedro de Lloc (10,3%), Chepén (47,5%) y Contumazá (4,3%). Todos, con excepción de Contumazá, pertenecen a la cuenca baja.

Dentro de las características demográficas de este grupo de usuarios encuestados, el 41,3% corresponden a hombres, con una edad promedio de 49 años, y los que en su mayoría declaran estar casados o conviviendo (77,8%). En cuanto a características educativas, la mayoría de los entrevistados poseen como grado más alto alcanzado el nivel Secundario (42,9%), seguido de Primario (31,5%), Superior (21,8%) y por último Ningún nivel (3,7%).

En cuanto a la ocupación laboral del jefe de hogar, se observa que un 58,07% está realizando algún tipo de trabajo independiente, un 11,22% esta pensionado o jubilado y un 15,16% declara estar empleado. A nivel de características del hogar, en promedio la composición del mismo es de 4,05 personas, cuya vivienda es en su mayoría Propia Totalmente Pagada (84,4%). El resto de los entrevistados declara vivir en una vivienda Alquilada (9,9%), Prestada (4,2%), Otro (0,8%).

Se observa que el ingreso familiar promedio es de S/.1.018 el mes de agosto de 2011. Por otro lado el gasto promedio del hogar por concepto de alimentos, educación, vivienda, salud, recreación, servicios públicos y otros fue de unos S/.628 al mes. En su mayoría los entrevistados declaran tener un nivel socioeconómico de la vivienda de Clase Media (70.3%). El consumo de agua potable de las familias en promedio fue de 11,6 m³, con un pago promedio por concepto de Agua y Alcantarillado de S/.18,5.

En laTabla 3-1 se presenta el resumen de las estadísticas previamente descritas:

Tabla 3-1
Estadísticas Socio-económicas Muestra

| | Casos | % |
|-------------------|-------|-------|
| Casos Muestrales | 508 | |
| Ciudad | | |
| Pacasmayo | 192 | 37,9% |
| San Pedro de Lloc | 52 | 10,3% |
| Chepén | 242 | 47,5% |
| Contumazá | 22 | 4,3% |

| | Casos | % |
|--|-------|---------|
| Total | 508 | 100,00% |
| Sexo | | |
| Hombre | 210 | 41,34% |
| Mujer | 298 | 58,66% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Edad | | |
| 18 a 35 | 91 | 17,91% |
| 36 a 42 | 82 | 16,14% |
| 43 a 50 | 116 | 22,83% |
| 51 a 58 | 82 | 16,14% |
| 59 y más | 137 | 26,97% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Promedio Edad | 48,97 | |
| Estado Civil | | |
| Casado / conviviente | 395 | 77,76% |
| Soltero | 56 | 11,02% |
| Viudo | 36 | 7,09% |
| Divorciado | 21 | 4,13% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Nivel Educativo más alto alcanzado y el último grado aprobado | | |
| Ninguno | 19 | 3,74% |
| Primaria | 160 | 31,50% |
| Secundaria | 218 | 42,91% |
| Superior | 111 | 21,85% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Actividad económica del jefe del hogar | | |
| Empleado | 77 | 15,16% |
| Trabajador independiente | 295 | 58,07% |
| Desempleado | 22 | 4,33% |
| Jubilado / Pensionado | 57 | 11,22% |
| Agricultor | 32 | 6,30% |
| Ama de casa | 10 | 1,97% |
| Obrero | 5 | 0,98% |

| | Casos | % |
|--|---------|---------|
| Pescador | 1 | 0,20% |
| Chofer | 1 | 0,20% |
| Otros | 8 | 1,57% |
| Total | 508 | 100,00% |
| ¿Cuántas personas componen este hogar? | | |
| 1 a 3 | 204 | 40,16% |
| 4 | 128 | 25,20% |
| 5 | 85 | 16,73% |
| 6 y más | 91 | 17,91% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Promedio Personas en el Hogar | 4,05 | |
| ¿De quién es la vivienda en que habita este hogar? | | |
| Propia, totalmente pagada | 450 | 84,40% |
| Alquilada | 37 | 9,90% |
| Prestada | 17 | 4,20% |
| Otro, cuál? | 4 | 0,80% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Ingreso Familiar Mensual (en S/. Agosto 2011) | | |
| 1 a 600 | 101 | 19,88% |
| 601 a 800 | 132 | 25,98% |
| 801 a 1000 | 110 | 21,65% |
| 1001 a 1300 | 67 | 13,19% |
| 1301 y más | 98 | 19,29% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Ingreso Promedio | 1018,25 | |
| Gasto Familiar Mensual (en S/. Agosto 2011) | | |
| 0 a 380 | 95 | 18,70% |
| 381 a 517 | 124 | 24,41% |
| 518 a 650 | 109 | 21,46% |
| 651 a 860 | 99 | 19,49% |
| 861 y más | 81 | 15,94% |
| Total | 508 | 100,00% |

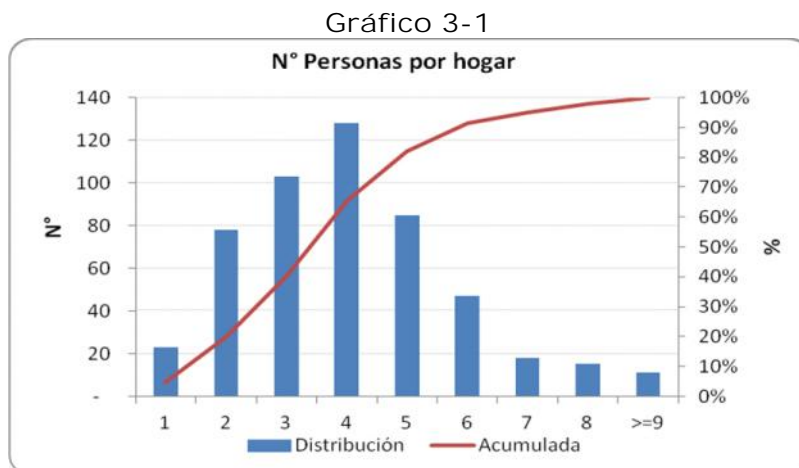
| | Casos | % |
|--|--------|---------|
| Promedio Gasto Familiar Mensual | 628,28 | |
| Nivel Socio-Económico Vivienda | | |
| Clase Alta | 27 | 5,31% |
| Clase Media | 357 | 70,28% |
| Clase Baja | 124 | 24,41% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Consumo de Agua Potable (m3/mes Agosto 2011) | | |
| 0 a 6 | 179 | 35,24% |
| 7 a 8 | 50 | 9,84% |
| 9 a 13 | 157 | 30,91% |
| 14 a 19 | 66 | 12,99% |
| 20 y más | 56 | 11,02% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Promedio Consumo de Agua Potable al mes | 11,56 | |
| Pago por Concepto de Agua y Alcantarillado (S/. Agosto 2011) | | |
| 1 a 9 | 66 | 22,18% |
| 9,1 a 12,5 | 112 | 18,75% |
| 12,51 a 18 | 121 | 19,59% |
| 18,01 a 25 | 106 | 20,25% |
| 25,1 y más | 103 | 19,23% |
| Total | 508 | 100,00% |
| Promedio Recibo de Agua (Agua y Alcantarillado) | 18,46 | |

3.2 Variables incluidas en el análisis

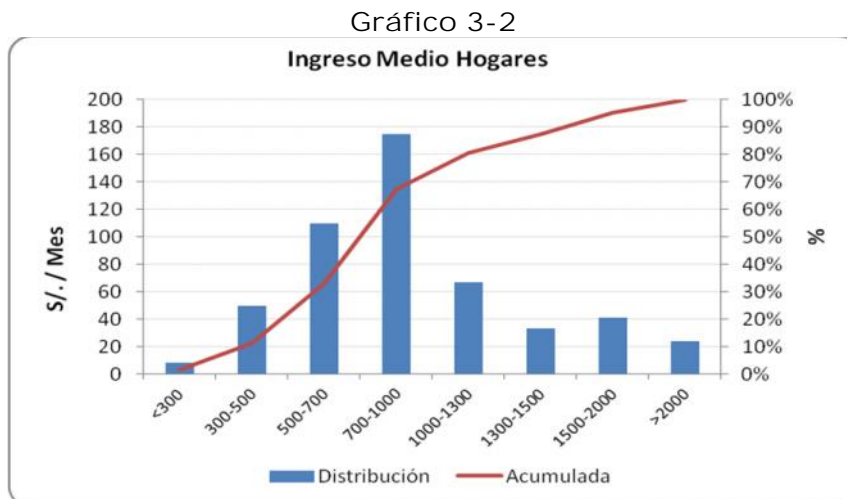
Aunque se tiene un conjunto de variables socio-económicas de las características de la población de la cuenca de Jequetepeque, para la estimación de la función de demanda solo se incluyen las siguientes variables:

Personas promedio que componen el hogar, ingreso promedio familiar mensual, consumo de agua potable, y pago por concepto de agua potable²³.

En el caso de las personas que componen el hogar, se observa que la distribución se concentra en menos de 4 habitantes por usuario, y el 82% del total de hogares tiene menos de 5 personas. En el Gráfico 3-1 se presenta la distribución de frecuencia y acumulada de esta variable:



Por su parte, el ingreso familiar mensual se concentra entre S/.700 y S/.1000, rango en el que se concentran 55% de los hogares. En el Gráfico 3-2 se presenta la distribución y su acumulada:

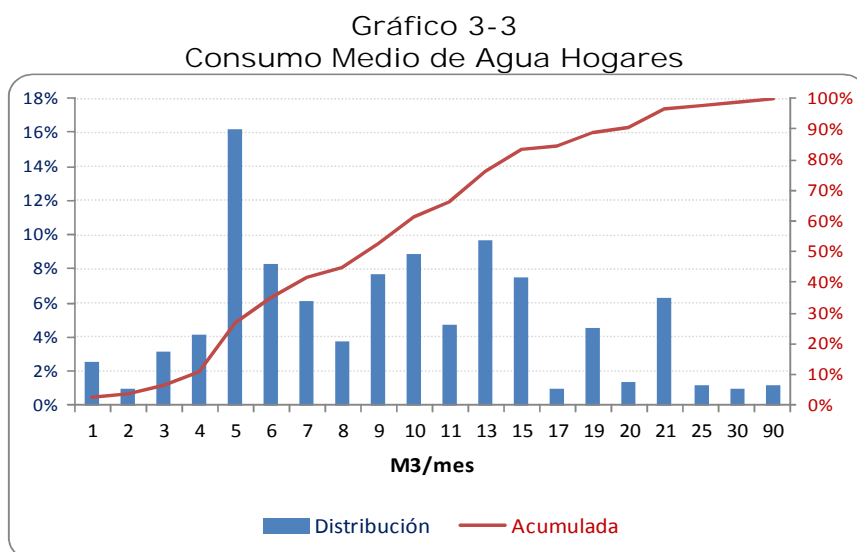


²³ En la encuesta se preguntó explícitamente por el servicio de agua. En este análisis no se incluye alcantarillado. La tarifa por este servicio es un porcentaje fijo de la cuenta, y la cobertura de alcantarillado es baja. Según la SUNASS, en el año 2010, Las coberturas de Sedalib y Sedacaj están en el rango 70%-90%. Fuente:

<http://www.sunass.gob.pe/indicadores/index.php/cobertura-alcantarillado>

Con el fin de analizar con mayor profundidad el efecto de cambios en el precio sobre la población más pobre²⁴, se creó una variable dummy, siendo 1 pobre y 0 de lo contrario. Para definir el grupo más pobre, los registros se agruparon por quintiles de ingreso. Para este trabajo, se consideran pobres aquellos que pertenecen al quintil 1²⁵.

El consumo de agua potable por su parte, presenta mayor “uniformidad” en su distribución. Los cortes tarifarios están en los 8 y 20 m³, y aunque se observan mayores consumos en los puntos precedentes y posteriores a estos cortes, son significativamente mayores alrededor de de 20 m³. El 85% de los hogares consumen hasta 15 m³. En el Gráfico 3-3 se presenta la distribución y su acumulada:



Se analizó también la pertinencia de incluir el N° de caños o llaves de agua existentes en los hogares. Sin embargo, no fue una variable explicativa del modelo.

En esta encuesta no se preguntó por el precio de agua que pagan los hogares. Este valor se obtuvo de las tablas tarifarias de las empresas que prestan el servicio de agua en los municipios encuestados. Se asignó a cada uno de los puntos de la muestra el precio que pagaban en agosto de 2011. Se tienen 3 precios diferentes, según empresa prestadora²⁶. En el caso de Pacasmayo y San Pedro de Lloc, el precio 1 es igual a cero, ya que en este rango de consumo se cobra un cargo fijo asociado, por lo que el precio marginal es cero.

²⁴ La pobreza no solamente está definida por el nivel de ingreso. Sin embargo, dada la restricción de información, solamente se usa el ingreso para definir pobreza, teniendo en cuenta además que el ingreso es la variable más sensible a cambios en el precio del agua en el corto plazo.

²⁵ La pobreza es relativa solamente para la muestra.

²⁶ Ver Tabla 2-2

3.3 Modelo estimado

Teniendo en cuenta las características de la encuesta (corte transversal), para la estimación de la demanda de agua en Perú, se usa el modelo discreto continuo propuesto inicialmente por Moffitt (1986) y aplicado al sector sanitario por Strazzeria (2006) en Italia, pero con 3 tramos de consumo.

Adicionalmente, se eliminan las observaciones que están alrededor de los puntos de corte²⁷. Usando la varianza como instrumento para definir el intervalo, se redefinieron los puntos de corte como sigue: Todos los usuarios que consumen entre 7 y 9 m³, se asociaron al primer corte ubicado en 8 m³. En el caso de los usuarios que consumen entre 19 y 21 m³, se asociaron al segundo corte de 20 m³. Así mismo, se usa el precio marginal, dado el modelo elegido, que tiene en cuenta la heterogeneidad de las preferencias asociadas a los diferentes tramos de consumo, y el ingreso virtual, que como se mencionó en párrafos anteriores, incluye la valoración de las unidades de consumo de los bloques anteriores al bloque de consumo en el que se encuentra, al precio que paga por la última unidad consumida. Así mismo, se corrigió el ingreso descontando el valor del cargo fijo.

En este caso, aunque existía en la encuesta la variable gasto en agua fuera del hogar, que podría ser la variable instrumental del precio, no se usó porque tan solo 26 de las personas encuestadas respondieron esta pregunta, por lo que no es representativa del total.

Para estimar el modelo se usa el método de máxima verosimilitud. Se especifica la probabilidad conjunta de: i) observar cada valor de consumo X a lo largo del segmento o en el kink (error de medición ε); ii) elegir el segmento o el kink (heterogeneidad de las preferencias α). Este modelo de 2 errores contiene la misma probabilidad de observar cada valor X , tanto en el valor real de consumo, así como en cada uno de los otros tramos y cada uno de los puntos de corte. La función de probabilidad se presenta a continuación:

$$L = \prod_{\text{Observaciones}} \Pr(X)$$

Donde,

²⁷ Se observa en el gráfico 3-3 que hay una cantidad importante de consumos alrededor de los puntos de corte (8 m³ y 20 m³). Teniendo en cuenta que este es uno de los problemas asociados a la endogeneidad de la estructura tarifaria se procede a eliminarlos.

$$\begin{aligned}
Pr(X) = & pr[\alpha + \varepsilon = X - g(P_1, M; \beta), \alpha < K_1 - g(P_1, M; \beta)] \\
& + pr[\varepsilon = X - K_1, X - g(P_1, M; \beta) < \alpha < K_1 - g(P_2, \bar{M}; \beta)] \\
& + pr[\alpha + \varepsilon = X - g(P_2, \bar{M}; \beta), K_1 - g(P_2, \bar{M}; \beta) < \alpha < K_2 - g(P_2, \bar{M}; \beta)] \\
& + pr[\varepsilon = X - K_2, X - g(P_2, \bar{M}; \beta) < \alpha < K_2 - g(P_3, \bar{M}; \beta)] \\
& + pr[\alpha + \varepsilon = X - g(P_3, \bar{M}; \beta) < \alpha]
\end{aligned}$$

Es decir, cada probabilidad es la suma de las probabilidades conjuntas de que un individuo maximice su utilidad en cada segmento o corte, y que el valor observado de X sea el que maximice su valor más s .

El detalle de la función de programación se presenta en el Anexo A.

La función de demanda a estimar es la siguiente:

$$LnX_i = \beta_1 + \beta_2 P_i + \beta_3 Ln\bar{M}_i + \beta_4 LnHabitantes + \beta_5 Interacción (Pobres * lnP_i) + \varepsilon + \nu$$

Donde,

lnP_i : Logaritmo del precio marginal del segmento que enfrenta el usuario i.

$ln\bar{M}_i$: Logaritmo del ingreso virtual del usuario i.

$lnHabitantes$: Logaritmo de N° de habitantes de cada usuario entrevistado.

$Interacción (Pobres * lnP_i)$: Variable de interacción entre pobres y precio. Mide como cambia la elasticidad precio en el grupo más pobre de la región.

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ y β_5 : Coeficientes de la constante, precio, ingreso, habitantes y variable de interacción respectivamente.

ε y ν : Errores de medición y de heterogeneidad de las preferencias respectivamente.

Los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3-2
Resultados Modelo Demanda²⁸

| User Defined Optimization | | | | |
|------------------------------|-------------|----------------|----------|----------|
| Maximum Likelihood Estimates | | | | |
| Dependent variable | Function | | | |
| Weighting variable | None | | | |
| Number of observations | 508 | | | |
| Iterations completed | 11 | | | |
| Log likelihood function | -429.5722 | | | |
| Variable | Coefficient | Standard Error | b/St.Er. | P[Z >z] |
| Cte | 1.65283363 | .00714294 | 231.394 | .0000 |
| LnP | -.31901360 | .02635837 | -12.103 | .0000 |
| LnM | .17075233 | .00322122 | 53.009 | .0000 |
| LnHabitante | .08713522 | .00184742 | 47.166 | .0000 |
| Interac-PY | -.10273995 | .03550979 | -2.893 | .0038 |
| ε | .08539387 | .00275775 | 30.965 | .0000 |
| v | .03434541 | .00166013 | 20.688 | .0000 |

Se observa que todas las variables son significativas. La elasticidad precio obtenida es de -0.319, valor que se encuentra dentro de los resultados internacionales. La interacción precio-pobres indica que la elasticidad precio mencionada anteriormente aumenta en 0,1 en el grupo considerado pobre. Es decir, la reacción del grupo más pobre es más elástica, y ante un aumento del precio, el consumo se reduce en -0,41.

En el caso de la elasticidad ingreso, se obtiene un valor positivo de 0,17. Es decir, si el ingreso aumenta en un punto porcentual, el consumo aumenta en 0,17%. El signo de esta elasticidad es el esperado, y se observa además que la variación del consumo es muy pequeña a medida que aumenta el ingreso.

El efecto del N° de habitantes por familia, también tiene un efecto pequeño en el consumo. Por ejemplo, si una familia pasa de 4 a 5 personas, el consumo aumenta en 2,18%. En el caso en que en una familia pasen de 3 a 4 integrantes, el consumo aumenta en 2,90%²⁹. Este comportamiento es consistente con el valor del test, que es menor a 1, que indica la presencia de economías de escala en el consumo. Es decir, a mayor N° de personas en el hogar el consumo de agua se reduce por persona.

²⁸ Donde la variable de interacción se hace entre el precio y el ingreso del quintil más pobre de la muestra.

²⁹ Se calcula el equivalente al aumento de 1 persona, dado que cuando aumenta un punto porcentual, la variable aumenta 0,08%.

Dado que este resultado del grupo más pobre no es la esperable³⁰, se vuelve a estimar el modelo, en donde la interacción se da entre el precio y el ingreso, sin discriminar por nivel de pobreza. Es decir, se interactúa el precio directamente con la variable ingreso original. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3
Resultados Modelo Demanda³¹

| | | | | |
|------------------------------|-------------|----------------|-----------|------------|
| User Defined Optimization | | | | |
| Maximum Likelihood Estimates | | | | |
| Dependent variable | Function | | | |
| Weighting variable | None | | | |
| Number of observations | 508 | | | |
| Iterations completed | 9 | | | |
| Log likelihood function | -719.9290 | | | |
| Variable | Coefficient | Standard Error | b/St.Er. | P[Z > z] |
| Cte | 1.61259209 | .00128533 | 1.254.609 | .0000 |
| LnP | -.31955198 | .00434649 | -73.520 | .0000 |
| LnM | .17493424 | .00039627 | 441.456 | .0000 |
| LnHabitante | .08109808 | .00027907 | 290.599 | .0000 |
| Interac-PY | .19560932 | .00132699 | 147408 | .0000 |
| ε | .02055115 | .00021005 | 97.838 | .0000 |
| ν | .01333379 | .00016113 | 82.751 | .0000 |

Se observa que no hay grandes cambios en los valores de los estimadores con respecto a la primera estimación, con excepción de la variable de interacción, que en este caso arroja el signo esperado. Es decir, La interacción precio-ingreso indica que la elasticidad precio mencionada anteriormente se reduce en 0,19 por el efecto ingreso. Es decir, la reacción por el ingreso es más inelástica, y ante un aumento del precio, el consumo se reduce en -0,123.

4 Conclusiones

- La estimación de la función de demanda es un reto en términos econométricos, ya que por la estructura tarifaria en bloque creciente,

³⁰ Posiblemente al utilizar la variable dummy de pobres el efecto ingreso se podría estar sumando al efecto precio.

³¹ Donde la variable interacción se hace entre el precio e ingreso de toda la muestra

que relaciona directamente un mayor precio con un mayor consumo, se tiene endogeneidad del precio con el consumo de agua.

- En la literatura se han discutido varias formas de abordar estas particularidades. Los más comunes han sido la conveniencia de usar precio medio o precio marginal, eliminar la endogeneidad mencionada en el punto anterior mediante: uso de variables instrumentales, eliminación de puntos de consumo muy cercanos a los puntos de corte, aplicación de la metodología Arellano-Bond (en datos de panel), y la aplicación del modelo discreto continuo que incluye el error de medición y el de heterogeneidad de las preferencias.
- En el Perú actualmente se está adelantando un proceso de modernización y mejoramiento en el uso del agua. En este contexto, la estimación de la función de demanda entrega herramientas útiles para analizar el impacto del cambio en los precios sobre el consumo, dado el nivel de ingresos.
- En este trabajo se opta por aplicar el modelo discreto continuo dado que se cuenta con una encuesta de corte transversal. Este modelo corrige la endogeneidad originada en la estructura tarifaria en bloque creciente. Para la aplicación se considera más adecuado usar el precio marginal, y además se re-agrupan las observaciones con consumos cercanos a los puntos de corte, cuya finalidad también es corregir endogeneidad.
- La base de datos se construye a partir de la encuesta realizada en Jequetepeque para mediante encuestas, obtener la máxima disposición a pagar por una mejora en el servicio de agua. La información de tarifas fue obtenida de las tablas tarifarias de cada uno de los municipios que se incluyen en la base.
- Las variables usadas en esta aplicación fueron: consumo de agua (m³/mes), ingreso (S./mes) y N° de habitantes. El N° de caños no era una variable significativa en el modelo. Adicionalmente se creó una variable dummy que diferencia a los pobres de los no pobres, y una variable de interacción entre esta dummy y el precio, con el fin de analizar el impacto sobre el grupo poblacional más pobre.
- Se obtiene una elasticidad precio de -0.319 y una elasticidad ingreso de 0,17. Así mismo, la variable de interacción indica que a menores ingresos, esta elasticidad es -0,12. Los valores obtenidos indican que las familias con menos ingresos ajustan en una menor proporción su consumo ante un aumento en el precio, y por tanto su consumo actual es cercano al de subsistencia. En el caso de la elasticidad ingreso, el

valor obtenido indica que el aumento en el consumo por mayores ingresos es pequeño.

- Se concluye que al aplicar el modelo discreto continuo y reagrupando los puntos de consumo cercanos a los cortes, se logra "limpiar" la endogeneidad entre el precio y el consumo. Los valores de elasticidad precio obtenidos están dentro de los valores obtenidos en estudios internacionales. Es de los pocos trabajos conocidos en América Latina - Melo (1999) y Jaramillo (2003) -en el que se aplica esta metodología para corregir endogeneidad.

5 Bibliografía Consultada

- 1.- Arellano, M. y S. Bond. "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and Application to Employment Equations". *Review of Economic Studies*, 58, 277-297. 1991.
- 2.- Cavanah S., Hanemann M., and Stavins R. "Muffled Price Signals: Household Water Demand Under Increasing-block Prices". *Fondazione Eni Enrico Mattei*. June 2002.
- 3.- Chicoine, David and Ganapathi Ramamurthy. "Evidence on the Specification of Price in the Study of Domestic Water Demand". *Land Economics*, Vol 62, N° 1. 1986.
- 4.- Dalhuisen J. et. al "Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis". *Land economics*. 79 (2): 292-308. May 2003.
- 5.- Deaton, A. y J. Muelbauer. "An Almost Ideal Demand System". *American economic Review* 70, N°3, pp. 312-326. 1980.
- 6.- Inecon. "Proyección de Demanda para el Cuarto Proceso Tarifario de Aguas Andinas". 2004.
- 7.- Hermann, J. "Estimación de la Demanda por Agua Potable para la V Región por medio de Paneles Dinámicos", mimeo, Departamento de Economía, Universidad de Chile. 2003.
- 8.- Hewitt, J.A. y M. Hanemann. "A Discrete/Continuous Choice Approach to Residential Water Demand under Block Rate Pricing". *Land Economics*, 71(2): 173-92. 1995.
- 9.- IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. "Estudo da função da demanda por serviços de saneamento e estudo da tarifação do consumo residência". Projeto de Modernização do Setor de Saneamento-PMSS, Brasília. 1995.
- 10.- Jansen Ada, Schulz Carl-Erik. "Water Demand And The Urban Poor: A Study Of The Factors Influencing Water Consumption Among Households In Cape Town, South Africa". Department of Economics and Management, Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø. Norway Working Paper Series in Economics and Management No. 02/06, January 2006.

- 11.- Jaramillo-Mosqueira L. "Modelando la Demanda de Agua de Uso Residencial en México". Instituto Nacional de Ecología Periférico Sur 5000. Documento de trabajo. Marzo 2003.
- 12.- Melo José Airton Mendonça de. "Estimação De Funções De Demanda Residencial De Água Em Contextos De Preços Não Lineares". CÓDIGO JEL: C53, C31. 1999.
- 13.- Moffitt, R. "The Econometrics of Piecewise-Linear Budget Constraint". Journal of Business and Economic Statistics. July 1986, v.4, No.3, p.317-328. 1986.
- 14.- Nieswiadomy. M.I.; d.j. Molina. "Comparing residential water demand estimates under decreasing an increasing block rates using household data". Land Economics. V.65, 1989, p.280-289. 1989.
- 15.- Nordin, John. "A Proposed Modification of Taylor's Demand Analysis: Comment". The Bell Journal of Economics,7. 1976.
- 16.- Pérez, J.A. y P. Serra. "Estimación de la Demanda Residencial por Agua Potable en Santiago". Mimeo, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. 1996.
- 17.- Pint Ellen. "Households Responses to Increased Water Rates During the California Drought". Land economics. 75(2) 246-66. May 1999.
- 18.- Opaluch, James J. "A Test of Consumer Demand Response to Water Prices: Reply". Land Economics. Vol 60, N°. 4. 1984.
- 19.- Strazzeria Elizabetta. "Aplication of the ML Hausman Approach to the Demand of Water for Residencial Use: Heterogeity vs Two -error Specification". Centro Ricerche Economiche Nord Sud Università di Cagliari Università di Sassari. Working paper 2006/04.

Anexo A

$$Ll = \sum_{v_i} \ln[\Pr(X_i)]$$

Donde,

$$\begin{aligned} \Pr(X_i) = & \int_{-\infty}^{U_{1i}} h[v_i = X_i - g(p_{1i}; M_i; \beta), \alpha_i] d\alpha_i + \int_{U_{1i}}^{U_{2i}} \frac{1}{\sigma_\varepsilon} f\left(\frac{(X_i - X_{1i}^*)}{\sigma_\varepsilon}\right) \frac{1}{\sigma_\alpha} f(\alpha_i) d\alpha_i \\ & + \int_{U_{2i}}^{U_{3i}} h[v_i = X_i - g(p_{2i}; \bar{M}_i; \beta), \alpha_i] d\alpha_i \\ & + \int_{U_{3i}}^{U_{4i}} \frac{1}{\sigma_\varepsilon} f\left(\frac{(X_i - X_{2i}^*)}{\sigma_\varepsilon}\right) \frac{1}{\sigma_\alpha} f(\alpha_i) d\alpha_i + \int_{U_{4i}}^{\infty} h[v_i = X_i - g(p_{3i}; \bar{M}_i; \beta), \alpha_i] d\alpha_i \end{aligned}$$

Usando la propiedad de las funciones normales $f(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = f(\mathbf{a}|\mathbf{b}) * f(\mathbf{b})$ se tiene:

$$\begin{aligned} \Pr(X_i) = & \frac{1}{\sigma_v} f(Z_{1i}) F(r_{1i}) + \frac{1}{\sigma_\varepsilon} f(S_{1i}) [F(t_{2i}) - F(t_{1i})] + \frac{1}{\sigma_v} f(Z_{2i}) [F(r_{3i}) - F(r_{2i})] \\ & + \frac{1}{\sigma_v} f(Z_{3i}) * [1 - F(r_{4i})] + \frac{1}{\sigma_\varepsilon} f(S_{2i}) [F(t_{4i}) - F(t_{3i})] \end{aligned}$$

Donde F es la función e distribución y f la función de densidad:

$$\begin{aligned} Z_{1i} &= [X_i - g(P_{1i}; M_i; \beta) - Z_i \delta] / \sigma_v \\ Z_{2i} &= [X_i - g(P_{2i}; \bar{M}_i; \beta) - Z_i \delta] / \sigma_v \\ Z_{3i} &= [X_i - g(P_{3i}; \bar{M}_i; \beta) - Z_i \delta] / \sigma_v \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{1i} &= [X_i - X_{1i}^*] / \sigma_\varepsilon \\ S_{2i} &= [X_i - X_{2i}^*] / \sigma_\varepsilon \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{1i} &= [t_{1i} - \rho Z_{1i}] / \sqrt{(1 - \rho^2)} \\ r_{2i} &= [t_{2i} - \rho Z_{2i}] / \sqrt{(1 - \rho^2)} \\ r_{3i} &= [t_{3i} - \rho Z_{2i}] / \sqrt{(1 - \rho^2)} \\ r_{4i} &= [t_{3i} - \rho Z_{3i}] / \sqrt{(1 - \rho^2)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{1i} &= [X_{1i}^* - g(P_{1i}; M_i; \beta) - Z_i \delta] / \sigma_\varepsilon \\ t_{2i} &= [X_{1i}^* - g(P_{2i}; \bar{M}_i; \beta) - Z_i \delta] / \sigma_\varepsilon \\ t_{3i} &= [X_{2i}^* - g(P_{2i}; \bar{M}_i; \beta) - Z_i \delta] / \sigma_\varepsilon \\ t_{4i} &= [X_{2i}^* - g(P_{3i}; \bar{M}_i; \beta) - Z_i \delta] / \sigma_\varepsilon \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{\sigma_\alpha}{\sigma_v}$$

La programación usada en LIMDEP se presenta a continuación:

```
INCLUDE; NEW ; INCLUIDO=1$
MINIMIZE;
LABELS= B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7;
START= 1.5, -0.3, 0.1, 0.3, 0.1, 0.1, 0.1;
Maxit=300;
FCN= RHO=SQR(1-((B5*B5)/(B4*B4))) |
DEM1=B1+B2*LN_PR1+B7*LN_PR1*DQING1+B3*LN_IV0+B6*P36 |
DEM2=B1+B2*LN_PR2+B7*LN_PR2*DQING1+B3*LN_IV1+B6*P36 |
DEM3=B1+B2*LN_PR3+B7*LN_PR3*DQING1+B3*LN_IV2+B6*P36 |
Z1=(LN_M3-DEM1)/B4 |
Z2=(LN_M3-DEM2)/B4 |
Z3=(LN_M3-DEM3)/B4 |
U1=(LN_M3-LN_K1)/B5 |
U2=(LN_M3-LN_K2)/B5 |
T1=(LN_K1-DEM1)/B5 |
T2=(LN_K1-DEM2)/B5 |
T3=(LN_K2-DEM2)/B5 |
T4=(LN_K2-DEM3)/B5 |
R1=(T1-RHO*Z1)/SQR(1-RHO^2) |
R2=(T2-RHO*Z2)/SQR(1-RHO^2) |
R3=(T3-RHO*Z2)/SQR(1-RHO^2) |
R4=(T4-RHO*Z3)/SQR(1-RHO^2) |
-((1/B4*N01(Z1)*Phi(R1)
+1/B5*N01(U1)*(Phi(T2)-Phi(T1))
+1/B4*N01(Z2)*(Phi(R3)-Phi(R2))
+1/B5*N01(U2)*(Phi(T4)-Phi(T3))
+1/B4*N01(Z3)*(1-Phi(R4))))$
```