



CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
DEL NOROESTE, S.C.

Programa de Estudios de Posgrado

**“VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS
AMBIENTALES DEL ACUÍFERO DE LA PAZ, PARA
EL USO SUSTENTABLE DEL RECURSO AGUA”**

T E S I S

Que para obtener el grado de

Doctor en Ciencias

Uso, Manejo y Preservación de los Recursos
Naturales
(Orientación en Ecología)

p r e s e n t a

Gerzaín Avilés Polanco

La Paz, B.C.S. enero de 2012

ACTA DE LIBERACION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B. C. S., siendo las 10 horas del día 29 del Mes de noviembre del 2011, se procedió por los abajo firmantes, miembros de la Comisión Revisora de Tesis avalada por la Dirección de Estudios de Posgrado del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., a liberar la Tesis de Grado titulada:

"Valoración Económica de los Servicios Ambientales del Acuífero de La Paz, para el Uso Sustentable del Recurso Agua"

Presentada por el alumno:

Gerzaín Avilés Polanco

Aspirante al Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN EL USO, MANEJO Y PRESERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES CON ORIENTACION EN Ecología

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.




Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

LA COMISION REVISORA



Dr. Enrique Troyo Diéguez

DIRECTOR DE TESIS



Dr. Bernardo Murillo Amador

CO-TUTOR



Dr. José Luis García Hernández

CO-TUTOR



Dr. Leonardo Huato Soberanis

CO-TUTOR

CO-TUTOR



DRA. ELISA SERVIERE ZARAGOZA,
DIRECTORA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Comité tutorial

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales – CIBNOR, Director de Tesis

Dr. José Luis García Hernández - Universidad Juárez del estado de Durango, Cotutor

Dr. Enrique Troyo Diéguez-CIBNOR, Cotutor

Dr. Bernardo murillo Amador – CIBNOR, Cotutor

Dr. Leonardo Huato Soberanis – CIBNOR, Cotutor

Comité revisor

Dr. José Luis García Hernández

Dr. Enrique Troyo Diéguez

Dr. Bernardo murillo Amador

Dr. Leonardo Huato Soberanis

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

Jurado de examen

Dr. José Luis García Hernández

Dr. Enrique Troyo Diéguez

Dr. Bernardo murillo Amador

Dr. Leonardo Huato Soberanis

Dr. Luis Felipe Beltrán Morales

Dr. Alfredo Ortega Rubio-Suplente

Dr. José I. Urciaga García-Suplente

RESUMEN

Los servicios ambientales son beneficios que la sociedad obtiene de la existencia de los ecosistemas. Estos han sido clasificados en cuatro categorías principales: de provisión, de regulación, culturales y de soporte. Cada uno de estos servicios tiene atributos de cantidad, calidad, localización y tiempo de flujo. En este sentido la importancia de los servicios hidrológicos es revelada por los beneficios en la modificación de cada uno de sus atributos. El principal desafío de las grandes áreas urbanas de países en desarrollo consiste en enfrentar el problema de la sustentabilidad del servicio hidrológico de provisión de agua, ya que estas requieren cada vez mayores volúmenes de agua y un creciente desarrollo de la infraestructura para satisfacer la demanda, que frecuentemente excede la capacidad de oferta, dando lugar a desequilibrios ambientales. Por ello, el área urbana de la ciudad de La Paz, Baja California Sur (BCS), merece particular atención, ya que los hogares representan el sector con mayor demanda, con el 60.86% del total de agua concesionada del acuífero de La Paz. La ausencia de cuerpos de agua superficiales en la región de La Paz, así como la escasa precipitación (una de las más bajas a nivel nacional) característica, del clima de la región, han llevado a la necesidad de sustraer agua subterránea mediante el bombeo en pozos costeros, generando la sobreexplotación revelado por déficit hídrico del acuífero de 2.98 millones de metros cúbicos CNA (2005), este incremento de la sobreexplotación también tiene como efecto intrusión salina. Debido a lo anterior y la evidente necesidad de explorar fuentes alternativas para el suministro de agua, que permitan la recuperación del acuífero y mantenimiento del servicio hidrológico de provisión de agua, se planteo como objetivo valorar económicamente el servicio hidrológico del acuífero de La Paz, a través del Método de Valoración Contingente (MVC) y estimar la elasticidad precio e ingreso de corto y largo plazo de la demanda de agua urbana. Los resultados de este trabajo revelan la valoración que otorgan los hogares a los cambios en el bienestar que les produce la modificación en las condiciones de oferta del bien ambiental agua, medida por su principal atributo *cantidad*. Los resultados que corroboran que los hogares están valorando la modificación en las condiciones de oferta del bien ambiental agua del acuífero corresponden a la *variación compensada*, es decir, el efecto de la disminución de utilidad causada por la disminución del ingreso disponible y compensado por el aumento en el bienestar al mantener o mejorar el servicio hidrológico de provisión de agua del acuífero de

La Paz. Estos resultados tienen implicaciones en la región relacionadas con la política de uso y manejo del recurso agua, ya que el conocimiento del valor económico del recurso es de crucial importancia para determinar los beneficios netos de políticas y acciones de manejo. La disposición a pagar estimada representa el excedente del consumidor, sobre el cual deben evaluarse los costos de implementación de medidas de mantenimiento o mejora del balance hídrico del acuífero. En este trabajo se estimó la sensibilidad de la demanda de agua respecto al precio, ingreso, determinantes socio-demográficos, así como de las características físicas de las viviendas. Se encontró que la demanda de agua es inelástica (0.56 en términos absolutos) ante variaciones en el precio. Los resultados encontrados revelan la importancia de las estructuras de precios e incrementos permanentes en las tarifas, para el adecuado manejo de la demanda de agua que logre el uso eficiente del recurso.

Palabras clave: servicio hidrológico, sobreexplotación, método de valoración contingente, disposición a pagar, elasticidad precio e ingreso.

Vo. Bc.



Dr. Luis Felipe Beltrán Morales.

Director de Tesis

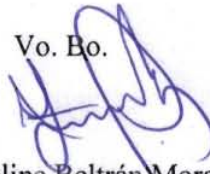
ABSTRACT

Ecosystem services are benefits that society derives from the existence of ecosystems. These have been classified into four main categories: provisioning, regulating, cultural and supportive. Each of these services has attributes of quantity, quality, location and flow time. In this context the importance of hydrological services is revealed by the benefits in the modification of each of its attributes. The main challenge of the large urban areas of developing countries is to address the problem of sustainability of the hydrological service of water supply, as these require increasing volumes of water and an increased development of infrastructure to meet demand that often exceeds the supply, leading to environmental imbalances. Therefore, the urban area of the city of La Paz, Baja California Sur (BCS), deserves particular attention, as households represent the largest demand sector, with 60.86% of total aquifer water concession in La Paz. The absence of surface water in the region of La Paz, and limited precipitation (one of the lowest nationally) are feature of the climate of the region which has led to the need to remove by pumping groundwater in coastal wells, generating a water deficit revealed by overexploitation of the aquifer by 2.98 million cubic meters CNA (2005), this increase of overexploitation has caused saline intrusion. Because of this and the obvious need to explore alternative sources of water supply for the recovery of the aquifer hydrological service and maintenance the water supply, the purpose of this study is to value economically the hydrological service of the aquifer of La Paz, Through Contingent Valuation Method (CVM) and estimate the price and income elasticity of short-and long-term urban water demand. The results of this assessment reveal that how households value changes in their welfare that is produced by changes in the conditions of environmentally supply of good water, as measured by its main attribute amount. The results confirm that households are valuing the change in the conditions of supply of good water from the aquifer environment correspond to the variation compensated, the effect of the decrease in utility due to a decrease in disposable income and offset by increased well-being to maintain or improve the hydrological service of water supply aquifer of La Paz. These results have implications for the region related to the use and management policy of water resources, since knowledge of the economic value of the resource is of crucial importance in determining the net benefits of policies and management actions. Willingness to pay represents the estimated consumer surplus, which

should be evaluated on the implementation costs of maintenance or improvement of the aquifer water balance. In this paper we estimate the sensitivity of water demand on the price, income, socio-demographic determinants as well as the physical characteristics of housing. It was found that water demand is inelastic (0.56 in absolute terms) to changes in the price. The results reveal the importance of pricing structures and permanent increases in rates, for the proper management of water demand for achieving efficient resource use.

Keywords: hydrological service, overexploitation, contingent valuation method, willingness to pay, price and income elasticity.

Vo. Bo.



Dr. Luis Felipe Beltrán Morales.

Thesis Director

DEDICATORIA

A mis hijos Grettel y Gerzaín.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia.

A Aralia Amador León por el apoyo brindado.

A mis amigos Marco Antonio Almendarez Hernández, Isaías Ruiz Ceseña, Víctor A. Hernández Trejo, Mauro Monroy Ceseña, Placido Cruz Chávez, Alberto Torres García, Gustavo Cruz Chávez y Luis Oscar Palos Arocha quienes me brindaron su apoyo.

A la Lic. Tania Azcárrega y Paloma Solís Limón por su colaboración y ayuda técnica para la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Luis Felipe Beltrán Morales, mi director de tesis por la brindarme su apoyo durante los estudios doctorales.

Al Comité revisor de tesis por revisar y enriquecer el presente trabajo.

Al CIBNOR por todas las facilidades otorgadas en los estudios de doctorado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo de beca (43026/43026) otorgada durante el periodo de 01 septiembre de 2007 al 30 de agosto de 2011.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 El ciclo hidrológico.....	3
1.2 Servicio de provisión hídrica.....	6
1.3 Disponibilidad global de agua.....	7
1.4 Disponibilidad nacional de agua.....	8
2. JUSTIFICACIÓN.....	9
3. OBJETIVOS.....	9
4. HIPÓTESIS.....	10
4.1 Hipótesis específicas.....	10
5. MATERIALES Y METODOS.....	11
5.1 Valoración económica del agua.....	12
5.2 Valores de uso y valores de no uso.....	13
5.3 Métodos de valoración de los recursos naturales.....	17
5.4 Los métodos de valoración directos e indirectos.....	20
5.5 Teoría del método de valoración contingente.....	24
5.5.1 Sesgos del método de valoración contingente.....	27
5.5.2 Recomendaciones de la NOAA sobre valoración.....	28
5.5.3 Aplicación del método.....	29
5.5.4 Descripción de los datos.....	30
5.5.5 Especificación del modelo Probit.....	31
5.5.6 Especificación del modelo Tobit.....	32
5.6 Mercados de agua.....	34
5.6.1 Estructura del mercado de agua.....	35
5.6.2 Precios.....	37
5.6.3 Ingreso.....	39
5.6.4 Factor climático.....	39
5.6.5 Población y composición del hogar.....	40

5.6.6	Características de las viviendas.....	40
5.6.7	Estructura de precios en bloque.....	41
5.6.8	Precio óptimo de organismos públicos de provisión de agua.....	44
5.6.9	Formas funcionales y especificación econométrica.....	45
5.7	Estimación de la demanda de corto plazo.....	53
5.7.1	Especificación econométrica de corte transversal.....	53
5.7.2	Descripción de datos de corte transversal.....	54
5.8	Estimación de la demanda de largo plazo.....	56
5.8.1	Descripción de las series cronológicas de datos.....	57
5.9	Función de costos.....	60
6.	RESULTADOS.....	61
6.1	Resultados modelo Probit.....	61
6.2	Beneficios económicos del servicio ambiental de provisión.....	63
6.3	Resultados de modelo Probit iterativo.....	64
6.4	Disposición a pagar modelo Probit iterativo.....	65
6.5	Resultados modelo Tobit.....	65
6.6	Resultados sección cruzada.....	67
6.7	Resultados de series de tiempo.....	69
6.8	Estimación del precio óptimo.....	70
6.9	Resultados de función de costos Cobb-Douglas.....	70
6.10	Precio óptimo.....	71
7.	DISCUSIÓN.....	72
8.	CONCLUSIONES.....	75
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	76
10.	ANEXOS.....	83
10.1	PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO EN REVISTA INDEXADA.....	83
10.2	EVIDENCIA DE ARTÍCULO SOMETIDO EN REVISTA INDEXADA.....	83

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. El ciclo hidrológico en una cuenca.....	4
Figura 2. Acuífero no confinado y confinado.....	5
Figura 3. Servicios de los ecosistemas.....	6
Figura 4. Localización del área de estudio y delimitación del acuífero.....	11
Figura 5. Métodos de valoración del medio ambiente.....	18
Figura 6. Estructuras de precios por bloque bi-segmentados.....	41
Figura 7. Restricción presupuestaria bajo tarifas de precios en dos bloques.....	43
Figura 8. Consumo doméstico, precio, temperatura e ingreso.....	58
Figura 9. FDA de la DAP controlando la variable tandeo.....	63

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla I. Taxonomía de la terminología de la valoración de agua subterránea.....	13
Tabla II. Flujos de servicio potenciales y efectos del agua en un acuífero.....	16
Tabla III. Tipologías para los métodos de valoración de los impactos ambientales.....	19
Tabla IV. Servicios de agua subterránea y métodos de valoración aplicables.....	23
Tabla V. Descripción de variables de modelo Probit.....	32
Tabla VI. Estadística descriptiva para muestra censurada y no censurada.....	33
Tabla VII. Tipos de conjuntos de datos y forma funcional.....	46
Tabla VIII. Técnicas econométricas.....	48
Tabla IX. Especificaciones de precios diferentes del agua de uso doméstico.....	50
Tabla X. Descripción bloques de consumo de agua urbana 2009.....	55
Tabla XI. Descripción de variables de sección cruzada.....	55
Tabla XII. Estructura tarifaria por bloques de uso doméstico de 2003 a 2008.....	57
Tabla XIII. Pruebas de raíces unitarias y estadística descriptiva.....	59
Tabla XIV. Descripción y estadística descriptiva de las variables independiente.....	60
Tabla XV. Resultado de modelo Probit.....	61
Tabla XVI. Beneficio económico del servicio ambiental de provisión.....	64
Tabla XVII. Resultado de modelo Probit iterativo.....	65
Tabla XVIII. Disposición a pagar.....	65
Tabla XIX. Parámetros estimados y efectos marginales de modelo Tobit.....	66

Tabla XX. Resultados de estimación de la demanda por VI.....	68
Tabla XXI. Resultados de estimación por variables instrumentales.....	69
Tabla XXII. Resultados de estimación de costos.....	70
Tabla XXIII. Precio por metro cúbico en bloques de 2010 y precio óptimo.....	71

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios hidrológicos (Evaluación de Ecosistemas del Milenio 2003), se clasifican en 5 categorías a) los derivados de la oferta de agua como: el uso municipal, agrícola e industrial; b) de oferta de agua *in situ*: para el uso recreacional, transportación y otros provenientes del agua; c) de mitigación de daños como: reducción de daños por inundación, salinización de tierras, intrusión de agua de mar y sedimentación; d) los espirituales y estéticos como: provisión de religiones, educacional y turístico; y e) los de soporte como: agua y nutrientes para soporte de estuarios vitales y otros hábitats, así como opciones de preservación. Cada uno de estos servicios tiene atributos de cantidad, calidad, localización y tiempo de flujo. La oferta de agua municipal, por ejemplo, requiere no solo de una cantidad de agua adecuada, también requiere de una calidad aceptable, en el lugar correcto y el tiempo correcto Brauman et al. (2007).

En este sentido la importancia de los servicios hidrológicos es revelada por los beneficios en la modificación de cada uno de sus atributos. Los usos de agua municipal, agrícola e industrial, se caracterizan por estar regulados por mercados, donde el precio del agua solo representa los costos de la energía requerida para su extracción, la amortización de la infraestructura hídrica, los costos de operación y distribución. La asignación del recurso agua en estos mercados ha tenido como consecuencia el agotamiento y contaminación del agua, debido a que no considera el valor de largo plazo del recurso, así como los valores de existencia y legado, es decir el valor de no-uso. En suma, podemos decir, que la valoración de los servicios hidrológicos de los ecosistemas incluye los valores de uso (municipal, agrícola, industrial, ecológico, amortiguamiento, mitigación de daños, recreacional e intrusión de agua de mar) y de no-uso, como los valores de existencia y legado. Una de las principales ventajas del método de Valoración Contingente para valorar los servicios hidrológicos, consiste en que es un método que mide los valores de uso y no-uso (Committee on Valuing Ground Water, National Research Council 1997).

El principal desafío de las grandes áreas urbanas de países en desarrollo consiste en enfrentar el problema de la sustentabilidad del servicio hidrológico de provisión¹ de

¹ Los servicios ambientales son beneficios que la sociedad obtiene de la existencia de los ecosistemas. Estos han sido clasificados en cuatro categorías principales: de provisión, de regulación, culturales y de soporte. Los servicios de provisión son aquellos bienes tangibles, recursos finitos aunque renovables, de

agua, ya que estas requieren cada vez mayores volúmenes de agua y un creciente desarrollo de la infraestructura para satisfacer la demanda, que frecuentemente excede la capacidad de oferta, dando lugar a desequilibrios ambientales Soto y Bateman (2006). Estos desequilibrios ambientales han motivado un rápido crecimiento en la literatura basada en el método de valoración contingente enfocado al análisis de política e investigación académica Alberini et al. (1997); Barrens et al. (1997); Cameron y Englin (1997); Carson et al. (1997); Hanemann (1994); Harrison (1992); Kanninen (1995); McFadden (1994); Mansfield (1998) y Smith (1996, 1997). La necesidad de evaluar sobre la perspectiva del análisis costo beneficio ha motivado un creciente interés sobre la valoración de la disponibilidad de los hogares a pagar (DAP) por cambios en la oferta de agua Hensher et al. (2005). El Método de Valoración Contingente permite medir la disponibilidad a pagar para proyectos sociales que contemplen modificaciones en la calidad ambiental, es bien aceptado y ampliamente usado en muchas circunstancias en diferentes países desarrollados y en desarrollo. Este método usa encuestas como instrumento de captura de la disponibilidad a pagar de los habitantes por una mejora en la calidad ambiental o la disposición a ser compensado por una disminución.

Con la finalidad de diseñar un cuestionario que considerará la disponibilidad de los habitantes de la ciudad de La Paz, por una mejora en los atributos del servicio de provisión hidrológica del acuífero de La Paz se realizó una encuesta previa para conocer que tan familiarizados estaban los hogares de La Paz, con el servicio de provisión del acuífero de La Paz, de manera más específica acerca del conocimiento del ciclo hidrológico, la situación actual del acuífero en cuanto a su balance hídrico, el conocimiento del grado de sobreexplotación del acuífero, así como la causa y efecto de la intrusión de agua de mar en pozos de abastecimiento público. Los resultados de la encuesta previa mostraron que el 80% de los hogares desconocían la situación de sobreexplotación del acuífero y el problema de intrusión salina. Estos resultados nos permitieron diseñar adecuadamente el cuestionario proporcionando a la persona encuestada información clara y actualizada acerca del problema abordado.

La estructura de mercado del servicio público de abastecimiento de agua es de monopolio natural, debido a que el estado determinó su exclusividad, ya que se

apropiación directa, a los que se le puede medir, cuantificar e incluso poner precio, tal es el caso del agua que se extrae de un acuífero, donde generalmente el precio solo refleja el valor de uso.

considera que un solo productor será capaz de producir a un costo menor que dos o más productores. Los monopolios naturales surgen en industrias con altos costos de capital respecto a los costos variables y el tamaño del mercado, razón por la cual la fijación del precio es fundamental ya que debe satisfacer los criterios normativos de eficiencia y equidad, al permitir cubrir los costos totales, ser justa y equitativa, razones que justifican la intervención pública. Otro aspecto importante a considerar del servicio público de abastecimiento de agua debe ser la sustentabilidad, lo cual implica satisfacer y conciliar las necesidades de agua de actuales y futuras generaciones, mediante precios que induzcan al uso eficiente. Para estimar el precio óptimo del servicio público de abastecimiento de agua se considera el enfoque de precio de eficiencia de Ramsey (1927) y formalizado para el precio de servicios públicos por Boiteaux (1956) y Baumol y Bradford (1970). Este enfoque considera necesario para estimar el precio óptimo en términos de eficiencia, conocer la elasticidad precio de la demanda de agua (análisis de demanda) y el costo marginal (análisis de la oferta). Debido a la importancia de los instrumentos de mercado para el manejo de la demanda de agua se estimó la sensibilidad de la demanda de agua de agua urbana de corto y largo plazo utilizando el marco teórico de estructura de precios en bloque y técnicas econométricas de sección cruzada y series cronológicas de series de tiempo.

1.1 El ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico describe la ubicación y el movimiento o transferencia continua de las masas de agua en el planeta. Sin embargo, considerando el ciclo hidrológico acotado a una cuenca, éste describe la ubicación y transferencia de agua de una cuenca a otra. La precipitación en forma de lluvia, nieve o granizo de la atmósfera, caen en una parte en la cuenca y pasa por las fases de evaporación e infiltración. Una parte se evapora de la superficie del suelo y otra es retenida en las hojas de los árboles, es lo que se conoce como intercepción.

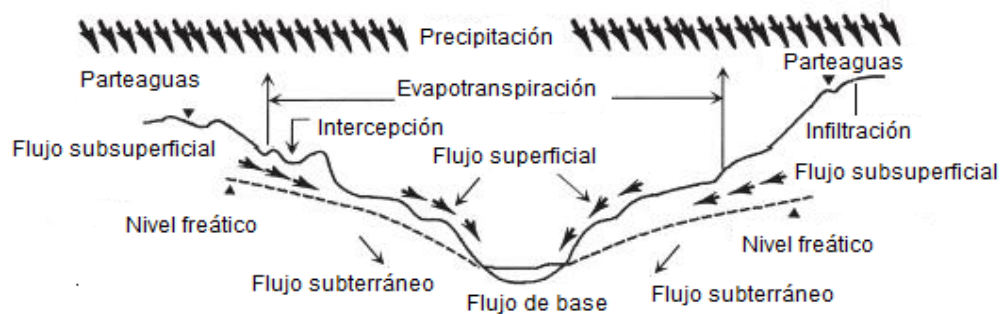


Figura 1. El ciclo hidrológico en una cuenca.

Fuente: Tomado de National Academy of Sciences (1997).

El escurrimiento superficial o el flujo superficial, pueden ser aumentados por el flujo sub superficial. Éste opera por debajo de la superficie, por arriba del nivel freático y por el flujo base el cual se refiere a la descarga de corrientes del medio saturado. Aquella agua que no es evaporada ni atrapada por raíces, la gravedad continúa llevándola hasta la superficie freática y busca la porción saturada del sistema. En este sentido, la infiltración del agua en el subsuelo pasa a ser la percolación y, finalmente la recarga del acuífero, entendida ésta última como el agua infiltrada que llega al acuífero.

Otro concepto importante que es relevante mencionar es el balance del agua subterránea. Las entradas y salidas de los flujos de agua a través del tiempo son aspectos que se deben considerar en la contabilización del agua almacenada de un acuífero. Esta medición se refiere al cambio en almacenamiento que es igual a la recarga menos las salidas. Las recargas ocurren de dos maneras, naturalmente y artificialmente. La primera se refiere cuando la precipitación o el agua superficial se infiltran en el suelo al nivel freático y, también sucede cuando los flujos llegan al acuífero. La segunda, ocurre cuando interviene el hombre para lograr el cometido. Sin embargo, la tasa de recarga depende de si el acuífero es no confinado o confinado (figura 2). Al primero también se le conoce como acuífero libre porque se encuentra en la parte superior de un sistema de agua subterránea. Al ser poco profundos, son los primeros acuíferos en que se infiltra el agua que proviene de la superficie del suelo, situación que provoca una gran susceptibilidad a la contaminación originada por acciones antropogénicas y, por lo tanto, el uso del agua para consumo doméstico no es recomendado. Por otra parte, los acuíferos confinados se caracterizan por estar

protegidos debido al confinamiento, se encuentran en zonas de baja permeabilidad, ubicación que corresponde a los límites entre la superficie y la fuente de recarga del agua. Otro de sus rasgos distintivos son el nivel freático o la profundidad del agua subterránea, la superficie piezométrica o potenciométrica que surge de la parte superficial más alta del acuífero que está restringida por la capa confinada. La superficie potenciométrica es la elevación del agua que resulta de la presión hidrostática.

Sin embargo, cuando el ciclo hidrológico es alterado por intervenciones antropogénicas, en el caso del agua subterránea, uno de los principales problemas que se derivan de su uso irresponsable es la salinización causada por la sobreexplotación de los acuíferos. Cuando las actividades humanas conllevan a extraer el líquido de los cuerpos de agua subterráneos en forma continua por cualquiera de los sistemas de bombeo existentes sin considerar la capacidad de recarga de los mismos, producen descenso del nivel piezométrico. Este fenómeno provoca deterioro en la calidad del agua porque avanza la cuña salina y en consecuencia, el agua de mar entra al agua almacenada en el acuífero y al mezclarse, dan origen a lo que se conoce como intrusión salina. Por otra parte, cuando el agua dulce producto de la recarga sobre yace al agua salobre, ocasiona que el flujo de agua subterránea desemboque en el mar.

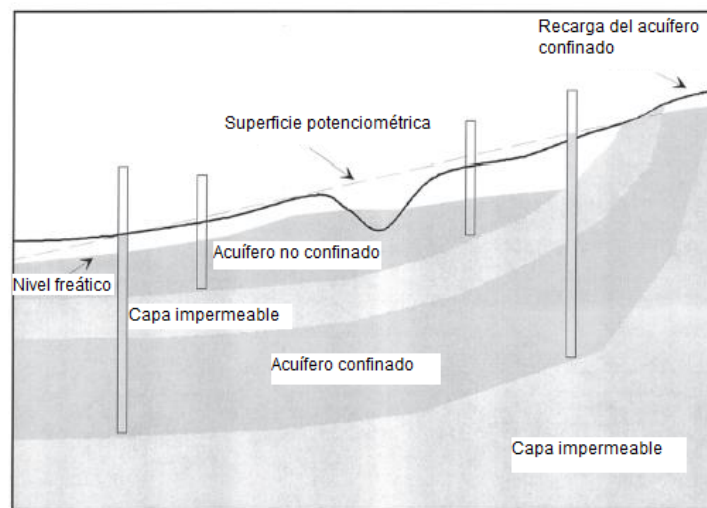


Figura 2. Acuífero no confinado y confinado.

Fuente: tomado de National Academy of Sciences (1997).

Otros impactos negativos causados por el uso desmedido del agua subterránea son la compactación inducida del terreno y la salinización de los suelos. El primero se

basa en que los acuíferos confinados principalmente sufren de una redistribución irreversible de los granos y de los huecos, con la consiguiente pérdida de capacidad para almacenar agua. El segundo se fundamenta en que los suelos regados con aguas subterráneas de alto contenido salino son susceptibles a salinizarse.

1.2 Servicio de provisión hídrica

La oferta de agua se deriva de la modificación del servicio de provisión hídrica de los ecosistemas usados para uso extractivo o *in situ*. El uso extractivo incluye los usos municipal, agricultura, comercial, industrial y uso en plantas termoeléctricas. El uso *in situ* incluye generación de electricidad mediante plantas hidroeléctricas, recreacional, trasportación, agua fresca para producción de peces. El uso extractivo requiere de información sobre los valores de los usos alternativos y sus principales atributos, es decir el uso municipal incluye el consumo humano, lo cual requiere un estricto criterio de calidad. La oferta de agua de uso extractivo se obtiene de cuerpos de agua superficial o subterráneos, este atributo de localización una connotación económica en la valoración de los usos de agua.

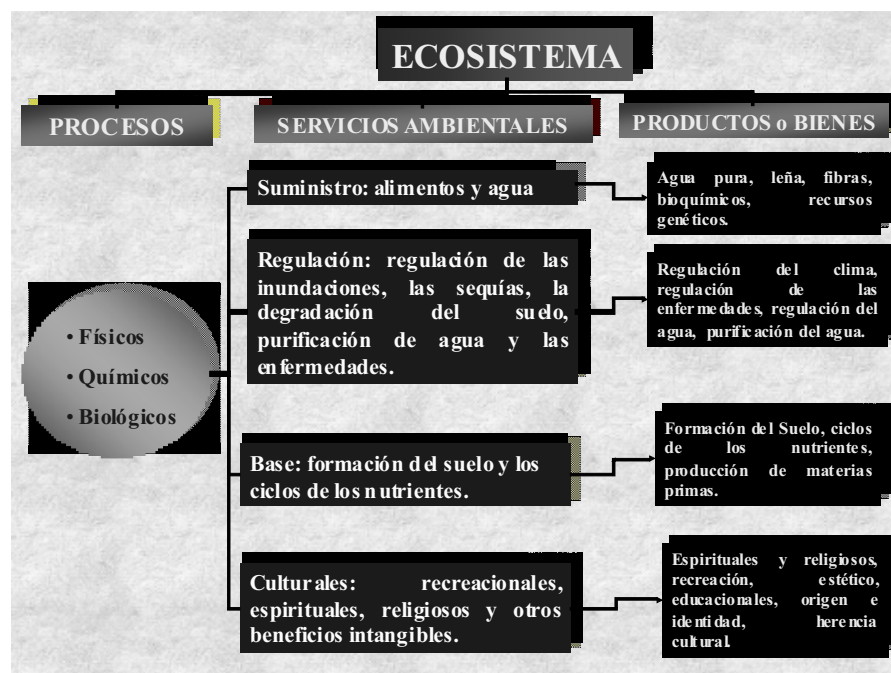


Figura 3. Servicios de los ecosistemas

Fuente: Evaluación de ecosistemas del milenio (2003). *Ecosistemas y bienestar humano: marco para la evaluación*. World Resources Institute.

1.3 Disponibilidad global de agua

En términos del atributo de cantidad la distribución del agua disponible es heterogénea, ya que del volumen total de agua que existe en el planeta (1,386,000,000 km³), el 97.47% es salada estando el 96.50% almacenada en los océanos Gleick (1993). El agua dulce, que corresponde al 2.53% del volumen total de las reservas del planeta, se encuentra en un 68.70% en los glaciares y como cubierta de nieve permanente, el 30.1% es subterránea, el 0.86% está en el hielo del suelo y gelisuelo, el 0.26% en los lagos, el 0.05% en la humedad del suelo, el 0.04% es vapor de agua atmosférico, el 0.03% se encuentra en pantanos y humedales, el 0.006% en los ríos y el 0.003% está incorporada en la biota Gleick (1993). Sin embargo, cabe resaltar, que las principales fuentes de abastecimiento de la humanidad son los ríos, los lagos, los acuíferos, que en cantidad sólo representan, en aprovechamiento, alrededor de 10 millones de km³, menos del 1% del volumen total de agua existente en la hidrósfera.

Cada año, alrededor de 505,000 km³ de agua se evaporan del océano, de los cuales el 90% regresa a los mismos bajo la forma de precipitaciones y el resto cae en los continentes, que al combinarse con las precipitaciones locales con un volumen de 68,500 km³, genera una precipitación total de 119,000 km³ sobre los continentes. Al desagregarlo por zonas continentales, Asia y América del Sur son las regiones en donde ocurre el mayor volumen de los escurrimientos, con 14,100 y 12,200 km³, respectivamente Gleick (1993). Esto significa que representan más de la mitad de los escurrimientos generados en el planeta. Alrededor de la tercera parte de la población del globo terráqueo habita zonas con graves problemas de escasez de agua. Según la OMS (2001), aproximadamente 1,500 millones de personas en el mundo carecen de ella, y cinco millones mueren anualmente a causa de enfermedades transmitidas por medio de ella. Aproximadamente 170 millones de individuos carecen de ésta en el ámbito urbano cerca de sus hogares y 855 millones de personas que habitan en las áreas rurales no tienen acceso seguro a ella World Bank (1992).

De acuerdo a la FAO (2000) América Latina es la región que dispone de mayor cantidad de agua por habitante, con 48,000 m³. La disponibilidad de ésta por habitante en México es de 4,547 m³ SEMARNAT-CNA (2004). Esto significa que existe en el planeta una distribución heterogénea sobre la disponibilidad del recurso hídrico. Adicionalmente, el consumo de agua sobrepasa en 10% la capacidad de renovación de

los recursos PNUMA (2002). A nivel mundial, el sector agrícola es que el que absorbe el mayor porcentaje con el 68%, le sigue el sector industrial con el 29% y el consumo doméstico y urbano representan el 8% Nestle Water Institute (2006). De acuerdo a la OMS (2001), un individuo para llevar una vida sana requiere de 200 litros diarios. A pesar de la relativa carencia de agua entre las regiones geográficas, algunos especialistas Antón (2003) arguyen, que la cantidad disponible en la Tierra para satisfacer las necesidades humanas actuales y del futuro cercano es suficiente.

1.4 Disponibilidad nacional de agua

Los principales problemas de agua en México consisten en ineficiencia en su uso: el sector agropecuario utiliza 77% del agua nacional concesionada, de esta 67.34% se extrae de cuerpos de agua superficiales y 32.65% es de origen subterráneo. De la extracción total la eficiencia en la conducción es de 63.80%, el resto se evapora, se filtra o se pierde en el proceso, lo que indica que aunque gaste 77% (56.1 km³ anuales) de agua, aprovecha solamente 49% (35.8 km³ anuales). Este sector es el mayor consumidor de agua en el país, y el que usa el recurso con menor eficiencia.

El sector industrial utiliza el 10% (6.9 km³ anuales) del agua concesionada, 76.80% se extrae de cuerpos superficiales y 23.20% de acuíferos. Sin embargo, el principal problema del uso de este sector consiste en la contaminación de cuencas y acuíferos por descargas residuales, ya que genera 5.62 km³ de aguas residuales, de las cuales solo 0.85 km³ se trata, mientras que 4.77 km³ son descargados directamente a los cuerpos de agua.

El sector público-urbano, utiliza el 13% (9.6 km³) del agua concesionada. La mayor parte del agua usada por este sector es extraída de acuíferos, 65.62% (6.3 km³ anuales), y solo 34.37% (3.3 km³) es de origen superficial. Esto revela el grado de presión del sector público urbano sobre los acuíferos, ya que ochenta de los 188 acuíferos más importantes, que abastecen 66% del agua que se utiliza en el país y en los que se capta 79% de la recarga de agua subterránea, se encuentran sobreexplotados. Otros factores relevantes respecto al uso del sector público-urbano son: el rezago en la cobertura de agua potable y alcantarillado de 10.20% y 23.80% respectivamente; precios por tarifa en bloque inadecuados, ya que estos solo consideran el valor de extracción, sin considerar el valor de existencia y de opción del recurso; de información, ya que los

consumidores con frecuencia desconocen la estructura de tarifas en bloque y por lo tanto el precio por m³, esto da lugar a la sub-valoración y con ello al uso ineficiente; el rezago en micro-medición, es común la falta de lectura en tomas domesticas, debido a que no funcionan o no se tiene acceso a estos, así como tomas de agua potable sin medidor instalado; la contaminación de cuencas y acuíferos, ya que el 70% de las principales cuencas están contaminadas por descargas de aguas residuales las cuales alcanzan anualmente 8.05 km³ de las cuales solo se colectan el 80.24% (6.46 km³), de estos se tratan solo 35% (2.26 km³).

2. JUSTIFICACIÓN

El área urbana de la ciudad de La Paz, Baja California Sur (BCS), merece particular atención, ya que los hogares representan el sector con mayor demanda, con el 60.86% del total de agua concesionada del acuífero de La Paz. Esta situación es contraria al escenario nacional, de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CNA), a nivel nacional el sector con mayor demanda es el agropecuario con 76.75% del agua concesionada, mientras el abastecimiento público representa sólo el 13.99% CNA (2006). La ausencia de cuerpos de agua superficiales en la región de La Paz, así como la escaza precipitación (una de las más bajas a nivel nacional) característica, del clima de la región², han llevado a la necesidad de sustraer agua subterránea mediante el bombeo en pozos costeros, generando la sobreexplotación del acuífero y con esto indirectamente intrusión salina³. El volumen del déficit hídrico del acuífero de La Paz, es de 2.98 millones de metros cúbicos CNA (2005).

3. OBJETIVOS

Debido a la evidente necesidad de explorar fuentes alternativas para el suministro de agua, que permitan la recuperación del acuífero y mantenimiento del servicio

² De acuerdo al criterio de clasificación de Köppen es de tipo BW (h') hw(x') que corresponde al tipo de clima muy seco con lluvias de verano, y una precipitación promedio anual de 213.9 milímetros.

³ Una explicación acerca de este fenómeno se encuentra en Piero, *et al*, (2003), que afirma [...] "Si el agua bombeada por los pozos es superior a las precipitaciones que se infiltran en el subsuelo, se crea un descenso permanente y progresivo de la superficie piezométrica, ocasionando que la interface de separación entre el agua dulce y el agua salada tiende a desplazarse favoreciendo la invasión del agua salada tierra adentro, a veces hasta varios kilómetros de la línea de costa.

hidrológico de provisión de agua, se planteo como objetivo general estimar el valor económico del servicio hidrológico ambiental del acuífero valorar económicamente el servicio hidrológico del acuífero de La Paz. Como objetivos específicos se planteó estimar la disposición a pagar por cambios en la cantidad y calidad del agua proveniente del acuífero a través del Método de Valoración Contingente (MVC), así como estimar la elasticidad precio e ingreso de corto y largo plazo de la demanda de agua urbana. Con ello se espera proporcionar evidencia empírica que contribuya en la planeación de la oferta hídrica y el manejo de la demanda de agua urbana partiendo de la base del excedente del consumidor.

4. HIPÓTESIS

La disminución en la cantidad y calidad de agua del acuífero, causada por la alteración del ciclo hidrológico, a través de la sobreexplotación, repercute directamente en el bienestar de los hogares debido a que la cantidad y frecuencia en el suministro de agua disminuye. Otro aspecto importante es la disminución en la calidad del agua causada por el efecto de intrusión de agua de mar a pozos costeros. Para medir el efecto de disminución en la cantidad del servicio hidrológico de provisión, en la disponibilidad a pagar (DAP) de los hogares, por el mantenimiento y mejora del servicio de provisión a través de una mejora en el balance hídrico del acuífero, se plantearon las siguientes hipótesis de trabajo.

4.1 Hipótesis específicas

Hipótesis 1. El nivel de consumo de agua medido en metros cúbicos diarios (Cm^3d) es un determinante de la DAP, ya que esta variable representa los efectos tanto de la demografía⁴ de los habitantes de la vivienda, como de las características físicas de la vivienda. Por ello los incrementos en Cm^3d , representan una disminución en la probabilidad de aceptar pagar por mantener el servicio de provisión del acuífero.

Hipótesis 2. La probabilidad de aceptar pagar por mantener el servicio de provisión del acuífero es mayor para hogares con tandeo en el suministro de agua.

⁴ Área del terreno de la vivienda, m^2 de construcción, número de grifos, número de baños – retretes, cisternas, jardines, albercas, número de miembros por hogar y estructura de edad al interior de los hogares

Hipótesis 3. La elasticidad precio de la demanda de largo plazo es mayor en términos absolutos que la elasticidad de corto plazo, indicando que los hogares ajustan su nivel de consumo ante incrementos sostenidos en los precios marginales por metro cúbico de agua.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El acuífero de La Paz, se encuentra localizado en la porción costera sureste del estado Baja California Sur (Figura 4), dentro de la cuenca de La Paz⁵, la superficie del acuífero es de 200 km² (*ibid.*)

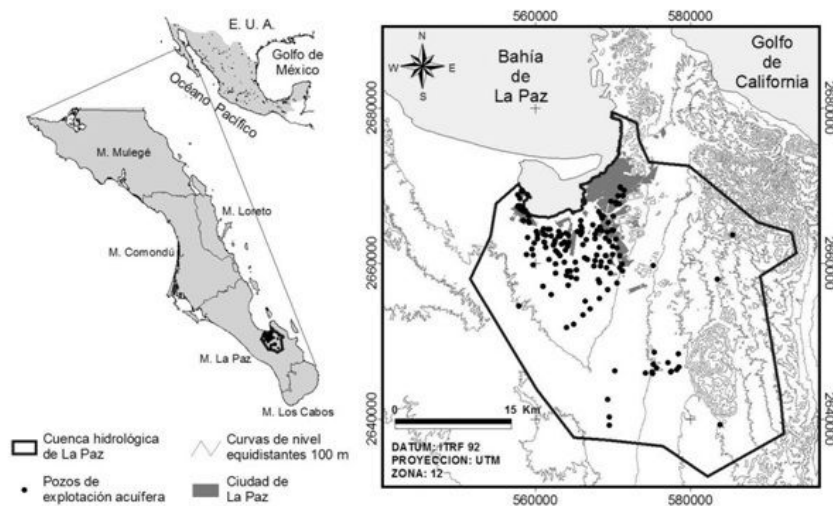


Figura 4. Localización del área de estudio y delimitación del acuífero.

Fuente: Unidad de Laboratorios de Servicios y Apoyo del CIBNOR (ULSA).

El área urbana de la ciudad de La Paz, Baja California Sur (BCS), fue seleccionada debido a dos aspectos críticos del manejo de la demanda de agua urbana bajo restricción en la oferta hídrica: *a)* se encuentra localizada en una región semiárida, donde no existen cuerpos de agua superficiales y la precipitación es escasa, lo cual ha llevado a la necesidad de sustraer agua subterránea mediante el bombeo en pozos costeros, generando la sobreexplotación del acuífero y provocando indirectamente

⁵ La cual cuenta con una superficie de 1275 Km² y se ubica entre los paralelos 23°47'24" a 24°10'12" latitud Norte 110°04'48" a 110°35'12" longitud Oeste

intrusión de agua de mar. *b)* los hogares representan el sector con mayor demanda, con el 60.86% del total de agua concesionada del acuífero (30, 018,597 m³). En cuanto a la restricción de la oferta, el volumen del déficit hídrico del acuífero de La Paz, es de 9 millones de metros cúbicos anuales y la velocidad de infiltración de agua de mar hacia el acuífero se encuentra entre 150 y 200 metros anuales Cruz-Falcón (2007). El acuífero brinda el servicio de provisión de agua a la ciudad de La Paz, la cual cuenta con una población de 215,178 habitantes INEGI (2010). El órgano responsable del manejo de la oferta de agua pública urbana a través de la extracción y distribución del recurso, así como de la demanda mediante la estructura tarifaria es el Organismo Operador Municipal del Servicio de Agua potable y Alcantarillado (OOMSAPA) de La Paz. El número total de tomas de agua del organismo en diciembre de 2008 fue de 78, 337 de las cuales, 94.28% fueron domésticas, 5.47% comerciales y 0.24% de uso industrial.

5.1 Valoración económica del agua

Aquellas mercancías, servicios y recursos que son escasos, son apreciados y, por lo tanto tienen valor y se requiere que sean asignados en forma económicamente eficiente. El agua subterránea es un recurso escaso, tiene valor y es considerada un activo natural. Estas características residen en la capacidad de un recurso para crear flujos de servicios sobre el tiempo. En el campo de la valoración del agua subterránea existen dos tipos de terminologías, aquella relacionada con el estado físico del agua subterránea y aquella que es proveniente de la literatura económica que corresponde a la valoración de los recursos naturales. El primer conjunto taxonómico comprende dos valores que provienen de los servicios ofrecidos por el agua subterránea: extractivo e *in situ*. El primero se refiere a la extracción del agua subterránea y los usos consuntivos como el municipal, el agrícola y el industrial. El segundo componente proviene no del uso consuntivo sino de permitir que permanezca el agua en el acuífero. Entre estos valores se encuentran los valores ecológicos, o valores intermediarios (“buffer”), aquellos relacionados con evitar el hundimiento del suelo, valores recreacionales, valores de existencia y valores de legado o herencia (tabla 6).

5.2 Valores de uso y valores de no uso

La segunda tipología de valoración distingue dos valores: uso y no uso. El valor de uso se refiere a los usos consuntivos y no consuntivos de agua como los usos ecológicos, intermediación (“buffering”), evitar la subsidencia del suelo, los valores recreacionales y los de intrusión salina. Por otra parte, los valores de no uso se relacionan con los valores de existencia y de legado o herencia (Tabla I).

Tabla I. Taxonomía de la terminología de la valoración de agua subterránea

Terminología del estado físico	Terminología económica	Terminología contable	
		Existencias	Flujos
A. Valores extractivos			X
1. Valores de uso municipal			X
2. Valores de uso industrial			X
3. Valores de uso agrícola			X
4. Otros valores de uso extractivos			X
B. Valores <i>in situ</i>			
	Valores de uso		
1. Valores ecológicos		X	X
2. Valores intermedios		X	X
3. Valores para evitar la subsidencia		X	X
4. Valores recreacionales			X
5. Valores de intrusión salina		X	X
6. Valores de existencia			X
	Valores de no uso		
7. Valores de legado o herencia			X

Fuente: National Academy of Sciences (1997). *Valuing Ground Water: Economic Concepts and Approaches*, Committee on Valuing Ground Water, National Research Council, Washington, D.C.

La rama de la economía que se ocupa de los recursos naturales considera que el valor económico total de un activo ambiental está compuesto por el valor de uso Azqueta (2002); Harris (2002); Field (1995); Goodstein (1995); Romero (1997), el valor de opción Azqueta (2002); Harris (2002); Field (1995); Goodstein (1995); Romero (1997), los valores de no uso los cuales incluyen el valor de existencia Azqueta (2002); Harris (2002); Field (1995); Goodstein (1995); Romero (1997) el valor de legado Field (1995) y, por último, el valor de manejo Field (1995). El valor de uso, es aquel valor que está condicionado a la utilidad que le asigna la sociedad. El valor de

opción, es aquel valor en donde los individuos deciden posponer el uso del activo ambiental en el presente, para posteriormente utilizarlo en el futuro.

Los valores de no uso son aquellos que no están relacionados al uso consuntivo o no consuntivo presente o futuro. El valor de existencia es aquel en el que la sociedad le atribuye a un activo ambiental no por usarlo inmediatamente y en el futuro, sino que, lo valoran porque simplemente existe. El valor de legado es aquel que la sociedad le asigna a un activo ambiental mediante una cantidad de dinero que estaría dispuesta a pagar con el fin de que generaciones posteriores tengan oportunidad de usarlos y disfrutarlos. El valor de manejo, es aquel valor asociado no al uso humano, sino a conservar y mantener la biodiversidad.

Sin embargo, la valoración del medio ambiente es demasiado compleja y va mucho más allá de la económica y de la que el humano le otorga. Según Azqueta (1994) existen tres valores: “valor *inmanente*, que pertenece a la esencia misma del ser de modo inseparable y tienen los seres u objetos por sí mismos con independencia de su reconocimiento por parte de quien puede hacerlo; valor *intrínseco* que siendo esencial e íntimo al sujeto que lo posee es otorgado por un ente ajeno al mismo, y es, pues, un valor derivado; valor *extrínseco*, que es el que poseen determinados seres u objetos inanimados, sin ser característica esencial de los mismos, porque sí tiene a bien otorgárselo quien puede hacerlo”. Esta situación obedece al hecho de que los humanos somos los únicos seres vivos que estamos en condiciones de realizar la valoración, por lo tanto, es esencial tomar en cuenta estos tres valores.

Hanemann (2006) menciona que en el caso de los bienes que no son comercializados en un mercado como otras mercancías, su valor no se mide por el precio sino que involucra un concepto más amplio. Si el valor fuera medido por el precio, solamente las mercancías comercializadas en el mercado tendrían valor económico. En este sentido los bienes públicos y el ambiente no tendrían valor económico. El precio que pagan los usuarios por el agua solo refleja el costo del capital físico y el de operación y no el valor de escasez. En este sentido el agua presenta elementos de bien público⁶ y bien privado, es decir, es un activo o artículo (*commodity*)

⁶ Los bienes públicos son aquellos que tienen como característica la no exclusión (el consumo de un determinado bien por un individuo no impide el disfrute a ninguna persona, independientemente de quien contribuya a su financiamiento) y no rivalidad en el consumo (si un individuo consume un determinado bien no disminuye la cantidad de ese bien disponible para otro individuo). Samuelson (1954) fue el economista pionero que sistematizó la idea de bienes públicos.

diferente a los demás en términos económicos. Cuando el agua es un valor extractivo significa que es un bien privado y cuando es un valor *in situ* es un bien público.

Otra característica distintiva del agua es su variabilidad en disponibilidad en términos de espacio, tiempo y calidad. La distribución geográfica de la oferta de agua es desigual y la ocurrencia de las precipitaciones es estacional. En las regiones tropicales y templadas el agua suele abundar. En estas zonas el nivel de precipitaciones es relativamente alto. En contraste, en las regiones áridas el agua es relativamente escasa y las precipitaciones son bajas. Además, no se requiere solamente de una cantidad adecuada de agua para los diferentes usos y no usos sino que es imprescindible que sea de una calidad aceptable en el sitio y tiempo indicados para evitar el riesgo de contraer enfermedades y daños a los ecosistemas.

Además, dado que el agua contiene las propiedades de ser movable, usarla secuencialmente y re-usarla provoca que se generen externalidades debido a que resulta demasiado costoso y difícil mantener el curso por el que escurren los flujos. Hanemann (2006), afirma que una manera de resolver esta situación es establecer o recurrir a los derechos colectivos de acceso al agua. De esta forma se internaliza la externalidad asociada con la movilidad de los flujos de retorno. Por ejemplo, los propietarios de la tierra que tienen adyacente una corriente o cuerpo de agua pueden desviar una cantidad razonable de agua sin que esta sea fija, de tal manera que no afecten a otros propietarios de la tierra y se mantenga el derecho co-igual. Dentro de las dos clasificaciones de terminología de la valoración del agua se encuentran dos segmentaciones inmiscuidas, las reservas de valor y los flujos o las corrientes de valor (tabla I). Éstos se relacionan porque una corriente de costos o beneficios pueden ser convertidos en un activo mediante el cálculo del flujo del valor presente descontado. Sin embargo, debe tenerse un gran cuidado en la distinción entre estas dos categorías a fin de evitar el problema de la doble contabilización.

Los principales servicios de agua subterránea provistos que dan origen al valor económico se resumen en las tablas II y III. A pesar de que los humanos valoran los servicios que ofrece el agua subterránea no existe un compromiso por parte de ellos a establecer acciones que guíen a la conservación, protección y distribución de estos recursos hídricos. Cabe destacar que la concepción del agua subterránea como activo natural se fundamenta principalmente en la capacidad para proveer flujos de servicios

extractivos e *in situ* sobre el tiempo. Las relaciones entre éstos dos se describen en la figura 4. En el diagrama se exponen los vínculos entre las dos clasificaciones en forma inter temporal para mejorar la comprensión de la valoración total. Las reservas de agua subterránea al suministrar en cada periodo los dos servicios, éstas son afectadas en su calidad y cantidad por varios factores. Por ejemplo, la extracción o recarga del presente influye en la cantidad disponible del recurso hídrico futuro.

Tabla II. Flujos de servicio potenciales y efectos del agua en un acuífero.

Servicio Suministrado	Efecto sobre el valor
Agua potable para uso de agua residencial	Cambio en la disponibilidad de agua potable Cambio en la salud humana o riesgos de salud
Ajardinar e irrigar el césped	Cambio en el costo de mantenimiento de la propiedad pública o privada
Irigar el cultivo agrícola	Cambio en el valor del cultivo o costos de producción Cambio en salud humana o riesgos de salud
Agua para el ganado	Cambio en el valor de los productos del ganado o costos de producción Cambio en la salud humana o riesgos de salud
Elaboración de alimentos	Cambio en el valor de los alimentos o costos de producción Cambio en la salud humana o riesgos de salud
Elaboración de otros productos Manufacturados	Cambio en el valor de bienes manufacturados o costos de producción
Agua caliente o plantas de energía Geotérmicas	Cambio en costo de generación de electricidad
Enfriamiento de agua para otras plantas de energía	Cambio en costo de generación de electricidad
Erosión y control de inundación a través de absorción de la escorrentía de agua superficial.	Cambio en el costo de mantenimiento de la propiedad pública o privada

Medio para desechos y otros productos de la actividad humana	Cambio en la salud humana o riesgos de salud atribuible a el cambio en la calidad del agua subterránea Cambio en la producción económica atribuible a el uso de los recursos de agua subterránea como drenaje por desechos
Mejoramiento en la calidad de agua a través del sostenimiento de organismos vivos	Cambio en la salud humana o riesgos de salud atribuible al cambio en la calidad del agua subterránea Cambio en la salud humana o riesgos de salud atribuible al cambio en la calidad del agua subterránea Cambio en la producción económica atribuible a el uso de los recursos de agua subterránea como drenaje por desechos
Servicios de no uso (motivaciones de existencia, legado o herencia)	Cambio en la utilidad personal

Fuente: National Academy of Sciences (1997). *Valuing Ground Water: Economic Concepts and Approaches*, Committee on Valuing Ground Water, National Research Council, Washington, D.C.

Por ello, el valor económico total del agua subterránea se define como la suma de los valores de uso y de no uso (tabla I). Este valor económico total debe ser tomado en cuenta en las políticas de manejo de los usos del recurso hídrico y debe de servir de información en el proceso de toma de decisiones y en las acciones a seguir.

5.3. Métodos de valoración de los recursos naturales

En los últimos años, la comunidad académica de la economía relacionada con los recursos naturales ha desarrollado una serie de métodos y técnicas que permiten abordar problemas concernientes a la valoración económica del medio ambiente. Los métodos y técnicas empleados para el análisis económico buscan valorar la importancia que tiene para los individuos las distintas funciones que desempeña el medio ambiente. En realidad, gran parte de los bienes y servicios ambientales y la calidad del entorno ambiental carecen de mercados. Esta situación imposibilita la determinación de su valor debido a que las personas no manifiestan el significado que tiene para ellas acceder a las

diferentes funciones que entrañan los ecosistemas. En la literatura existen distintos métodos para valorar monetariamente los bienes y servicios ambientales. Las clasificaciones desarrolladas por diversos autores se relacionan según la perspectiva del contexto involucrado. Existen aquellas que agrupan la valoración económica desde el punto de vista de los recursos ambientales (figura 5) y aquellas que la circunscriben bajo la óptica de los impactos ambientales⁷. Considerando la agrupación elaborada por Turner et al. (1993) sobre la valoración de los recursos ambientales ésta se divide en dos grandes bloques: 1) aquellas en las que es posible obtener el valor de un bien construyendo una curva de demanda (Marshalliana o Hicksiana); 2) aquellas en las que no es posible obtener una curva de demanda por la no disponibilidad de información que refleje el verdadero valor del bien.

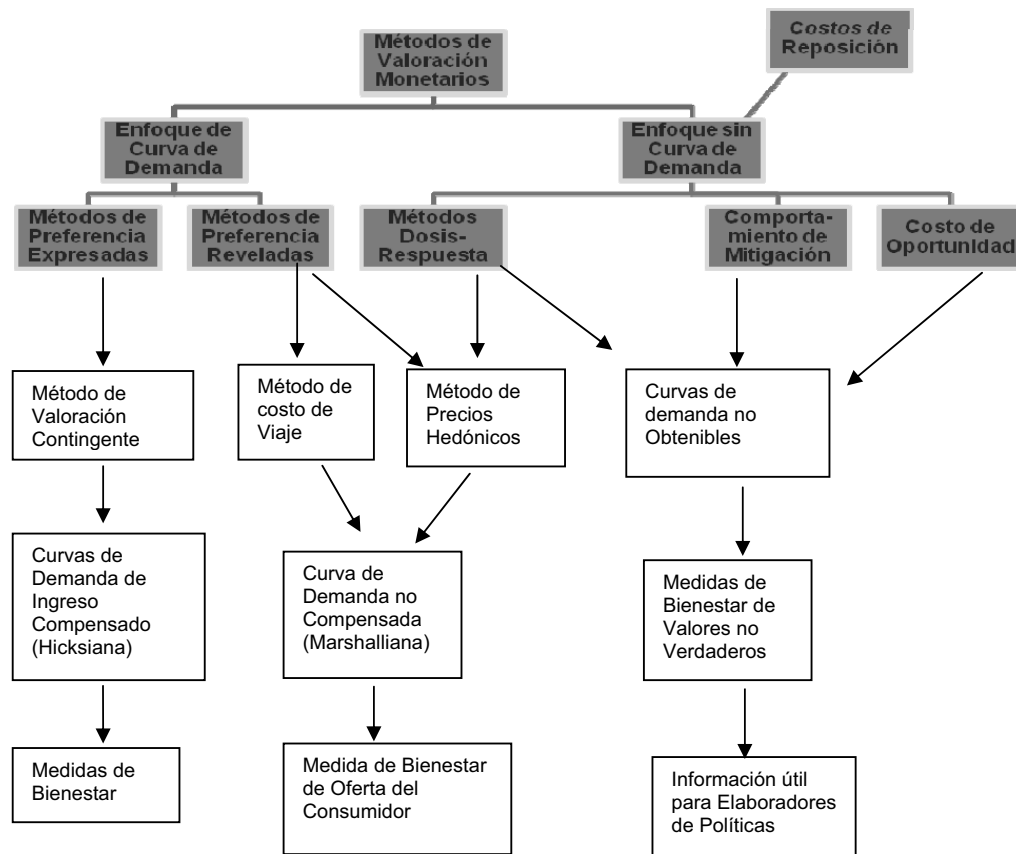


Figura 5. Métodos de valoración del Medio Ambiente.

Fuente: tomado de Turner, R. et al. (1993). *Environmental Economics: an Elementary Introduction*. The Johns Hopkins University Press Baltimore. Gran Bretaña.

⁷ Existen diversas clasificaciones de valoración económica construidas por diferentes autores. Sin embargo, para el trabajo de investigación se han seleccionado las mencionadas.

Partiendo de esta segmentación, en la literatura sobre economía ambiental y de los recursos naturales gran parte de los autores hacen dos importantes distinciones de acuerdo a la disponibilidad y proveniencia de la información dentro del rubro del enfoque de curva de demanda. Entre ellas se encuentran los métodos directos y las valoraciones indirectas Pearce y Turner (1990); Folmer et al. (1995); Romero (1994); Azqueta (1995); Barzev (2002); Tietenberg (2003). Siguiendo la tipología de Turner et al. (1993) sugieren llamar a las valoraciones directas como preferencias expresadas y a las valoraciones indirectas como preferencias reveladas, como se describe en la tabla III.

Tabla III. Tipologías para los métodos de valoración de los impactos ambientales.

Método de Valoración	Efectos Valorados	Bases para la valoración
Cambios en la productividad	Productividad	Técnico físico/ comportamiento asumido
Costos en la salud	Salud (morbilidad)	Técnico físico/ comportamiento asumido
Capital humano	Salud (mortalidad)	Técnico físico/ comportamiento asumido
Costos de reposición/reubicación	Activos de capital Activos de Recursos Naturales	Técnico físico/ comportamiento asumido
Gastos preventivos/de mitigación	Salud, Productividad, Activos de Capital, Activos de Recursos Naturales	Comportamiento revelado
Precios hedónicos Valor de la propiedad/Terreno	Calidad Ambiental, Productividad	Comportamiento revelado
Diferencial de Salario	Salud	Comportamiento revelado
Costo de Viaje	Activos de Recursos Naturales	Comportamiento revelado
Valoración Contingente	Salud, Activos de Recursos Naturales	Comportamiento expresado

Fuente: citado en Barzev (2002), *Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales: Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el CBM, Corredor Biológico Mesoamericano-CCAD*. Serie Técnica 04. Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. Nicaragua.

5.4 Los métodos de valoración directos e indirectos

Los métodos de valoración directos o hipotéticos intentan descubrir mediante la construcción de mercados simulados o hipotéticos (sustituye la inexistencia del mercado convencional para el bien o servicio ambiental del que se trate) el valor que las personas le otorgan al bien o servicio ambiental ó también se tratan los derechos sobre los mismos. Para ello, se recurre a instrumentos que busquen conductas o preferencias de los individuos en mercados convencionales como los pagos, o desembolsos que realizan por adquirir ciertos bienes y servicios en la forma tradicional. Las fuentes más utilizadas para obtener la información están constituidas por encuestas, cuestionarios, etc.

Los métodos indirectos u observables de valoración ambiental permiten encontrar en forma implícita la valoración del bien o servicio ambiental observando los comportamientos que se manifiestan en los mercados convencionales. En este sentido las preferencias son expresadas y es posible encontrar la curva de demanda debido a que en los ecosistemas existe una diversidad de combinaciones entre bienes y servicios que pueden ser ambientales y de otros tipos que forman parte de ellos y cómo resultado producen determinados servicios y bienes que finalmente conducen a generar un flujo de utilidad. Por ejemplo, en el entramado de relaciones que existe en un proceso productivo los insumos constituyen una relación sustituta. Otro ejemplo, cuando requerimos de ciertos bienes y servicios fabricados por el hombre para disfrutar o gozar de ciertos bienes y servicios ambientales. Esta situación representa una relación de complementariedad.

Barzev (2002) clasifica dentro de los métodos de valoración indirectos clasifica: los precios hedónicos, costo de viaje y diferencial de salario. Los precios hedónicos o de variables hedónicas tratan de determinar el valor que ha sido afectado en un conjunto de bienes en el que existe un mercado perfectamente definido, tomando en consideración aquellas características que engloban su precio. El caso más empleado en la literatura es la propiedad de las viviendas, en el que atributos como las condiciones del medio ambiente que la rodean pueden afectar el valor tanto positivamente como negativamente.

El método de costo de viaje se utiliza para valorar el disfrute de los servicios recreativos que ofrecen los ecosistemas. Este tipo de servicios en los que no existe mercado -ya que no se paga una cuota por acceder a un espacio natural- el instrumento

que se utiliza para cuantificar su valoración son la serie de gastos que desembolsan los individuos por llegar al área natural en el que se incluyen desde los costos de desplazamiento hasta los gastos que realiza en el lugar de estancia y en el de destino final. El método de diferencial de salarios se basa en considerar la estimación del diferencial salarial de un trabajador que acepta laborar en condiciones ambientales distintas a las que tradicionalmente realiza. Parte del supuesto de que existen mercados competitivos, lo que significa, que un trabajador tendrá incentivos a emplearse en puestos donde las condiciones estén degradadas para desarrollar sus actividades siempre y cuando el salario sea más alto que en aquellos lugares en donde el medio ambiente es adecuado para desempeñar sus funciones.

Algunos autores contemplan dentro de las técnicas directas al *método de valoración contingente* (VC) Pearce y Turner (1990); Folmer et al. (1995); Romero (1997); Azqueta (1995); Tietenberg (2003). Otros autores como Barzev (2002) sugieren que esta tipología sea discutida como un rubro exclusivo. Este método mediante el ejercicio de preguntas, busca cuantificar el valor que otorgan las personas a los cambios en el bienestar derivados en modificaciones en la oferta de un recurso ambiental. La pregunta comúnmente a realizar es cuestionar a los interrogados la cantidad de dinero que ellos estarían dispuestos a pagar por un beneficio ambiental, o en su caso la cantidad de dinero que estaría dispuesto a aceptar como compensación por un determinado daño ambiental. La obtención de este tipo de información conduce a que a las personas se les planteen situaciones hipotéticas (contingentes) y averiguar la reacción ante cambios en los recursos naturales. Para llevar a cabo este método es necesario recurrir a la investigación de campo para conocer la opinión directa de las personas sobre el aspecto que se intenta valorar de los bienes y servicios ambientales. Por ello, se tienen que realizar encuestas o métodos experimentales en los cuales los individuos responden a ciertos incentivos bajo condiciones controladas.

Por otra parte, aquel segmento de valoración en las que no es posible obtener una curva de demanda contempla los siguientes métodos de valoración: los cambios en la productividad, los costos de salud, capital humano, costos de reposición o de reubicación, gastos preventivos de mitigación. Los cambios en la productividad son considerados como una ampliación del análisis costo-beneficio. Esta técnica consiste

medir los efectos que tiene la puesta en marcha proyecto de inversión en la productividad de un recurso ambiental que se usa con criterios de conservación.

Los métodos de *costos de salud y de capital humano* están estrechamente relacionados y se encuentran dentro de los métodos de dosis-respuesta, ya que, valoran los efectos que causan en la salud humana las modificaciones que ocurran en el medio ambiente o las afecciones que surjan de la disminución o aumento del acervo de los recursos naturales. Los costos de reposición o de reubicación se relacionan con el costo de oportunidad. Este método utiliza como variable *proxy* los ingresos que se dejarían de percibir si un recurso ambiental no se usará para otros fines. También se relaciona con el método de costo-efectividad ya que intenta estimar el costo de conservar o proteger un bien o servicio ambiental mediante una baraja de alternativas de costos, de tal manera, que optimicen los costos en la acción a ejecutar. *Los gastos preventivos o de mitigación* son utilizados para estimar el valor monetario de un daño ambiental por medio de los gastos realizados por la sociedad, las instituciones y otros entes económicos con el objetivo de prevenir repercusiones negativas que se pudieran suscitar.

Una vez revisados los métodos de valoración aplicados al medio ambiente, en la tabla IV, se exponen los métodos de valoración que se aplican para los servicios extractivos e *in situ* del agua. Como podemos observar el método de valoración contingente se aplica para todos los servicios (a excepción del uso del agua para la agricultura y la industria), y es el único método que permite medir los valores de no uso como el de existencia, herencia o legado. El método al que haremos énfasis es al de VC, ya que es el método utilizado y se está planteando un mercado hipotético para el cual no existe un mercado tradicional cómo el de una mercancía o servicio.

Existe un consenso generalizado de que el método de VC es ampliamente aceptado para medir la disponibilidad a pagar por un bien o servicio ambiental y que es usado en países desarrollados y en desarrollo. Sin embargo, existe un fuerte debate sobre la precisión del método principalmente para medir los valores de no uso.

Tabla IV. Servicios de agua subterránea y métodos de valoración aplicables.

Función/Servicio de Flujo del Agua Subterránea	Método de Valoración Aplicable
A. Valores extractivos	Costo de la enfermedad
1. Uso municipal (agua para tomar)	Prevención del comportamiento
a) Salud humana-morbilidad	Valoración contingente Graduación/comportamiento contingente
b) Salud humana-mortalidad	Prevención del comportamiento Valoración contingente Graduación/comportamiento contingente
2. Uso de agua para la agricultura	Demanda derivada/costo de producción
3. Uso de agua para la industria	Demanda derivada/costo de producción
B. Valores <i>in situ</i>	
1. Valores ecológicos	Técnicas del costo de producción Valoración contingente
2. Valor intermedio	Graduación/comportamiento contingente Optimización dinámica Valoración contingente Graduación/comportamiento contingente
3. Evitación de la subsidencia	Costo de producción Modelo de precios hedónicos Valoración contingente Graduación/comportamiento contingente
4. Recreación	Método del costo de viaje
5. Valor de existencia	Valoración contingente Graduación/comportamiento contingente
6. Valor de herencia o legado	Valoración contingente Graduación/comportamiento contingente

Fuente: National Academy of Sciences (1997). *Valuing Ground Water: Economic Concepts and Approaches*, Committee on Valuing Ground Water, National Research Council, Washington.

5.5 Teoría del método de valoración contingente

Desde la perspectiva económica el Método de valoración Contingente (MVC), se basa en la maximización de la utilidad de los entrevistados, donde la función de utilidad (U) de los individuos está definida para bienes de mercado y no-mercado, configurados por cantidades, precios y otros atributos. Otro componente es la función de utilidad indirecta, constituida por un elemento estocástico que representa la aleatoriedad y constituye el Modelo de Maximización de la Utilidad Aleatoria (RUM). La base del análisis econométrico parte del modelo teórico de utilidad, para analizar las respuestas de las encuestas de Valoración Contingente. De acuerdo a Hanemann y Kanninen (1996), dado un estado inicial del bien ambiental q denotado por q^0 , al individuo se le plantea un cambio en la calidad del bien ambiental, pasando de q^0 a q^1 a un costo de T : Si $T > 0$

$$U(M-T, q^1, X) - U(M, q^0, X) \geq 0 \dots \dots \dots (1)$$

Donde U representa la función de utilidad del individuo (no observable). Incorporando $V(\cdot)$ que representa la función de utilidad determinística (observable) que contiene los mismos elementos que U que si son observables y el elemento estocástico ε . Entonces se tiene que:

$$U(M, q, X) = V(M, q, X) + \varepsilon(q) \dots \dots \dots (2)$$

Y la probabilidad de obtener una respuesta positiva, frente a un cambio en el bien ambiental, está dada por:

$$Prob(S) = Prob [V(M-T, q^1, X) + \varepsilon_1 > V(M, q^0, X) + \varepsilon_0] \dots \dots \dots (3)$$

ε_i es aleatorio y recoge los elementos no observables de la función de utilidad del individuo, entonces la probabilidad puede ser expresada:

$$Prob(S) = (1 + e^{-\Delta V})^{-1} \dots \dots \dots (4)$$

Donde $\Delta V = V^1 - V^0$. En el caso que la respuesta del entrevistado sea negativa al cambio ambiental, la probabilidad se expresa:

$$Prob(N) = (1 + e^{\Delta V})^{-1} \dots \dots \dots (5)$$

Entonces la disponibilidad a pagar por el cambio ambiental q^1 (DAP) es aquella que el individuo acepta por el cambio, a costa de disminuir su nivel de ingreso. Al cambio en el nivel de utilidad causado por la disminución del ingreso disponible y

compensado por el aumento en el bienestar al mejorar el bien ambiental, se le conoce como Variación Compensada y se expresa como sigue:

$$\begin{aligned}
 U(M-DAP, q^1, X) &= U(M, q^0, X) \quad y \\
 V(M-DAP, q^1, X) + \varepsilon_1 - \varepsilon_0 &= V(M, q^0, X) \dots \dots \dots (6)
 \end{aligned}$$

Esta última se encuentra en términos de la función de utilidad observable y es una variable aleatoria debido al error estocástico incluido, adicionalmente es una función acumulativa de densidad (FDA) denotada como $F(T)$. El valor esperado de la variable DAP se fundamenta en FDA como se muestra a continuación:

$$E(DAP) = \int_0^{\infty} [1 - F(T)] dT \dots \dots \dots (7)$$

Las respuestas que se obtienen en principio son positivas o negativas, por tanto la variable dependiente podrá tomar valores de 1 ó 0, es decir es una variable cualitativa que representa probabilidades, la ecuación (5) matricialmente representa estas respuestas, siendo Y_i la variable dependiente y el término de la derecha es el equivalente a la utilidad determinística:

$$Y_i = X_i \beta + \varepsilon \quad \text{donde } i: 1, 2 \dots N \dots \dots \dots (8)$$

Sin embargo, lo que verdaderamente hace referencia es a una variable latente o variable que no es observada. Si existen dos posibles resultados, la variable dependiente discreta toma el valor de 1 cuando la variable latente supera cierto nivel de variación y 0 cuando no lo alcanza. La variable latente está en función de un conjunto de variables explicativas,

$$I^* = X_i \beta + \varepsilon_i \dots \dots \dots (9)$$

Donde X es una matriz de tamaño $(n \times k)$ que contiene k variables independientes, β es un vector de parámetros de tamaño $(k \times 1)$, I denota a la función índice y ε representa la perturbación estocástica. Además, $X_i \beta$ determina el valor que tomará la función índice y los regresores generan alternativas, estableciendo el modelo dicotómico,

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ si } I^* > 0 \text{ ocurre cuando } \chi_i \beta + \varepsilon_i > 0 \\
 I^* = & \\
 &0 \text{ si } I^* < 0 \text{ ocurre cuando } \chi_i \beta + \varepsilon_i < 0 \dots \dots \dots (10)
 \end{aligned}$$

y el tipo de modelo a estimar va a depender de la suposición hecha sobre la forma de la distribución en ε_i . Por lo tanto, el modelo probabilístico se define,

$$P_i = Prob = (Y_i = 1) = Prob(I^* > 0) = Prob(X_i\beta + \varepsilon_i > 0) = F(X_i\beta) \dots\dots\dots(11)$$

Donde $F(\cdot)$ es la función de distribución acumulativa para ε . El valor observado es la realización de un proceso binomial y el tratamiento para obtener los coeficientes de regresión será por medio de la maximización de la función de verosimilitud:

$$L = \prod_{Y_i=0} F(-X\beta) \prod_{Y_i=1} (1 - F(-X\beta)) \dots\dots\dots(12)$$

La función de distribución que se asume para el comportamiento de ε corresponde a una distribución normal, ε_i es $N(0, \sigma^2)$ resultando el modelo probit:

$$F(-X_i\beta) = \int_{-\infty}^{-X_i\beta/\sigma} (2\pi\sigma^2)^{-1/2} \exp(-t^2/2) dt \dots\dots\dots(13)$$

Retomando (1) y (2), se tiene que si $T > 0$,

$$\begin{aligned} V(M-T, q^1, X) + \varepsilon_1 &> V(M, q^0, X) + \varepsilon_0 \\ V(M-T, q^1, X) - V(M, q^0, X) &> \varepsilon_0 - \varepsilon_1 \\ \Delta V = V(M-T, q^1, X) - V(M, q^0, X) &\dots\dots\dots(14) \\ \eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1, \text{ entonces } Prob(Aceptar) &= Prob(\Delta V > \eta) \end{aligned}$$

Considerando de nuevo la expresión (5), el término $X\beta$ es una generalización matricial que recoge el conjunto de variables socioeconómicas y sus respectivos coeficientes, incluyendo el término independiente, entonces la variación en la utilidad del individuo expresada en coeficientes observados es:

$$\Delta V = \alpha - \beta T \dots\dots\dots(15)$$

De esta manera, se observa que a mayor T , se obtendrá menor ΔV , es decir que la probabilidad de una respuesta positiva (sí) será menor. De tal modo se tiene que: α muestra el cambio de utilidad por el cambio ambiental; β representa la utilidad marginal del ingreso. Si: $\Delta V = 0$ el individuo sería indiferente al cambio ambiental.

5.5.1 Sesgos del método de valoración contingente

El uso del Método de Valoración Contingente para medir la disponibilidad a pagar para proyectos sociales es bien aceptado y ampliamente usado en muchas circunstancias en diferentes países en desarrollo. Sin embargo, hay una gran parte de la literatura que discute la exactitud del método Arrow et al. (1993). La cual se puede clasificar de la siguiente manera: sesgo estratégico que ocurre cuando la persona encuestada cree que, con su respuesta, puede influir en la decisión final que se tome sobre la propuesta sometida a su consideración, de forma que salga favorecida Brookshire et al (1976); Rowe et al (1980); Hoehn y Randall (1987); Milon (1989); Bergstorm et al. (1989); Mitchell y Carson (1989); sesgo de diseño este existe cuando el diseño del cuestionario (formato) condiciona la respuesta Boyle et al. (1986); sesgo de vehículo de pago, este ocurre cuando la respuesta de la persona está condicionada por el mecanismo propuesto para el pago OECD (1995); sesgo de información, ocurre cuando las posibilidades de que, con la respuesta dada, la situación se modifique: responde a la pregunta, pero no sabe si con la cantidad expresada y con la que están revelando los demás, se llevará a cabo la modificación propuesta (dado su costo), Boyle et al. (1988); Whitehead y Blomquist (1991); Hanley (1988); sesgo hipotético, este ocurre cuando el entrevistado no tiene ningún incentivo para ofrecer una respuesta correcta Bishop et al. (1979); Thayer (1981); sesgo de punto de partida, ocurre cuando la cantidad primeramente sugerida condiciona la respuesta final Boyle (1986); Randall et al (1983), y sesgo de operación ocurre durante la operación del método, en aspectos como tiempo etc. Cummings et al. (1994). En los sesgos que menciona la literatura de VC se enumeran en la siguiente lista:

- 1) *sesgo de vehículo de pago* ocurre cuando la persona está condicionada para el mecanismo propuesto del pago, es decir, que la respuesta final del entrevistado está influenciada por el medio hipotético de pago (véase OECD 1995);
- 2) el *sesgo de información* se origina cuando se intenta averiguar los beneficios de una mejora en el bien o servicio ambiental y se parte de la base que el entrevistado está informado sobre la modificación propuesta y sus características, pero, puede ocurrir que desconozca realmente con su respuesta dada de que la situación se modifique y también con las que están revelando los demás, el cambio propuesto se modifique, es decir, desconoce estos dos

extremos (véase Boyle et al. 1988; Bergstorm et al. 1989; Whitehead y Blomquist 1991; Hanley 1988);

- 3) *el sesgo de punto de partida* sucede cuando la cantidad inicial ofrecida a la persona condiciona su respuesta final (véase Boyle y Bishop 1986; Randall et al. 1983);
- 4) *el sesgo de diseño* se produce dependiendo del tipo de formato que se use en el cuestionario el cual incide en la respuesta final (véase Boyle et al. 1986); *el sesgo de estratégico* se presenta cuando el entrevistado cree que su respuesta influye en la decisión final de la propuesta que le ha sido ofrecida, de tal manera que salga favorecida (véase Brookshire et al. 1976; Hoehn y Randall 1987; Milon 1989; Bergstorm et al. 1989; Mitchell y Carson 1989);
- 5) *el sesgo de operación* se deriva del proceso de operación del método, como el tiempo, etc. Bishop y Heberlein (1979); Thayer (1981);
- 6) *el sesgo hipotético* surge de que al plantearse una situación hipotética al entrevistado, éste no tiene incentivos para responder correctamente Cummings et al. (1994).

5.5.2 Recomendaciones de NOAA sobre Valoración

La controversia acerca de la aceptabilidad del método de valoración contingente en cuanto a su exactitud hizo necesario que la Administración Nacional Atmosférica y de Océanos (NOAA) del departamento de comercio de Estados Unidos elaborará un informe sobre la confiabilidad del método, conocido como Reporte del Panel de la NOAA 1993, sobre valoración contingente, que indica aspectos importantes desde el diseño del cuestionario y la forma de hacer las preguntas. En lo que respecta al cuestionario este debe contener a) una descripción clara y precisa del bien objeto de estudio, del bien que se pretende valorar, así como las modificaciones contempladas b) la persona encuestadas debe estar familiarizada con el bien, y el problema en cuestión. c) el cuestionario debe estar planteado en forma consistente con el marco teórico usado para la definición de los valores de uso y de no-uso.

El Panel on Valuation menciona que la entrevistas personales presentan ventajas con respecto a las encuestas por correo debido a que se presentan dificultades para controlar el proceso de entrevista. Cuando existe un presupuesto limitado para aplicar las

encuestas telefónicas se recurre a ellas⁸. El tipo de pregunta seleccionado fue el cerrado, es decir, se preguntó la disponibilidad a pagar con un precio de salida. En el NOAA Panel on Valuation Arrow et al. (1993) se afirma que, las desventajas que presenta dejar la pregunta abierta es que los entrevistados tienden a sobreestimar su respuesta y pierde sentido el escenario planteado. Adicionalmente, Hanemann (1994) argumenta que los entrevistados desconocen el límite en su disposición a pagar y sugiere que la pregunta cerrada es más recomendable. Sin embargo, existen sugerencias que mencionan que la pregunta abierta estadísticamente no supone sobre la forma de la distribución de la variable que se trate Barón (1996); Fisher (1996) y que, se suprime el efecto “anclaje” Harrison y Kristöm (1995) que, consiste en una disposición a pagar influida por una anterior.

5.5.3 Aplicación del método

Con la finalidad de diseñar un cuestionario que considerará las recomendaciones antes señaladas se realizó una encuesta previa para conocer que tan familiarizados estaban los hogares de La Paz, con el servicio de provisión del acuífero de La Paz, de manera más específica acerca del conocimiento del ciclo hidrológico, la situación actual del acuífero en cuanto a su balance hídrico, el conocimiento del grado de sobreexplotación del acuífero, así como la causa y efecto de la intrusión de agua de mar en pozos de abastecimiento público. Los resultados de la encuesta previa mostraron que el 80% de los hogares desconocían la situación de sobreexplotación del acuífero y el problema de intrusión salina. Estos resultados nos permitieron diseñar adecuadamente el cuestionario proporcionando a la persona encuestada información clara y actualizada acerca del problema abordado.

La aplicación de la encuesta definitiva se realizó durante los meses de septiembre y octubre de 2008. En cuanto al tipo de encuesta de los tres tipos reconocidos: personal, telefónica y postal Mitchel y Carson (1989), se optó por la personal con conocimiento del posible sesgo del entrevistador, el cual consiste en que el encuestado tiende a exagerar su DAP. Sin embargo se consideró este aspecto para lo cual se realizaron pruebas para contrastar diferencias en la DAP por nivel de ingreso, es decir midiendo

⁸ Esta opción no es factible, ya que, algunas comunidades carecen de servicio telefónico.

con cautela si los entrevistados consideraron su restricción presupuestaria al dar su DAP.

El tipo de pregunta fue dicotómico de doble límite, donde de acuerdo a la respuesta de valoración contingente se ofrecieron dos valores, según la respuesta a la primera cantidad propuesta, este valor es menor si la respuesta es negativa y mayor de lo contrario Hanemann et al. (1991). La pregunta fue la siguiente ¿Estaría dispuesto a pagar \$ ____ sí ___ o no __ para implementar medidas que permitan el mantenimiento del servicio de agua del acuífero de La Paz, de tal manera que esto le garantice el suministro de agua proveniente del acuífero para usted y su familia. Las cantidades propuestas fueron en múltiplos de 5 pesos, estos montos fueron distribuidos proporcionalmente entre el número de encuestas, con ello se eliminó el sesgo de partida y problemas de perfecta predictibilidad en la especificación econométrica.

En cuanto al vehículo de pago, es habitual algún tipo de impuestos, para utilizar el dinero en programas específicos. Para la valoración del servicio de provisión se utilizó una tarifa de pago mensual incorporada en el recibo de consumo mensual. Esto debido a que a los hogares no les es ajeno el pago por el servicio de agua, y representa una opción realista. Otro aspecto importante respecto a la encuesta fue la obtención del consumo de agua de los hogares, así como las características socioeconómicas de los hogares encuestados, con la finalidad de poder estimar una función de valor, donde la DAP pueda ser estimada a partir de esas características. La encuesta fue dirigida a hogares que cuentan con agua entubada y micro-medición, esto con la finalidad de evitar heterogeneidad en la dotación que pudiera causar sesgos en la respuesta de valoración, debido a que la respuesta de valoración contingente de los hogares sin estas características no consideraría su verdadera restricción presupuestaria en función de la cantidad, precio (valor de uso).

5.5.4 Descripción de los datos

En cuanto a los datos utilizados se emplearon dos fuentes: a) datos oficiales de consumo por hogar facturado de frecuencia mensual de 2003 al 2008 (información no disponible al público), proporcionada por el Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de La Paz, OOMSAPA. b) datos generados a partir de la Encuesta de Valoración Contingente, aplicada a hogares de la ciudad de La

Paz. En la primera base de datos se seleccionaron a los usuarios domésticos mediante la clave de identificación individual, así como su consumo mensual promedio, con el fin de analizar la distribución de los hogares al interior de los 11 rangos de consumo de la estructura tarifaria de precios en bloque⁹, y con ello se estimó el tamaño óptimo de muestra, utilizando el estimador de consumo de agua. Se encontró que el 93.96% de los hogares se concentraron en los tres primeros bloques, donde 27,568 ubicaron su consumo en el rango de 0 a 17 m³ mensuales; 9,515 en el rango de más de 17 a 24 m³ mensuales y 5,485 en el rango de más de 24 hasta 35 m³. El tamaño óptimo de la muestra se obtuvo mediante el método aleatorio estratificado con fijación proporcional de acuerdo al estimador de consumo de agua antes mencionado, y con un error de 4%, así como un nivel de confianza de 95%, el cual dio como resultado un tamaño de muestra óptimo de 594 hogares, ajustándolo a 600 hogares. Los datos obtenidos mediante la aplicación de la encuesta e información oficial fueron generados con el programa estadístico SPSS, mientras que las estimaciones econométricas fueron realizadas con los programas econométricos, Eviews y LIMDEP.

5.5.5 Especificación del modelo Probit

La especificación del MVC considera la siguiente representación de aceptar pagar (P_k) por mantener el servicio de provisión del acuífero de La Paz, de tal manera que esto garantice el suministro de agua para los hogares, expresado por el siguiente modelo Probit:

$$P_k = E(Y = 1 / X_k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{G_k} \frac{-t^2}{e^2} dt \dots\dots\dots(16)$$

Donde t es una variable aleatoria normal estandarizada, $t \approx N(0,1)$. En este modelo, la probabilidad P_k para $Y = 1$ (si la respuesta es afirmativa “si” y 0 de lo contrario “no”), descansa entre cero y uno, ya que la probabilidad de la variable aleatoria normal estandarizada t es menor o igual a G_k . Cuando el índice de utilidad G_k incrementa de $-$ a $+$, la probabilidad P_k para $Y = 1$ incrementa monotónicamente. Ya

⁹ Los cobros por el consumo de agua de uso residencial corresponden a i) tasas constantes ii) tasas crecientes y decrecientes. La estructura tarifaria en la ciudad de La Paz corresponde a tasa crecientes de precios en bloque, que implican un mayor cobro por la última unidad consumida dentro de cada bloque.

que P_k representa la probabilidad de una respuesta afirmativa, esta es medida por el área de la curva normal estándar desde $-\infty$ hasta G_k . La matriz X_k contiene las variables socioeconómicas, que se describen en el tabla V.

Tabla V. Descripción de variables.

<i>VARIABLE</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>MEDIA</i>	<i>S. D</i>	<i>MÍNIMO</i>	<i>MÁXIMO</i>
Dap	Disposición a Pagar	Binario	0.55	0.49	0	1
Monto-Dap	Monto a Pagar	\$ 000 / mes	39.16	35.01	5	150
Ingreso	Ingreso Familiar	\$ 000 / mes	8364.50	7702.05	3000	4000
Educación	Educación	Categorica	3.67	1.17	0	6
Cm3d	Demanda de Agua	m ³ / día	0.70	0.31	0.05	3.07
Tandeo	Restricción	Binario	0.51	0.50	0	1

5.5.6 Especificación del modelo Tobit

Con la finalidad de analizar los factores que inciden en el monto de la disposición, se realizó la siguiente estrategia econométrica a) se estimaron los determinantes del monto dispuesto a pagar, mediante un modelo de regresión censurada correspondiente a un Tobit¹⁰, con variables instrumentales con la finalidad de confrontar el problema de simultaneidad causada por el carácter endógeno de la especificación precio-cantidad en estructuras de precios en bloque. Para estimar el modelo, se realizaron las pruebas de identificación, propuestas por Davidson y MacKinnon (1981, 1993). La estimación censurada se debe a que la proporción de hogares que respondieron de forma negativa a la pregunta de valoración contingente es considerable, y la estimación por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) proporcionaría estimaciones sesgadas. Estimaciones por el método de máxima verosimilitud proporcionan estimaciones eficientes y consistentes Greene (1999), ya que la función de máxima verosimilitud que se maximiza integra información tanto de las observaciones censuradas como de las no censuradas:

$$l(\beta, \sigma^2) = L(\beta, \sigma^2) \dots \dots \dots (17)$$

¹⁰ Esto debido a que se considera solo un punto de censura, aquellos hogares que expresaron no estar dispuestos a pagar.

$$\sum_{y_{1i} > a} -\frac{1}{2} \left[\ln(2\pi) + \ln \left(\sigma^2 + \frac{Y_i - X_i' \beta}{\sigma^2} \right) \right] + \sum_{y_{2i} \leq a} \ln \left[\frac{a - X_i' \beta}{\sigma} \right] \dots \dots (18)$$

En la ecuación (13) se muestra cómo es posible identificar las estimaciones de los efectos sobre la variable latente $Y^*(\beta)$, utilizando únicamente la variable Y .

Cabe mencionar que una alternativa consiste en la corrección en dos etapas del estimador de MCO propuesta por Heckman (1979). Este procedimiento proporciona estimados consistentes. Sin embargo, el modelo estimado por el método Tobit facilita la interpretación directa del efecto marginal de cada una de las variables explicativas sobre el valor medio de la variable latente. La estadística descriptiva de las variables explicativas censuradas y no censuradas se muestra en el Tabla VI.

Tabla VI. Estadística descriptiva para muestra censurada y no censurada

Variable	Datos no censurados (n = 335)		Datos censurados (n =265)	
	Media	Desviación Estándar	Media	Desviación Estándar
Ingreso	9035.2239	8190.99	7516.6038	6958.65
Educación	3.7522	1.2118	3.5774	1.1192
Precio	5.6924	1.6648	5.9582	1.9824
Cm3d	0.6859	0.2917	0.733	0.3399
Tandeo	0.5403	0.4991	0.4906	0.5009

El método Tobit estima el modelo incorporando todos los hogares de la muestra mediante la utilización de una función de verosimilitud, en donde los parámetros que se escogen, son aquellos que hacen máxima la probabilidad conjunta de que los hogares que no están dispuestos a pagar por conservar el acuífero, no lo hagan y que los que estén dispuestos a pagar lo hagan en el monto máximo de disponibilidad a pagar, esto explicado por las mismas variables socioeconómicas, de calidad del servicio expresada por la variable tandeo, y los niveles de consumo de agua distribuidos por el organismo operador de agua municipal. Sin embargo, a diferencia de los modelos lineales, los parámetros estimados no tienen una interpretación directa, como pudiera ser el efecto marginal de una variable explicativa sobre la variable endógena. Para obtener los efectos es necesario realizar transformaciones adicionales considerando el factor $\Phi \left(\frac{\beta x}{\sigma} \right)$, es decir las estimaciones β deben ponderarse por la probabilidad de que una

observación no esté censurada. La probabilidad de no censura depende de los valores que tome cada uno de los hogares en cada una de las variables X , debido a esto se evalúa en el hogar medio. La ventaja de este método consiste en que los parámetros estimados pueden utilizarse, para analizar dos fenómenos diferentes a) el efecto de cada variable sobre la probabilidad de que un hogar esté dispuesto a pagar por conservar el acuífero, y b) el efecto de cada variable sobre el monto máximo dispuesto a pagar por conservar el acuífero McDonald y Moffitt (1980).

5.6 Mercados de agua

Partiendo del trabajo desarrollado por Chermak, Patrick, y Brookshire (2005), se analiza el impacto de la sobreexplotación sobre costos y precios en mercados de agua, así como la ausencia de micro medición en los planes de manejo de la demanda de agua urbana. El objetivo principal de un plan de manejo es la maximización del valor presente neto del beneficio social, donde el beneficio neto (BN) es la diferencia entre el beneficio social bruto del consumo del agua y el costo de proveer esa cantidad de agua. El beneficio se obtiene de la diferencia entre el beneficio bruto (B), (igual a precio por la cantidad de metros cúbicos suministrados) y el costo de producción (C), de esta manera:

$$BN = B(q(t)) - C(q(t), S(t)) \dots \dots \dots (19)$$

donde el beneficio neto es una función de la cantidad de agua consumida en el tiempo t , $q(t)$, y los costos de producción son una función del agua producida y el *stock* restante para la producir, $S(t)$. Se consideran para efectos de análisis precios constante, y por tanto B aumenta a una tasa decreciente en q , mientras C aumenta a una tasa creciente y esta inversamente relacionado a la reserva de agua (S). De esta manera se esperara que el retorno esperado del uso del agua disminuya conforme se incrementa el uso del agua, y que el costo se aumenta de acuerdo a la extracción del cuerpo de agua. De acuerdo a Sterner (2007), el agua tiene un valor externo relacionado con la escasez (λ), el cual una vez considerado, mostrará el costo social del uso de agua. Así, el beneficio social, se alcanza al maximizar la función de ganancia social (π), el cual se representa de la siguiente manera:

$$\pi = Pq - (C + \lambda)w \dots \dots \dots (20)$$

donde Pq representan el precio por la cantidad, que a su vez es igual al beneficio, y $(C + \lambda)w$ es el costo social del uso de agua. Como se señaló, anteriormente el objetivo del plan de manejo debe ser la maximización del beneficio social neto sobre la vida del recurso hídrico. Para considerar el impacto de la producción y recarga sobre $S(t)$, se requiere optimización dinámica. El cambio en el *stock* del cuerpo de agua sobre el tiempo se describe en la siguiente ecuación de transición:

$$\dot{S}(t) = R(S(t), q(t); \alpha) - q(t) \dots\dots\dots(21)$$

donde \dot{S} es el cambio de la cantidad de agua sobre el tiempo que puede ser recuperada del cuerpo de agua y es una función de la recarga (R), y el agua usada durante el tiempo t . R es una función del *stock*, la tasa de producción y un vector de otras características físicas α , los componentes de este vector son específicos del cuerpo de agua, un ejemplo de este podría ser la conductividad hidráulica. Como se puede apreciar en el modelo hidroeconómico la determinación de los precios juega un papel relevante en el manejo del recurso hídrico, debido a que *i*) estos determinan en parte el nivel de beneficios y, *ii*) al ser la demanda de agua sensible al precio, éste afecta la cantidad hídrica que puede ser recuperada del cuerpo de agua. En este sentido, la literatura de economía ambiental argumenta que los instrumentos de mercado pueden contribuir a minimizar el costo de lograr un determinado nivel de calidad ambiental Cavanagh, Hanemann y Stavins (2001), debido a que el manejo eficiente del agua requiere de claras señales de precios que provea incentivos para el uso eficiente del recurso hídrico. Sin embargo un plan de manejo con miopía en la producción y suministro, donde no todos los usuarios cuentan con micro-medición resultaría en la sub-optimización del beneficio, así como distorsiones distributivas, causadas por el subsidio a aquellos usuarios sin medición.

5.6.1 Estructura del mercado de agua

El principal objetivo de los organismos responsable del manejo del recurso hídrico, bajo el contexto del incremento en la escasez, es reducir el consumo para evitar su agotamiento Bartoszczuk y Nakamori (2004). Estos órganos responsables del manejo del agua se enfrentan a diferentes opciones de precios provistos por la teoría económica, la cual indica que las estructuras de precios deben reunir cuatro criterios: eficiencia, equidad, viabilidad financiera y simplicidad Elnaboulsi (2009).

En este sentido, teóricamente el precio óptimo de Pareto en un estado de equilibrio parcial, debe ser igual al costo marginal de producción. Sin embargo, dada las estructuras de costos de producción de la industria, la implementación de esta política de precios lleva a pérdidas, Turvey (1976), debido a que la industria de provisión de servicio de agua urbana presenta condiciones de monopolio natural, es decir, *a*) existe una sola empresa que ofrece el servicio de agua, *b*) No tiene sustitutos cercanos al bien, *c*) Existen barreras naturales o legales que impiden la entrada de nuevas empresas. Bajo estas condiciones de monopolio natural los organismos operadores no pueden igualar el precio al costo marginal, sin sufrir déficits, para evitar esto deben fijar el precio al mismo nivel de sus costos medios.

Otro aspecto importante en cuanto a costos es la heterogeneidad de las características del recurso, como la cantidad, calidad, localización y tiempo de flujo Brauman et al. (2007), ya que la extracción se realiza de cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos, reservorios) y/o subterráneos (acuíferos) y los costos de tratamiento de potabilización¹¹ son diferentes, si la extracción se realiza en agua superficial estos costos serán mayores y menores en acuíferos, debido al proceso de filtración natural del agua,¹² sin embargo, los costos de extracción serán mayores en acuíferos, debido al bombeo de pozos con mayor nivel de abatimiento que tienen un mayor requerimiento de energía.

También existen externalidades en varias etapas del ciclo hidrológico, ya que los cuerpos de agua pueden estar contaminados por descargas de usuarios comerciales e industriales (con aluminio, cadmio, mercurio y nitritos etc.) y otros usuarios domésticos (con coliformes totales y fecales). En este sentido Klawitter (2003), señala que el diseño del precio sustentable del agua urbana debe satisfacer y conciliar las necesidades actuales y de futuras generaciones, mediante el uso eficiente del recurso, la recuperación de costos totales (incluyendo costos de suministro, costos de oportunidad y externalidades), así como equidad y justicia para diferentes usuarios. Dalhuisen et al.

¹¹ Este proceso de tratamiento involucra filtración para remover sólidos suspendidos, desinfección con cloro para eliminar bacterias y corrección de pH para minimizar la corrosión en el sistema de distribución. En el agua para uso doméstico la calidad es regulada para garantizar un estándar mínimo relacionado a propiedades microbiológicas, químicas, físicas y estéticas.

¹² Esto dependerá de las características geológicas del embalse como permeabilidad y conductibilidad hidráulica.

(2001) agrega que la estructura de precios debe cubrir los costos, ser justa, inducir al uso eficiente y ser administrativamente factible.

5.6.2 Precios

La demanda de los consumidores de agua debe ser relacionada de manera inversa a su precio; como un bien con pocos sustitutos y porque los consumidores tienen una baja percepción de la estructura de precios, ya que el pago por agua representa una proporción pequeña del ingreso Arbués et al. (2003) por tanto, la elasticidad precio de la demanda también debe ser inelástica. Los precios pueden jugar un papel relevante en el manejo de la demanda de agua mientras la elasticidad sea diferente de cero. Las tarifas en bloques dificultan el análisis del efecto en cambios en la tasa intramarginal, debido a que el precio marginal no es afectado solo por un cambio entre bloques, sino que afecta la demanda a través de un efecto ingreso. Las primeras aportaciones sobre los efectos de las tarifas en bloque corresponden a Taylor (1975) y Nordin (1976), este último añade la variable diferencia para representar el efecto ingreso impuesto por la estructura tarifaria.

Existe una gran cantidad de estudios que incorporan la especificación Taylor-Nordin Agthe y Billings (1980, 1997); Billings (1982, 1987); Howe (1982); Agthe et al. (1986); Deller et al. (1986); Nieswiadomy y Molina (1989); Hewitt y Hanemann (1995); BarKatullah (1996); Dandy et al. (1997); Corral et al. (1998); Renwick y Green (2000); Martinez-Espiñeira (2002). Sin embargo, la incorporación de la variable diferencia ha causado controversia debido a que los consumidores no están perfectamente informados respecto a los cambios en las tasas intramarginales, es decir los consumidores no dedican mucho tiempo y esfuerzo al estudio de la estructura en bloques por los costos de información.

En cuanto a los estudios que especifican el precio marginal se encuentran Howe y Linaweaver (1967); Gibas (1978); Carver y Boland (1980); Jones y Morris (1984); Martin et al (1984); Williams (1985); Martin y Thomas (1986); Williams y Suh (1986); Moncur (1987); Schneider y Whitlatch (1991); Lyman (1992); Martin y Wilder (1992); Nieswiadomy (1992); Nieswiadomy y Cobb (1993); Hansen (1996); Kulshreshtha (1996); Høglund (1999); Pint (1999); Hoffman, Worthington y Higgs (2006) entre los

que destacan Hajispyrou et al. (2002) que emplea el precio marginal en los bloques con tarifas más altas, y Martínez-Espiñeira (2003) que aplica un precio marginal promedio.

Una especificación alternativa aplicada es la inclusión de precios promedios Sewell y Rouche (1974); Gibas (1978); Foster y Beattie (1979); Hanke y Maré (1982); Jones y Morris (1984); Williams (1985); Williams y Suh (1986); Billings y Day (1989); Griffin y Chang (1990); Rizaiza (1991); Martín y Wilder (1992); Nieswiadomy (1992); Stevens et al. (1992); Nieswiadomy y Cobb (1993); Point (1993); Kulshreshtha (1996); Nauges y Thomas (2000); Gaudin (2006) la cual ha generado resultados adecuados, considerando la falta de información de los consumidores, así como falta de datos sobre el nivel de ingreso de los consumidores. Shin (1985) considera la falta de información del nivel de ingreso de los consumidores y de los precios marginales introduciendo el parámetro percepción-precio y encuentra que los consumidores reaccionan a precios promedios antes que a los precios marginales cuando se enfrentan a estructuras de precios en bloques decrecientes. Nieswiadomy y Molina (1991) retoman el modelo de percepción precio para comparar tarifas en bloques crecientes y decrecientes, encontrando que los consumidores reaccionan a precios marginales cuando se enfrentan a tarifas crecientes y a precios promedio cuando se enfrentan a tarifas decrecientes.

Otra especificación se deriva de las aplicación de las anteriores, Chicoine et al. (1986) y Griffin y Chang (1990) sustraen el precio marginal del precio promedio e incorporan el ingreso mensual menos el efecto de las tasas en bloque. Como se describió anteriormente existen diferentes alternativas en la especificación del precio. Sin embargo en la mayoría de la literatura empírica se reportan elasticidades negativas e inelásticas (menores de la unidad), que se interpretan como la disminución porcentual en la cantidad de agua demandada menor que proporcional al incremento en el precio. En cuanto a los resultados de corto y largo plazo, las elasticidades de largo plazo son mayores que las de corto plazo Agthe y Billings (1980); Agthe et al. (1986); Martínez-Espiñeira (2003); Nauges y Thomas (2003). Mientras que el efecto estacional sobre la elasticidad-precio resulta ser menos elástica en invierno que en verano Dandy et al. (1997); Pint (1999); Gaudin et al. (2001). Otra fuente de variación es la heterogeneidad del ingreso, Agthe y Billings (1987); Thomas y Syme (1988) y Renwick y Archibald (1998) encuentran que la elasticidad es más baja para hogares de bajo ingreso que en los hogares con ingreso medios y altos.

5.6.3 Ingreso

El efecto ingreso sobre el consumo del agua es importante, ya que monto de pago del agua normalmente representa una baja proporción del ingreso Arbués et al. (2003). En estudios que usan datos agregados, la medida del ingreso aplicada consiste en el ingreso monetario per cápita. Mientras que en estudios basados sobre los hogares se ha usado el valor estimado de la propiedad Howe y Linaweaver (1967); Hewitt y Hanemann (1995); Dandy et al. (1997); Arbués et al. (2000). Sin embargo, esta variable esta normalmente relacionada con otras variables, de manera específica con el nivel de educación, Jones y Morris (1984) desarrollan una variable proxy para el ingreso familiar basado en el nivel de escolaridad del jefe de familia. Otro aspecto importante a considerar del nivel de ingreso consiste en la discrecionalidad del uso del agua en función del ingreso, es decir la demanda como un bien necesario o como bien de lujo, que implica la consideración de las características de la vivienda, tales como albercas, spas, sistemas de irrigación de jardines y maquinas de lavado, numero de baños, o tamaño de construcción de la vivienda en m².

5.6.4 Factor climático

El agua de uso residencial usualmente es muy sensible a fluctuaciones estacionales como lo señalan Griffin y Chang (1990) quienes introducen los minutos de sol, precipitación, temperatura y lluvia. Stevens et al. (1992), mientras que Billings y Agthe (1980); Billings (1982); Agthe et al. (1986); Nieswiadomy y Molina (1988) y Hewitt y Hanemann (1995) aplican la evapotraspiración de Bermuda menos la precipitación. La variación estacional generalmente se representa a través de variables dicotómicas, para controlar el consumo en invierno y verano. Los resultados de estos estudios reportan elasticidades precio en verano más bajas que las elasticidades precio en invierno, indicando la relevancia de la demanda de agua discrecional. Sin embargo, la especificación de los parámetros climáticos han causado controversias, Maidment y Miaou (1986) sugieren que la lluvia tiene un efecto dinámico, es decir la demanda de agua se reduce inicialmente, pero este efecto disminuye sobre el tiempo. Mientras que Martínez-Espiñeira (2002) sugiere que este efecto es psicológico.

5.6.5 Población y composición del hogar

El tamaño del hogar está asociado de manera positiva con el uso del agua, Arbués et al. (2000) señala que el incremento en el uso del agua es menos que proporcional al incremento al tamaño del hogar o población. La aplicación del número de miembros es utilizada en la mayoría de los estudios a nivel de hogar Chicoine y Ramamurthy (1986); Agthe y Billings (1987); Nieswiadomy y Cobb (1993); Dandy et al. (1997); Renwick et al. (1998); Renwick y Archibald (1998); Rietveld et al. (2000); Higos y Worthington (2001); Martínez-Espiñeira (2002); Hoffman et al. (2006); Gaudin (2006). Mientras que en estudios a nivel agregado es frecuente el uso de población y densidad de población Williams y Suh (1986); Stevens et al. (1992); Martinez-Espiñeira (2002); Martinez-Espiñeira y Nauges (2004); Gaudin (2006). Otro aspecto importante es la composición del hogar, Nauges y Thomas (2000) sugieren que en áreas con una alta proporción de personas jóvenes el uso de agua es más intensivo en actividades de limpieza al aire libre. Mientras que en áreas con una mayor proporción de habitantes de edad avanzada la intensidad del agua se asocia a la jardinería. Martínez-Espiñeira (2003), introduce variables que reflejen ambas proporciones de la población, con personas por encima de los 64 y por debajo de los 19 años de edad.

5.6.6 Características de las viviendas

El efecto de las características de la vivienda es relevante si se desea estimar el nivel de medición de agua, el número de jardines Nauges y Thomas (2000). Las variables frecuentemente usadas son la propiedad de la vivienda, área de construcción, área del terreno, número de baños y antigüedad, esta última bajo el supuesto de que los hogares con mayor antigüedad poseen instalaciones que generan más consumo. No obstante el efecto de las variables sobre las características puede resultar incierto debido al nivel de correlación con otras variables. Un problema adicional al estimar la demanda es el racionamiento del agua, lo cual da lugar al tandeo, para modelar estas características de escasez se incorporan variables sobre métodos de almacenamiento y ahorro del agua Jaramillo-Mosqueira (2005).

5.6.7 Estructura de precios en bloque

En muchos países, las estructuras de precios de los mercados de agua residencial y electricidad, están basadas en sistemas de precios en bloque, debido a políticas de distribución del ingreso, mediante sistemas de precios progresivos, donde los hogares pobres, que consumen menos pagan precios más bajos. Los organismos responsables del suministrar estos servicios no solo buscan la eficiencia económica, sino también, otros objetivos como equidad, y aceptación local, Ruijs (2009). Siguiendo la literatura de estructuras de precios en bloque y restricción presupuestaria segmentada Hausman (1985); Moffitt (1986); Hewitt y Hanemann (1995); Olmstead, Hanemann y Stavins (2005), en industrias suministradoras (agua, energía, gas, etc.) donde las tarifas no lineales son comunes con estructuras de precios crecientes o decrecientes, se describe el marco teórico sobre el que se apoya el presente trabajo empírico. Los precios no lineales son frecuentemente utilizados por las autoridades responsables del suministro de agua urbana, y la elección del precio implica tasas constantes hasta cierto nivel de consumo; y tasas crecientes o decrecientes por bloque. Con tasas constantes los consumidores pagan siempre una cantidad igual por cada unidad consumida. Las tasas crecientes (decrecientes) por bloque implican un cobro mayor (menor) por la última unidad consumida dentro de cada bloque conforme se incrementa el consumo como se aprecia en la figura 6.

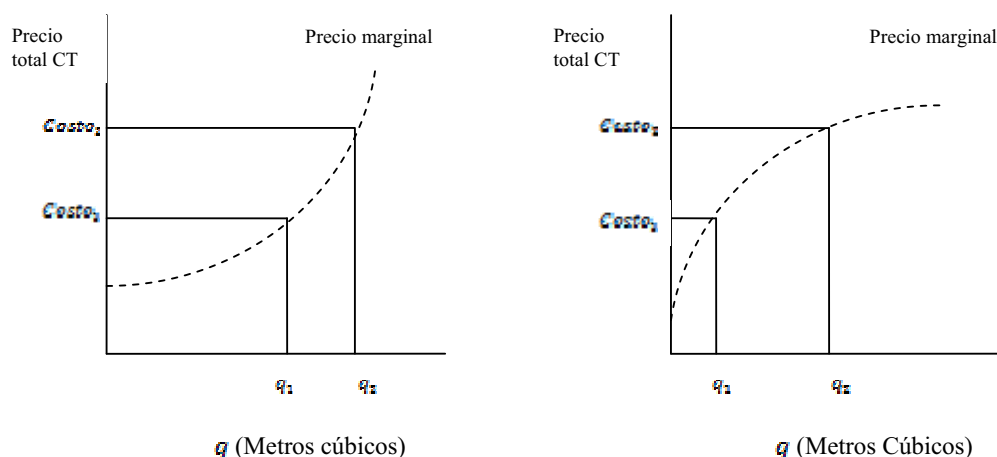


Figura 6. Estructuras de precios por bloque bi-segmentados.

La función de demanda con tasas de precios en bloque es no lineal, e incluye saltos discretos. Para mostrar un caso simple de estructuras no lineales con dos bloques, se consideran los siguientes supuestos: un consumidor con ingreso Y maximiza su función de utilidad cuasi cóncava $U(q, z)$ donde q representa el agua y z otro bien. El precio de z se normaliza a 1 y el agua es vendida bajo una tarifa de dos bloques que puede ser creciente o decreciente. Considerando a p_j , $j = 1, 2$ el precio del agua en el bloque j -ésimo y \bar{x} el límite del primer bloque. La restricción presupuestaria es definida por dos segmentos lineales y puede ser descrita por las siguientes condiciones:

$$l = \begin{cases} p_1 q + z & q < \bar{x} \\ p_1 \bar{x} + p_2 (q - \bar{x}) + z & q > \bar{x} \end{cases} \dots\dots\dots(22)$$

o equivalentemente:

$$l = \begin{cases} p_1 q + z & q < \bar{x} \\ l + (p_1 - p_2)\bar{x} = p_2 q + z & q > \bar{x} \end{cases} \dots\dots\dots(23)$$

donde $\tilde{y} = y + (p_1 - p_2)\bar{x}$ es el ingreso virtual, el termino $(p_1 - p_2)\bar{x}$ es igual al subsidio implícito que el consumidor recibe esta noción es introducida por Taylor (1975). Posteriormente, Nordin (1976) desarrolla este enfoque mediante la inclusión de la variable diferencia $d = \sum_{j=1}^{j-1} (p^{j+1} - p^j) \bar{x}^j$, que indica el diferencial entre el pago si todas las unidades se cobrarán al precio marginal y el pago actual del consumo. La variable diferencia es positiva bajo tasas de bloques crecientes y negativa bajo decrecientes en bloque. Los efectos de la estructura de precios en bloque se interpretan como un impuesto implícito al ingreso bajo precios en bloque decreciente y como un subsidio implícito bajo estructuras crecientes en bloque.

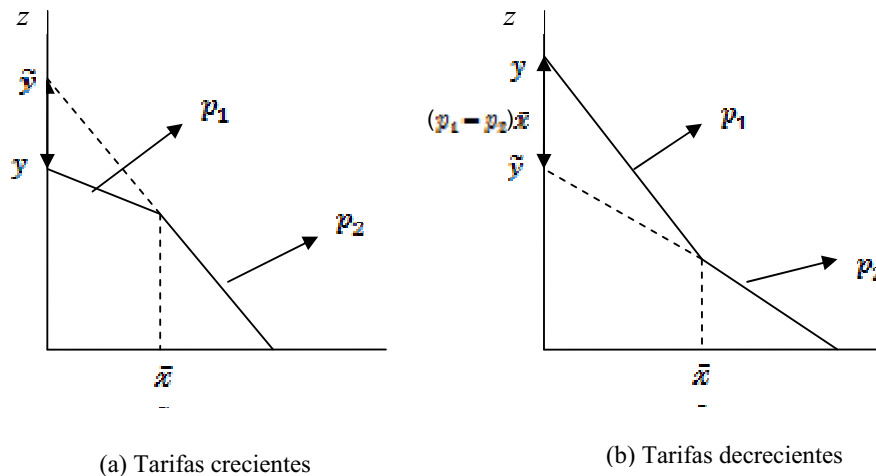


Figura 7. Restricción presupuestaria bajo tarifas de precios en dos bloques

Las tarifas multibloques generan conjuntos presupuestarios que difieren en dos formas de la restricción tradicional, es decir, ésta no es lineal y puede ser convexa o no convexa. Lo anterior implica que a diferencia de un esquema clásico de maximización donde el consumidor tendría que igualar solo una vez el precio marginal al beneficio marginal, con precios en bloque existe un precio marginal en cada bloque, esto amplía el número de opciones de consumo a 3 en una estructura de dos bloques (como se aprecia en la figura 2), es decir uno al interior de cada bloque y uno más al pliegue entre ellos. Para analizar el comportamiento del consumidor en una estructura en bloques es necesario representar la elección del consumidor, la cual será discreta y continua, lo que lleva a la estimación de la demanda a través de funciones condicionales e incondicionales. La función de demanda es condicional a la elección ésta dada por la elección hecha por el dentro de un bloque particular. La ecuación se expresa algebraicamente de la siguiente manera:

$$q = \begin{cases} q(p_1, y_1) & \text{st } q < \bar{x} \\ \bar{x} & \text{st } q = \bar{x} \\ q(p_2, y_2) & \text{st } q > \bar{x} \end{cases} \dots\dots\dots(24)$$

donde (p_1, p_2) y (y_1, y_2) , representan los precios e ingreso virtual respectivamente en el bloque 1 y 2. El modelo de demanda incondicional¹³ se obtiene mediante la combinación de la elección discreta y continua:

$$q = \begin{matrix} q(p_1, y_1) & \text{st } q(p_1, y_1) < \bar{x} \\ \bar{x} & \text{st } q(p_2, y_2) \leq \bar{x} \geq q(p_1, y_1) \\ q(p_2, y_2) & \text{st } q > \bar{x} \end{matrix} \dots \dots \dots (25)$$

Las tarifas de precios en bloque, crecientes o decrecientes, plantean dificultades para la modelación empírica. La literatura sobre agua también señala, como principales factores que influyen en el consumo como, los precios, variables climáticas, demográficas, composición y tamaño de los hogares, socioeconómicos, ingreso, nivel cultural, etc. Howe y Linaweaver (1967); Billings y Agthe (1980).

5.6.8 Precio óptimo de organismos públicos de provisión de agua

Para estimar el precio óptimo del servicio público de abastecimiento de agua se considera la restricción del ingreso concebida por Ramsey (1927) y formalizada para el precio de servicios públicos por Boiteaux (1956) y Baumol y Bradford (1970), la cual se describe partiendo de los siguientes supuestos. Se considera un organismo operador que produce n servicios, en cantidades $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ y precios $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$. La función de beneficios de los consumidores $Z = (p_1, p_2, \dots, p_n)$, con una función de beneficios $\pi = (p_1, p_2, \dots, p_n) = K$, donde $K = 0$, la restricción satisface el punto de equilibrio. El conjunto eficiente de precios que maximiza el excedente de los consumidores sujeto a la restricción del beneficio se da por:

$$\text{Max } L(p_1, p_2, \dots, p_n) = Z = (p_1, p_2, \dots, p_n) + \lambda [K - \pi(p_1, p_2, \dots, p_n)] \dots \dots \dots (26)$$

$$p_1, p_2, \dots, p_n, \lambda,$$

donde λ es el multiplicador Lagrangiano. La condición de primer orden para (1) es:

$$\frac{\partial Z}{\partial p_i} = \frac{\lambda \partial \pi}{\partial p_i}, \quad i = 1, \dots, n \dots \dots \dots (27)$$

La ecuación (2) implica que el beneficio marginal de consumidor es proporcional al beneficio marginal del productor para todos los servicios. Donde la constante de proporcionalidad es el multiplicador de Lagrange. Para expresar esto en

⁵ Para un análisis más detallado de la función de demanda marshalliana incondicional, vease Hausman (1985) y Hewitt y Hanemann (1995).

términos de elasticidad, la mejora del bienestar debe ser relacionada con los datos precio-cantidad de acuerdo a la proposición de Hicks, donde la derivada de la función de beneficio con respecto al precio es igual al negativo de la cantidad consumida antes del cambio en el precio:

$$\frac{\partial Z}{\partial p_t} = -x_t, \quad t = 1, \dots, n \dots \dots \dots (28)$$

Tomando la derivada de la función de beneficios,

$$\frac{\partial \pi}{\partial p_t} = (IMg_t - CMg_t) dx_t/dp_t \dots \dots \dots (29)$$

Asumiendo elasticidad cruzada cero,

$$IMg_t = p_t + x_t \partial p_t / \partial x_t \dots \dots \dots (30)$$

Sustituyendo (3), (4) y (5) en (2) y reordenando los términos tenemos,

$$\frac{p_t - CMg_t}{p_t} = [(1 + \lambda/\lambda)]/\eta_t = \alpha/\eta_t, \quad t = 1, \dots, n \dots \dots \dots (31)$$

donde α es el numero Ramsey, el cual es igual a $(1 + \lambda/\lambda)$, y η_t es la elasticidad precio de la demanda por metro cubico de agua para uso residencial. Esto implica que la distancia del precio sobre el costo marginal debe ser igual a la inversa de la elasticidad de la demanda precio, para obtener el precio eficiente que satisfaga la restricción del monopolio natural del agua. Esta formulación conduce a la determinación de precios más elevados en consumidores con menor sensibilidad a variaciones en los precios, ello con la finalidad de minimizar las distorsiones en decisiones de consumo, ante ello Feldstein (1972) retoma la tarificación de Ramsey- Boiteaux, y la ajusta con un factor que considera las características distributivas de los consumidores que disminuye la regresividad de los precio.

5.6.9 Formas funcionales y especificación econométrica

Actualmente existe una extensa literatura acerca de estimaciones de funciones de demanda en estos sistemas, donde hay consenso en que la demanda de agua residencial es inelástica, como lo muestra Dalhuisen (2003), en un Meta-análisis de elasticidades precio de estudios que datan de 1963 a 1998, y encontró una elasticidad media de -0.41. La elasticidad varía entre lugares, tiempo y técnicas de estimación que van desde Mínimos cuadrados ordinarios (MCO), hasta Variables Instrumentales y modelos de elección discreta continua (DCC, por sus siglas en inglés), con la finalidad de confrontar problemas de simultaneidad de los precios en bloques Hewitt y Hanemann (1995). Los

datos utilizados en estas técnicas básicamente consisten en micro-datos aplicados en sección cruzada o panel de datos. En estudios que utilizan macro-datos, o datos agregados, las técnicas de estimación consisten en MCO, Método Generalizado de Momentos (MGM), Ruijs (2009) y Modelos de Cointegración con corrección de error. Mediante este método Martínez-Espiñeira (2005) encontró que el consumo, precio e ingreso virtual resultaron no estacionarias en nivel, no así en primeras diferencias, indicando un orden de integración $I(1)$, aspectos importantes al considerarse el Proceso de Generación de Información, al momento de la especificación econométrica.

Recientemente en México, se ha desarrollado un interés particular por el estudio de las funciones de la demanda de agua para uso residencial, a partir de micro-datos Jaramillo-Mosqueira (2005) estimó sensibilidades de la demanda precio de -0.22 mediante el método de Elección Discreta Continua y de -0.58 con Variables Instrumentales (VI). García et al. (2008) encontró elasticidades de -0.2 a -0.18, para la región de Torreón Coahuila, mediante VI. Salazar y Pineda (2010) encontraron una elasticidad de -0.33 con datos agregados a escala local con 134 localidades, mediante VI y Mínimos Cuadrados generalizados (MCG), elasticidad de demanda precio mayor en términos absolutos a las reportadas con micro-datos en la literatura empírica de México. Una descripción de las formas funcionales y técnicas econométricas de la literatura empírica se muestra en la tabla VII, que van de estimaciones de corte transversal, series de tiempo hasta panel de datos.

Tabla VII. Tipos de conjuntos de datos y forma funcional

Tipo de conjunto de datos usado	Estudio
Corte transversal	Jones y Morris (1984) LIN/LOG/SLOG
	Shefter y David (1985) LIN
	Williams y Suh (1986) LIN//LOG
	Stevens et al. (1992) LIN
	Nieswiadomy y Cobb (1993) LOG
	Point (1993) SLOG
	Bachran y Vaughan (1994) LIN
	Kulshreshtha (1996) LOG
	Saleth y Dinar (2000) LOG
Series de tiempo	Sewell y Roueche (1974) LIN/LOG

	Agthe y Billings (1980) LIN/LOG
	Billings (1982) LIN/Log
	Al-Quanibet y Johnston (1985) SG/LiN/LOG
	Cochran y Cotton (1985) LOG
	Agthe et al. (1986) LIN
	Hansen (1996) LIN/SLOG
	Kostas y Chrysostomos (2006)** LOG
	<hr/>
	Howe y Linaweaver (1967) LIN/CD
	Carver y Boland (1980) LIN
	hanke y de Maré (1982) LIN
	Chicoine y Ramamurthy (1986) LIN
	Deller et al. (1986) LIN
	Billings (1987) LIN
	Moncur (1987) LIN
	Nieswiadomy y Molina (1989) LIN
	Griffin y Chang (1990) LIN
	Schneider y Whitlatch (1991)
	Lyman (1992) LOG-LIN
	Martin y Wilder (1992) LOG
Panel de datos o corte transversal-series de tiempo	Nieswiadomy (1992) LOG
	Renzetti (1992) SLOG
	Hewitt y Hanemann (1995) LOG
	Agthe y Billings (1997) LIN/LOG/SLOG
	Dandy et al. (1997) LIN
	Corral et al. (1998) LIN
	Renwick y Archibald (1998) LIN
	Höglund (1999)
	Pint (1999) LIN
	Arbués et al. (2000) SLOG
	Nauges y Thomas (2000) LOG
	Renwick y Green (2000) LOG
	Martínez-Espiñeira (2002) LIN
	Nauges y Thomas (2003)*

Fuente: Arbués et al. "Estimation of residential water demand: a state of the art review", *The Journal of Socio-Economics*, No. 32, pp. 93. *Nauges C. y Thomas A. (2003). "Long-run Study of Residential Water Consumption", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 26, pp. 25-43. **Kostas B. y Chrysostomos S. (2006). "Estimating Urban residential Water Demand Determinants and Forecasting Water Demand for Athens Metropolitan Area, 2000-2010", *South-Eastern Europe Journal of Economics*, Vol. 1, pp. 47-59. Nota: LIN: Linear, CD: Cobb Douglas, LOG: Logarítmico, SLOG: Semilogarítmico, SG: Stone Geary.

En la tabla VIII se muestran las especificaciones de Nordin, precio marginal, precio promedio, también muestra las elasticidades obtenidas para cada especificación.

Tabla VIII. Técnicas econométricas

Técnica econométrica	Estudio
Mínimos Cuadrados Ordinarios	Howe y Linaweaver (1967)
	Gibbs (1978)
	Foster y Beattie (1979)
	Carver y Boland (1980)
	Hanke y de Maré (1982)
	Shefter y David (1985)
	Williams (1985)
	Aghte et al. (1986)
	Chicoine y Ramamurthy (1986)
	Chicoine et al. (1986)
	Deller et al. (1986)
	Williams y Suh (1986)
	Billings (1987)
	Moncur (1987)
	Nieswiadomy y Molina (1989)
	Griffin y Chang (1990)
	Rizaiza (1991)
	Lyman (1992)
	Martin y Wilder (1992)
	Nieswiadomy (1992)
Nieswiadomy y Cobb (1993)	
Bachrach y Vaughan (1994)	
Hewitt y Hanemann (1995)	
Hansen (1996)	

	<p>Saleth y Dinar (2000) Höglund (1999) Pint (1999)</p>
	<p>Aghte y Billings (1980) Billings (1982) Jones y Morris (1984) Aghte et al. (1986) Chicoine et al. (1986) Deller et al. (1986) Billings (1987)</p>
VARIABLES INSTRUMENTALES	<p>Nieswiadomy y Molina (1989) Martin y Wilder (1992) Renzetti (1992) Bachrach y Vaughan (1994) Hewitt y Hanemann (1995) Barkatullah (1996) Aghte y Billings (1987) Renwick y Archibald (1998)</p>
	<p>(1) Gibbs (1978) (2) Nieswiadomy y Molina (1989)</p>
CONCESIONES LIBRES (1)/ BLOQUES (2)	<p>(2) Nieswiadomy y Cobb (1993) (1) Bachrach y Vaughan (1994) (2) Hewitt y Hanemann (1995) (1) Dandy et al. (1997) (2) Martínez-Espiñeira (2002)</p>
	<p>Moncur (1987) Schneider y Whitlatch (1991) Höökund (1999)</p>
TÉCNICAS DE PANEL DE DATOS	<p>Pint (1999) Arbués et al. (2000) Nauges y Thomas (2000) Martínez Espiñeira (2002)</p>

	Nauges y Thomas (2003)*
	Sewell y Roueche (1974)
	Martin et al. (1984)
	Chicoine y Ramamurthy (1986)
Técnicas de series de tiempo	Martínez-Espiñeira y Nauges (2001)
	Kostas y Chrysostomos (2006)

Fuente: Arbués et al. "Estimation of residential water demand: a state of the art review", *The Journal of Socio-Economics*, No. 32, pp. 91-92. *Nauges C. y Thomas A. (2003). "Long-run Study of Residential Water Consumption", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 26, pp. 25-43. **Kostas B. y Chrysostomos S. (2006). "Estimating Urban residential Water Demand Determinants and Forecasting Water Demand for Athens Metropolitan Area, 2000-2010", *South-Eastern Europe Journal of Economics*, Vol. 1, pp. 47-59

En el caso de los precios promedio del agua de uso doméstico el rango de las elasticidades va de -0.067 a -0.96 como se aprecia en la tabla 3. Cabe mencionar que las estimaciones que se reportan como otras especificaciones consisten en modelos híbridos, es decir, constan de variables creadas de precios marginales promedios entre otras.

Tabla IX. Especificaciones de precios diferentes del agua de uso doméstico

Especificación del precio	Estudio	Elasticidad precio
	Agthe y Billings (1980)	-0.179 a -0.705
	Billing y Agthe (1980)	-0.267 a -0.49
	Billins (1982)	-0.56 a -0.67
	Howe (1982)	-0.06 a -0.57
	Agthe et al. (1986)	-0.26 a -0.62
Especificación Nordin (precio marginal y diferencia)	Deller et al. (1986)	-0.36 a -1.12
	Billings (1987)	-0.06 a -0.5
	Billings y Day (1989)	-0.52
	Nieswiadomy y Molina (1989)	-0.09 a -0.86
	Hewitt y Hanemann (1995)	-1.57 a -1.63
	Barkatullah	-0.23 a -0.28
	Agthe y Billings (1997)	-0.39 a -0.57

	Dandy et al. (1997)	-0.12 a -0.86
	Corral et al. (1998)	-0.11 a -0.17
	Renwick y Archibald (1998)	-0.33 a -0.53
	Renwick y Green (2000)	-0.16
	Martínez-Espiñeira (2002)	-0.12 a -0.28
	Jaramillo (2005)*	-0.22 a -0.58
	<hr/>	
	Howe y Linaweaver (1967)	-0.21 a -1.57
	Gibbs (1978)	-0.51
	Carver y Boland (1980)	-0.02 a -0.70
	Jones y Morris (1984)	-0.07 a -0.21
	Martin et al. (1984)	-0.256
	Williams (1985)	-0.263 a -0.539
	Martin y Thomas (1986)	-0.50
	Williams y Suh (1986)	-0.25
	Moncur (1987)	-0.03 a -0.68
Precio Marginal	Schneider y Whitlatch (1991)	-0.11 a -0.262
	Lyman (1992)	-0.39 a -3.33
	Martin y Wilder (1992)	-0.32 a -0.60
	Nieswiadomy (1992)	-0.02 a -0.17
	Nieswiadomy y Cobb (1993)	-0.17 a -0.29
	Hansen (1996)	-0.003 a -0.1
	Kulshreshtha (1996)	-0.23 a -0.78
	Höglund (1999)	-0.10
	Pint (1999)	-0.04 a -1.24
	<hr/>	
	Sewel y Roueche (1974)	-0.067 a -0.568
	Gibbs (1978)	-0.62
	Foster y Beattie (1979)	-0.27 a -0.76
	Hanke y de Maré (1982)	-0.15
	Jones y Morris (1984)	-0.18 a -0.34
Precio promedio	Williams (1985)	-0.619 a +0.332
	Williams y Suh (1986)	-0.484
	Billings y Day (1989)	-0.70
	Griffin y Chang (1990)	-0.16 a -0.38
	Rizaiza (1991)	-0.78 a +0.18
	<hr/>	

	Martin y Wilder (1992)	-0.49 a -0.70
	Nieswiadomy (1992)	-0.22 a -0.60
	Stevens et al. (1992)	-0.10 a -0.69
	Nieswiadomy y Cobb (1993)	-0.45 a -0.64
	Point (1993)	-0.167
	Kulshreshtha (1996)	-0.34 a -0.96
	Höglund (1999)	-0.20
	Nauges y Thomas (2000)	-0.22
	Nauges y Thomas (2003)**	-0.26 a -0.40
	García (2005)***	
	Kostas y Chrysostomos (2006)****	-0.10
Otras especificaciones	Cochran y Cotton (1985)	-0.4
	Williams (1985)	-0.22 a -0.49
	Chicoine y Ramamurthy (1986)	-0.47
	Williams y Suh (1986)	-0.179 a -0.315
	Griffin y Chang (1990)	-0.01 a +0.035
	Nieswiadomy (1992)	-0.29 a -0.45
	Renzetti (1992)	-0.01 a -0.65
	Nieswiadomy y Cobb (1993)	-0.319 a -0.637
	Bachrach y Vaughan (1994)	-0.03 a -0.47
	Arbués et al. (2000)	-0.002 a -0.655

Fuente: Arbués et al. "Estimation of residential water demand: a state of the art review", *The Journal of Socio-Economics*, No. 32, pp. 86-87. *Jaramillo, L. (2005). "Evaluación Econométrica de la Demanda de Agua de Uso Residencial en México", *El Trimestre Económico*, segundo trimestre, Vol. 72, No. 2, p. 385. **Nauges, C. y Thomas, A. (2003). "Long-run Study of Residential Water Consumption", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 26, pp. 37-39. ***García, M. (2005). "Fijación de precios para el servicio municipal de suministro de agua: un ejercicio de análisis de bienestar", *Revista de economía Pública*, Vol. 72, No. 1, p. 129. ****Kostas, B. y Chrysostomos, S. (2006). "Estimating Urban residential Water Demand Determinants and Forecasting Water Demand for Athens Metropolitan Area, 2000-2010", *South-Eastern Europe Journal of Economics*, Vol. 1, p. 54.

Es importante mencionar que las diferencias en los coeficientes varían dependiendo de la ubicación geográfica. En las regiones áridas y semiáridas, donde el agua es escasa, la elasticidad del precio de la demanda de agua es muy baja Garrido et al. (2004). Sin embargo, en general, la literatura económica aplicada a estudios de demanda de agua doméstica e industrial ha señalado a lo largo de la experiencia que, el

sistema de precios es uno de los instrumentos de manejo más eficientes para inducir cambios en la conducta del consumo de agua de los individuos hacia el uso responsable.

5.7 Estimación de la demanda de corto plazo

Para estimar la demanda de agua de uso doméstico de corto plazo se usó el método de variables instrumentales (VI), el cual se caracteriza por utilizar una variable correlacionada con las variables exógenas, pero no correlacionada con el término estocástico, con la finalidad de confrontar el problema de simultaneidad causada por el carácter endógeno de la variable precio ya que, ésta se ve afectada por el nivel de consumo. Este método trata el problema de endogeneidad, con estimadores que muestran la relación teóricamente correcta entre el precio y el nivel de consumo.

5.7.1 Especificación econométrica de corte transversal

Con base a las aportaciones econométricas de la demanda de agua urbana desarrolladas por Cavanagh, Hanemann y Stavins (2001), y una aportación de información ambiental por parte de los usuarios, se especificó el modelo siguiente:

$$cm^3 d = \exp(z\delta) p^{-\alpha} \bar{Y}^{\beta} \exp(\epsilon) \dots \dots \dots (32)$$

tomando logaritmos, tenemos:

$$lcm^3 d = z\delta + \alpha \ln p + \beta \ln \bar{Y} + \epsilon \dots \dots \dots (33)$$

donde el signo teóricamente esperado del coeficiente del logaritmo del precio ($\ln p$) es negativo, mientras que la cantidad ($lcm^3 d$) y el nivel ingreso \bar{Y} deberán estar positivamente relacionados. La matriz (z) contiene las características físicas, así como, socioeconómicas y ϵ el término estocástico. Una aportación de este trabajo a la estimación de la demanda de agua residencial, consiste en la incorporación de la variable *información* de forma dicotómica, la cual indica si el jefe del hogar está informado de la situación de sobreexplotación del acuífero, así como del problema de intrusión de agua de mar.

Un aspecto importante que se debe considerar al interpretar los resultados, es que los coeficientes de *lnprecio* y *lningreso* no se pueden interpretar directamente como elasticidades, debido a la restricción presupuestaria no lineal, ya que, éstos no reflejan la probabilidad de que los hogares cambien de bloques en respuesta a un

cambio en el precio o nivel de ingreso. Debido a que la manera en que reaccionan los hogares ante incrementos en el precio y el nivel de ingreso está condicionada por el bloque de consumo, la interpretación de los coeficientes se hará como una medida de sensibilidad. En lo que respecta a la interpretación de los coeficientes de características física de las viviendas, así como de composición de los hogares, esta será como cambios proporcionales del consumo de agua ante incrementos unitarios, ya que, éstas entran exponencialmente en la función de demanda y requieren de la transformación a su forma exponencial.

5.7.2 Descripción de datos de corte transversal

En cuanto a la información utilizada para las estimaciones, ésta corresponde a datos de corte transversal del periodo 2007, los cuales fueron obtenidos de dos fuentes: a) datos oficiales de consumo por hogar facturado, proporcionado por el Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de La Paz, OOMSAPA y, b) aquellos generados a partir de una encuesta. En la primera se seleccionaron a los usuarios domésticos mediante la clave de identificación individual, así como su consumo mensual promedio, con el fin de analizar la distribución de los hogares al interior de los 11 rangos de consumo de la estructura tarifaria de precios en bloque¹⁴, y con ello se estimó el tamaño óptimo de muestra, utilizando el estimador de consumo de agua. Se encontró que el 93.96% de los hogares que contaban con medición se concentraron en los tres primeros bloques, donde 27,568 ubicaron su consumo en el rango de 0 a 17 m³ mensuales; 9,515 en el rango de más de 17 a 24 m³ mensuales y 5,485 en el rango de más de 24 hasta 35 m³. La descripción de los bloques de consumo se muestra en la Tabla X.

⁷ La estructura tarifaria en la ciudad de La Paz corresponde a tasa crecientes de precios en bloque, que implican un mayor cobro por la última unidad consumida dentro de cada bloque.

Tabla X. Descripción bloques de consumo de agua urbana 2009.

Bloque	Rango	Precio por metro cúbico
1	Hasta 17	5.44
2	Hasta 24	6.74
3	Hasta 35	10.57
4	Hasta 50	10.60
5	Hasta 80	15.41
6	Hasta 100	20.96
7	Hasta 125	25.64
8	Hasta 150	42.74
9	Hasta 250	46.70
10	Hasta 500	57.15
11	Más de 500	61.64

Fuente: OOMSAPA de La Paz

El método de muestreo aplicado fue multipropósito, ya que con él se obtuvo la muestra que permitió estimar la disponibilidad a pagar por una mejora en los servicios hidrológicos de provisión y además estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de agua. En la Tabla XI, se muestra la descripción de las variables.

Tabla XI. Descripción de variables de sección cruzada.

Variable	Descripción	Unidades	Media	Error Est.
Ingreso	Ingreso Familiar Mensual	\$ 000 / mes	8364.5	7702.05
Educación	Educación del Jefe de Hogar	Categorica	3.67	1.17
Edad	Edad del jefe del hogar	Ordinal	39.32	12.61
Miembros	Número de miembros	Ordinal	4.12	1.47
Cm ³ d	Consumo diario de Agua	m ³ / día	0.7	0.31
Lprecio	Logaritmo del precio	\$/m ³	1.72	0.29
M ² construcción	Metros cuadrados de construcción	m ²	84.73	23.67
Jardín	Hogares con jardín	Binario	0.63	0.48
Baños	Número de baños	Ordinal	1.53	0.74
Cisterna	Hogares con cisterna	Binario	0.71	0.45
Llaves	Número de llaves	Ordinal	3.7	1.5

Tandeo	Restricción en suministro	Binario	0.51	0.5
Almacena	Hogares que almacenan agua	Binario	0.79	0.4
Antigüedad	Número de años	Ordinal	14.46	13.17
Información	Conocimiento de situación del acuífero	Binario	0.67	0.46
p1	Precio marginal bloque 1	pesos/m ³	4.31	-
p2	Precio marginal bloque 2	pesos/m ³	5.34	-
p3	Precio marginal bloque 3	pesos/m ³	8.37	-
p4	Precio marginal bloque 4	pesos/m ³	8.40	-
p5	Precio marginal bloque 5	pesos/m ³	12.20	-
p6	Precio marginal bloque 6	pesos/m ³	16.60	-
p7	Precio marginal bloque 7	pesos/m ³	20.31	-
p8	Precio marginal bloque 8	pesos/m ³	33.84	-
p9	Precio marginal bloque 9	pesos/m ³	23.11	-
p10	Precio marginal bloque 10	pesos/m ³	45.26	-
p11	Precio marginal bloque 11	pesos/m ³	48.81	-
yvirtual2	Ingreso virtual en bloque2	\$000/año	109.00	124.65
yvirtual3	Ingreso virtual en bloque3	\$000/año	109.77	124.74
yvirtual4	Ingreso virtual en bloque4	\$000/año	109.77	124.74
yvirtual5	Ingreso virtual en bloque5	\$000/año	110.23	124.80
yvirtual6	Ingreso virtual en bloque6	\$000/año	111.86	125.00
yvirtual7	Ingreso virtual en bloque7	\$000/año	112.81	125.12
yvirtual8	Ingreso virtual en bloque8	\$000/año	116.25	125.56
yvirtual9	Ingreso virtual en bloque9	\$000/año	117.05	125.66
yvirtual10	Ingreso virtual en bloque10	\$000/año	119.16	125.95
yvirtual11	Ingreso virtual en bloque11	\$000/año	120.06	126.07

5.8 Estimación de la demanda de largo plazo

Para estimar la función de demanda partimos del marco teórico analizado, estimando la siguiente especificación econométrica:

$$x_t = \alpha p_t + \beta(y_t + d_t) + \delta x_{t-1} + \gamma z_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots (34)$$

donde x_t es consumo agregado y p_t es el precio marginal promedio, el término $(y_t + d_t)$ corresponde al ingreso virtual, con $y_t =$ ingreso, y $d_t = \sum_{j=1}^{J+1} (p^{j+1} - p^j) \bar{x}^j$,

se incluye el consumo rezagado x_{t-1} , debido a que se espera que los hogares ajusten su nivel de consumo a cambios en el precio marginal por metro cúbico, un periodo posterior al pago del recibo de agua (un mes), \bar{x}_t es la temperatura máxima promedio y ε_t el termino error. Cabe mencionar que la ecuación (8) considera sólo elasticidades de corto plazo, para obtener, las elasticidades de largo plazo, es necesario estimar la siguiente ecuación:

$$\varepsilon = \frac{\beta}{1-\delta} \dots\dots\dots(35)$$

donde β es el coeficiente del precio y δ es el parámetro autoregresivo. La estimación se realizó por el método de VI, con el fin de confrontar la simultaneidad causada por la relación endógena entre precios y consumo en sistemas de precios en bloque. Se aplicaron las pruebas de White para detectar heterocedasticidad, la prueba de Durbin-h para detectar correlación serial, debido a la inclusión de x_{t-1} .

5.8.1 Descripción de las series cronológicas de datos

La estructura de precios del servicio es de bloques crecientes, la cual se puede apreciar en la Tabla XII, que muestra los precios en pesos por metro cúbico de acuerdo a los siguientes volúmenes de agua consumida del año 2003 al 2008:

Tabla XII. Estructura tarifaria por bloques de uso doméstico de 2003 a 2008.

Bloques por rango	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Hasta 17 m ³	2.98	3.37	3.79	4.05	4.31	5.44
Hasta 24 m ³	3.46	4.18	4.7	5.02	5.34	6.74
Hasta 35 m ³	5.14	6.55	7.37	7.87	8.37	10.57
Hasta 50 m ³	5.15	6.57	7.39	7.89	8.40	10.6
Hasta 80 m ³	7.49	9.56	10.75	11.48	12.20	15.41
Hasta 100 m ³	10.19	13	14.62	15.61	16.60	20.96
Hasta 125 m ³	12.47	15.91	17.89	19.10	20.31	25.64
Hasta 150 m ³	20.79	26.52	29.81	31.83	33.84	42.74
Hasta 250 m ³	22.72	28.98	32.58	34.78	36.98	46.7
Hasta 500 m ³	27.8	35.47	39.87	42.56	45.26	57.15
Más de 500 m ³	28.37	38.25	43	45.91	48.81	61.64

Fuente: OOMSAPA, La Paz. Los precios por metro cúbico incluyen saneamiento y alcantarillado.

De acuerdo a datos de consumo, proporcionados por el OOMSAPA, referentes a consumo por tomas domésticas con micro-medición, el 93.96% de los hogares que contaban con medición se concentraron en los tres primeros bloques, donde 27,568 ubicaron su consumo en el rango de 0 a 17 m³ mensuales; 9,515 en el rango de más de 17 a 24 m³ mensuales y 5,485 en el rango de más de 24 hasta 35 m³. Debido a la distribución al interior de los bloques de consumo, la estrategia econométrica se limitó a la estimación de la demanda de largo plazo de los hogares que consumieron hasta 50 metros cúbicos durante el periodo del 2003 al 2008, debido a que representan más del 95% del consumo de los hogares y evita problemas estadísticos al eliminar datos de consumo atípicos. La Base de datos utilizada para el trabajo empírico consta de las siguientes variables con frecuencia mensuales de 2003 al año 2008: *a*) Consumo agregado de hogares con micro-medición. *b*) el precio marginal promedio por metro cúbico, *c*) temperatura máxima promedio, y *d*) ingreso virtual. Las cuales se aprecian en la figura 8, expresadas en logaritmos:

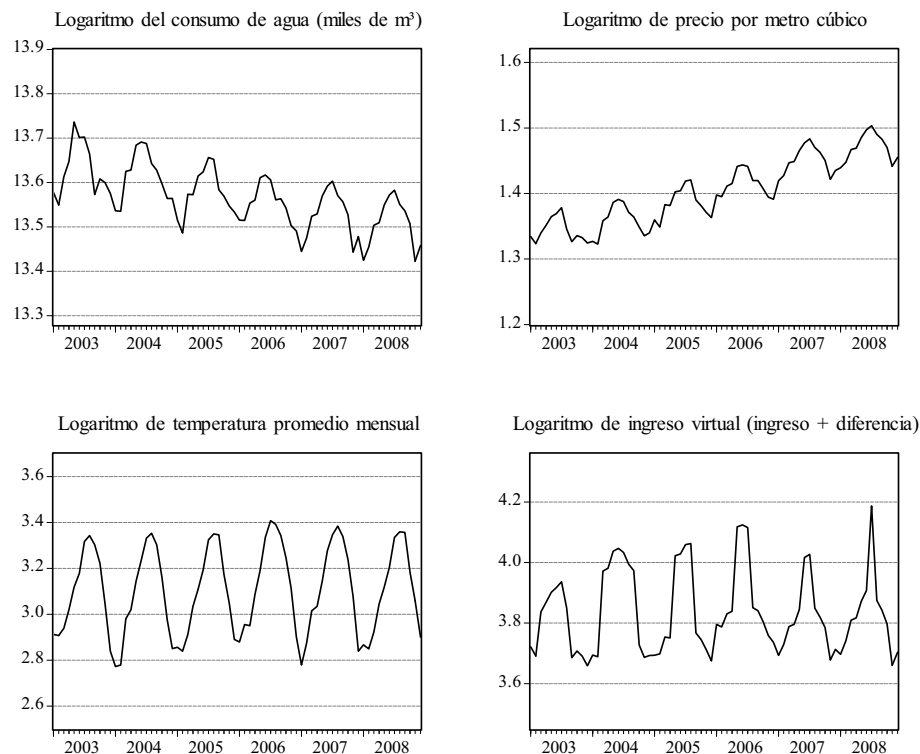


Figura 8. Consumo doméstico, precio, temperatura e ingreso.

Como se menciona anteriormente el consumo corresponde al consumo agregado mensual de hogares con micro-medición, obtenido del OOMSAPA La Paz. El precio marginal promedio es el promedio del precio marginal de cada consumidor al interior del bloque correspondiente, deflactados utilizando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), base 2002=100, obtenido del Banco de México (BM). En cuanto al ingreso se utilizó el Salario Mínimo General Real (SMGR, deflactado con el INPC base 2002) y ponderado con la población asalariada, obtenido del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Esto debido a que representa una medida más realista que el ingreso per cápita y se encuentra disponible con frecuencia mensual.

La temperatura corresponde a la temperatura máxima promedio mensual de la ciudad de La Paz, obtenida del Sistema Meteorológico Nacional (SMN). De acuerdo al antecedente de no estacionariedad en consumo y precios encontrado por Martínez-Espiñeira (2005), se procedió a hacer un análisis del Proceso de Generación de Información (PGI), mediante la aplicación de las pruebas de Dickey Fuller Aumentada (DFA), (1981) y de Phillips Perron (PP), (1988) aplicando el procedimiento de lo general a lo específico incluyendo constante y tendencia, evaluando su significancia estadística, los resultados se aprecian en la Tabla XIII:

Tabla XIII. Pruebas de raíces unitarias y estadística descriptiva

Pruebas de raíces unitarias en niveles				
Variable		DFA		PP
Log Consumo		-7.41		-3.89
Log Precio		-6.44		-3.59
Log Ingreso		-5.78		-3.86
Log Temperatura		-		-
Valor crítico de Mackinon al 5% = -3.47				
Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Log Consumo	13.57	0.07	13.42	13.74
Log Precio	4.08	0.21	3.75	4.50
Log Ingreso	3.84	0.14	3.66	4.19
Log Temperatura	3.10	0.19	2.77	3.41

De acuerdo a los valores de las pruebas de DFA y PP, se rechaza la hipótesis nula de que las series cuentan con raíces unitarias al 5% de significancia estadística, confirmando la estacionariedad en niveles de las mismas, lo cual contribuye con información para la adecuada especificación econométrica.

5.9 Función de costos

La estructura de los datos sobre costos consiste en series cronológicas de frecuencia mensual que comprende de enero de 2005 a noviembre de 2009. Se ha considerado la estimación de costos de largo plazo, para lo cual se toma como variable dependiente el costo total. En cuanto a las variables independientes se consideraron los precios de tres factores productivos: capital (w_k), trabajo (w_l), energía eléctrica (w_e). Respecto a la producción se incluyó el volumen de agua facturado del organismo operador expresado en metros cúbicos (Vm^3). La Tabla XIV muestra la descripción de las variables y estadística descriptiva de las variables.

Tabla XIV. Descripción y estadística descriptiva de las variables independiente

Variable	Descripción	Media	Desviación estándar
w_k	Costo de capital representado por activos fijos netos	504,000,000.00	33,790,394.00
w_l	Costo de mano de obra como remuneraciones al personal	8,133,764.00	2,057,789.00
w_e	Costos de operación como electricidad y combustible	4,444,857.00	1,313,531.00
Vm^3	Producción expresada en volumen de agua facturada en metros cúbicos	1,376,288.00	70,385.12

Fuente: cuadernos de información municipal.

En la especificación del sistema de ecuaciones de la función de costos, ha sido restringido el precio de la energía, con la intención de imponer la restricción de homogeneidad de grado uno en precios

6. RESULTADOS

6.1 Resultados modelo Probit

Los resultados del Método de Valoración Contingente, nos permiten obtener el excedente del consumidor, expresada a través de los parámetros estimados de los modelos Probit y Tobit, los resultados de los modelos Probit se muestran en las siguientes tablas.

Tabla XV. Resultado de modelo Probit.

Variable	Coefficiente	Error estándar	z-Estadístico	Prob.
Constante	0.52	0.26	2,00	0.0453
Monto-dap	-0.02	0.001	-12,92	0.0000
Ingreso	0.285063D-04	0.692441D-05	4,11	0.0000
Educación	0.15	0.05	2,60	0.0091
Cm ³ d	-0.60	0.16	-3,75	0.0002
Tandeo	0.37	0.14	2,69	0.0071
Log likelihood	-2,908,622	Restr. log likelihood	-4,030,397	

Todos los coeficientes resultaron con el signo esperado de acuerdo a la literatura empírica de MVC. Los errores estándar asintóticos corresponden a la raíz cuadrada de los elementos diagonales de la matriz de covarianza asintótica. Los estadísticos z son el cociente de los coeficientes y sus errores estándar. Aplicando los contrastes de hipótesis sobre significancia, se encontró que todos son estadísticamente significativos con un 99% de confianza. Para contrastar la significancia del modelo en general se aplicó la prueba de razón de verosimilitud, con una Chi cuadrada de 224.35 y 5 grados de libertad resultando [Prob (ChiSq_d > value) = .0000] estadísticamente significativo. El porcentaje total correctamente predicho fue de 81.16%. El porcentaje correctamente predicho de estar dispuesto a pagar es de 87.16% y el incorrectamente predicho de estar dispuesto fue de 12.83%. En cuanto al porcentaje correctamente predicho de no estar dispuesto a pagar fue de 81.93% y el incorrectamente predicho de no estar dispuesto resultó de 18.06%.

La variable Monto-Dap resultó estadísticamente significativa. Ésta representa el efecto del precio de salida e indica que cuanto mayor es el precio de salida ofertado al entrevistado, menor es la probabilidad de que responda afirmativamente a la pregunta dicotómica de valoración. Este resultado indica que los encuestados han percibido en el precio mostrado información sobre el valor del bien ambiental objeto de estudio.

La variable ingreso resultó estadísticamente significativa con el signo teóricamente correcto e indica que cuanto mayor sea el ingreso del encuestado también lo será su disposición a pagar.

El coeficiente de la variable educación también muestra como al incrementarse el nivel de instrucción de los jefes de hogar, se incrementa la probabilidad de aceptar pagar por conservar el servicio ambiental. El parámetro de la variable de consumo de agua en m³ diarios (CM3D), resultó consistente en signo y magnitud al esperado, ya que los hogares se enfrentan a estructuras tarifarias de precios (que reflejan solo el valor de uso) en bloques crecientes, y al incrementarse el consumo también lo hace el precio, afectando la restricción presupuestaria de los hogares. Por lo tanto, la valoración económica del servicio de suministro, en términos de la demanda diaria de agua es menor para hogares que más consumen.

La variable tandeo resultó estadísticamente significativa y muestra que la valoración declarada no es independiente de cambios en la cantidad o calidad del bien valorado. La causa principal de la política de tandeo del organismo operador, es el aumento en el abatimiento de los pozos, debido a la disminución de la disponibilidad de agua subterránea. En este sentido, encontramos que la valoración del hidrológico de provisión es mayor en aquellos hogares que se ven afectados directamente por la disminución de la cantidad y calidad del servicio de provisión, ya que los hogares que se enfrentan al tandeo (suministro cada tercer día o más), presentan una mayor probabilidad de aceptar pagar en relación a aquellos que cuentan suministro de agua continuo. La diferencia en la probabilidad de aceptar pagar por conservar el acuífero para hogares con tandeo y sin tandeo se puede apreciar en la figura 9, mediante la función de distribución acumulativa (FDA), controlando la variable tandeo.

Como se aprecia en la figura 9, la tasa de cambio de la probabilidad de aceptar pagar por conservar el acuífero dado que el hogar cuenta con restricción en el suministro del tipo tandeo resultó de 8.15 puntos mayor en hogares con tandeo, con

respecto a hogares con suministro diario de agua, lo que revela el efecto de la escasez sobre la valoración del servicio ambiental del acuífero.

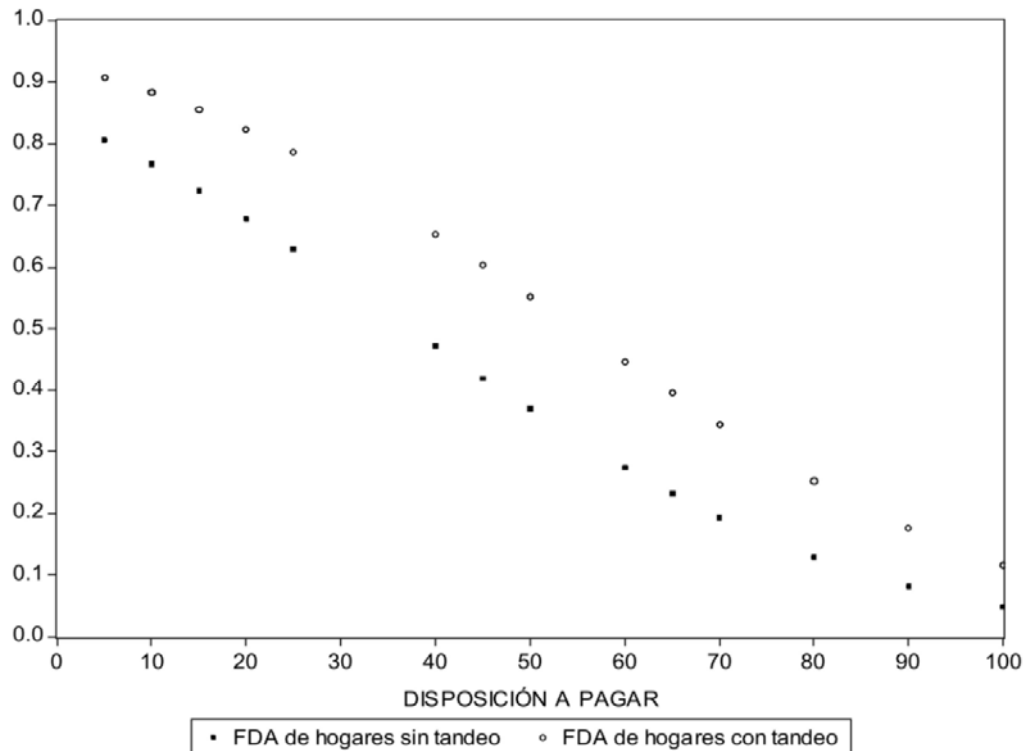


Figura 9. FDA de la DAP controlando la variable tandeo.

En cuanto a la diferencia en la probabilidad de estar dispuesto a pagar por implementar medidas de conservación, este trabajo es consistente con la literatura de valoración contingente, debido a que es conocido que hogares con mejores servicios preferirán programas para mantener el *status quo*, mientras que hogares con nivel inicial bajo en la calidad del servicio tendrán una mayor disponibilidad a pagar por implementar medidas que mejoren la calidad del servicio Soto y Bateman (2006).

6.2 Beneficios económicos del servicio ambiental de provisión

Los resultados anteriores nos permitieron estimar la valoración económica del acuífero evaluando la siguiente función en las medias, con excepción de la variable monto a pagar.

De acuerdo con la Tabla XVI, la DAP por hogar asciende a 132.76 pesos adicionales al pago realizado al organismo operador. Los beneficios económicos de la valoración del acuífero de La Paz, ascienden a más 91 millones de pesos anuales; sin embargo, este valor es relativo, ya que debe ser evaluado en términos de los costos de implementación de medidas de conservación, considerando que tales medidas no solo consisten en la valoración económica. Adicionalmente, implican medidas de educación ambiental, para fomentar una nueva cultura de consumo de agua, medidas estratégicas en la distribución, así como exploración de nuevas alternativas, ya que la valoración económica y los instrumentos de manejo de la demanda de agua representan solo una solución parcial a los problemas de presión sobre el recurso hídrico de largo plazo, es decir, ante incrementos en la demanda de agua por factores de crecimiento demográfico y limitaciones de la oferta hídrica en la región.

Tabla XVI. Beneficio económico del servicio ambiental de provisión.

Servicio ambiental	Número de familias que reciben agua del acuífero	Beneficios económicos por familia	Beneficios económicos mensuales	Beneficios económicos anuales
Provisión	57.181	132.76	7,591,652.22	91,099,826.70

6.3 Resultados modelo Probit iterativo

Con la finalidad de contrastar la existencia de diferencias en la DAP por características del nivel de ingreso se estimó un modelo con parámetros iterativos, ($D_{\text{ingreso-bajo}} * \text{monto-dap}$ y $D_{\text{ingreso-alto}} * \text{monto-dap}$), para esto se consideraron dos segmentos de ingresos: altos y bajos, siendo hogares de bajo ingreso aquellos que perciben un ingreso anual menor a \$60,000 MN, mientras que los hogares de mayores ingresos corresponden a aquellos con ingresos anuales iguales o mayores a \$60,000 MN. La identificación del tipo de segmento se realizó en forma dicotómica en cada segmento, para después realizar la iteración con el monto de disponibilidad a pagar (monto-dap), esto nos permitió estimar la disponibilidad a pagar para ingresos bajos y altos. Los resultados del modelo iterativo pueden observarse en la Tabla XVII.

Tabla XVII. Resultado de modelo Probit iterativo.

<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Prob.</i>
Constante	0.6025693	0.267047	2,256	0.0240
Ingreso	0.0002510	0.000072	3,459	0.0005
Educación	0.1280560	0.058259	2,198	0.0279
Cm3d	0.5609280	0.159322	-3,521	0.0004
Tandeo	0.3576892	0.139517	2,564	0.0104
DIngreso Alto*Monto-dap	0.0216272	0.001944	-11,122	0.0000
DIngreso Bajo*Monto-dap	0.0256711	0.002999	-8,559	0.0000
Log likelihood	-2,944,755	Restr.Loglikelihood	-4,030,397	
McFadden R-squared	0.3123			

Los resultados del modelo revelan que existen diferencias significativas a un 99% de nivel de confianza en la disposición a pagar, para ingresos bajos y altos. El modelo iterativo presenta ligeramente un mayor ajuste, ya que la predictibilidad de estar dispuesto a pagar del porcentaje correctamente predicho fue de 81.33%, mientras que la predictibilidad de no estar dispuesto a pagar resulto en 18.67%.

6.4 Disposición a pagar modelo Probit iterativo

Con estos resultados se estimó la función en las medias obteniendo la DAP para ingresos bajos y altos, como se muestra en la Tabla XVIII.

Tabla XVIII. Disposición a pagar.

<i>Ingresos bajos</i>	<i>Ingresos altos</i>
115.38	136.96

6.5 Resultados modelo Tobit

Los resultados del modelo Tobit, los efectos marginales¹⁵ y sus errores estándar se obtuvieron mediante el método delta¹⁶, los cuales se muestran en la Tabla XIX.

¹⁵ Sobre el valor esperado para la variable Y (censurada y sin censura), mediante el método de descomposición de McDonald y Moffitt, es decir: $\frac{\partial E[Y]}{\partial X_{it}} = \Phi\left(\frac{\beta X}{\sigma}\right) \beta_{it}$, que reescrito: $\frac{\partial E[Y]}{\partial X_{it}} =$

Tabla XIX. Parámetros estimados y efectos marginales de modelo Tobit.

<i>Variable dependiente: Monto-dap</i>				
<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico-z</i>	<i>Prob.</i>
Ingreso	0.0007	0.00012801	6,028	0.0000
Cm3d	-9.2417	4,205,264	-2,198	0.0280
Tandeo	6.6021	319,108,540	2,069	0.0386
Scale Factor	0.5433			
Log likelihood function -701.09				
<i>Marginal Effects</i>	<i>Estimado.</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico-z</i>	<i>Prob.</i>
Ingreso	0.0004	0.0006844	6,126	0.0000
Cm3d	-5.0213	217,409,730	-2,310	0.0209
Tandeo	3.5871	175,285,639	2,046	0.0407

Todos los parámetros estimados resultaron significativos a un nivel de $p=0.05$, con signos consistentes con los esperados. Realizando las transformaciones antes descritas, considerando σ^2 se interpretan los coeficientes estimados como el efecto de los regresores sobre la variable latente. El nivel de ingreso de los hogares determina la probabilidad de estar dispuesto a pagar por mantener el servicio de provisión del acuífero; es decir, al incrementarse el nivel de ingreso, también se incrementa la probabilidad de encontrar respuestas afirmativas a la pregunta de valoración contingente. El consumo es consistente con los resultados obtenidos previamente con el modelo Probit, y muestra como al incrementarse el nivel de consumo diario de agua, disminuye la probabilidad de que los hogares estén dispuestos a pagar por implementar medidas para mantener el servicio de provisión de agua del acuífero, esto se explica debido a que los hogares con mayor nivel de consumo se enfrentan a precios mayores por metro cúbico de agua, lo cual afecta su restricción presupuestaria. Esto confirma la funcionalidad de la variable cm³d, ya que refleja el efecto que tendrían variables de características físicas de las viviendas, y demográficas, en composición de miembros y

$$P(y > 0) \frac{\partial E[y|y > 0]}{\partial X_{zc}} + (E[y|y > 0]) \frac{\partial P(y > 0)}{\partial X_{zc}}$$
, muestra como un cambio en X_{zc} afecta la media condicional de y^* en la parte positiva de la distribución afectando la probabilidad de que la observación caiga en esa parte de la distribución.

¹⁶ El método delta se aplica para encontrar la distribución asintótica de una función no lineal de los estimadores.

estructura de edad de los hogares, como lo sugiere la literatura de demanda de agua urbana residencial, Jaramillo (2005).

En cuanto a los efectos marginales de las variables sobre la cantidad dispuesta a pagar se encontró que el ingreso de los hogares es significativo, sin embargo la magnitud del efecto es muy pequeña. En cuanto al efecto marginal de la variable cm^3d , se tiene que en promedio, un metro cúbico adicional de agua disminuye el monto dispuesto a pagar en 5 pesos, para un hogar promedio. El efecto marginal de la variable dicotómica tandeo sobre la cantidad dispuesta a pagar es el siguiente, en promedio los hogares que cuentan con restricción en el suministro debido al tandeo están dispuestos a pagar 4 pesos más que hogares que no cuentan con restricción.

Considerando el valor de $R^2 = 1227.11$ del modelo Tobit y sus coeficientes, se compararon con los parámetros del modelo Probit con la finalidad de estimar que efecto tiene mayor peso de los incisos a) y b) señalados anteriormente, se encontró que los coeficientes del modelo Probit son mayores en términos absolutos que los transformados del modelo Tobit de lo cual se desprende lo siguiente en términos de magnitud de efectos: i) el nivel de ingreso del hogar ejerce un efecto mayor en la decisión de estar dispuesto a pagar, que en la decisión del monto que elige pagar. ii) la demanda diaria de agua en metros cúbicos tiene un mayor efecto sobre la probabilidad de aceptar pagar por conservar el acuífero que en el monto dispuesto a pagar, y iii) el hecho de contar con restricción en el suministro de agua mediante la práctica de tandeo, ejerce un efecto mayor en la decisión inicial de contribuir por conservar el acuífero, que en la cantidad de disposición a pagar.

6.6 Resultados de sección cruzada

Los resultados del modelo estimado por el método de Variables Instrumentales, se muestran en la Tabla XX, en ésta se aprecia que los coeficientes estimados presentan los signos acordes al marco teórico, estadísticamente significativos. El resultado del coeficiente de \ln precio -0.56 indica que los hogares que se enfrentan a estructuras de precios en bloques reaccionan ajustando su consumo ante incrementos en el precio.

Tabla XX. Resultados de estimación de la demanda por VI

Variable	Coefficiente	Error estándar
<i>Lprecio</i>	-0.56	0.05***
<i>Lingreso</i>	4.7300E-07	2.53E-07
<i>Baños</i>	0.14	0.04***
<i>Almacena</i>	-0.07	0.04*
<i>Miembros</i>	0.06	0.01***
<i>Antigüedad</i>	0.01	0.004***
<i>Antigüedad</i>	-0.0003	0.00009***
<i>Información</i>	-0.09	0.04**

Nota: (*) indica significancia al 10%; (**) significancia al 5%; (***) significante al 1%.

Estos resultados confirman que la demanda de agua de los hogares es inelástica respecto al precio. La variable ingreso no resultó estadísticamente significativa. La interpretación de los coeficientes de características de los hogares requiere de una transformación, ya que, éstas entran exponencialmente en la función de demanda, la transformación de los coeficientes a sus coeficientes con antilogaritmos, nos permite su interpretación como cambios proporcionales del consumo de agua ante incrementos unitarios. El efecto del incremento de un baño más implica un incremento en el consumo de agua del 16%. Los hogares que tienen dentro de sus hábitos de consumo el almacenamiento de agua consumen alrededor de 1% menos de agua con respecto a aquellos que no hacen. El efecto del incremento de un miembro en el hogar, representa un incremento en el consumo de agua del 6.50%. La antigüedad de la vivienda determina el nivel de consumo como lo indica la misma en forma lineal y al cuadrado, ya que, por cada año que se incrementa ésta, la demanda de agua crece 1.60%, aunque en hogares de mayor antigüedad el consumo es menor que en aquellos de menor número de años. En cuanto al efecto de la información de los consumidores respecto a la situación de sobre explotación del acuífero, el coeficiente revela que los hogares que tienen conocimiento consumen 0.90% menos agua en relación aquellos que no saben.

6.7 Resultados de series de tiempo

Los resultados de la estimación dinámica de la demanda se pueden apreciar en la Tabla XXI:

Tabla XXI. Resultados de estimación por variables instrumentales

Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico-t	Prob.
<i>Log</i> Constante	7.33	1.34	5.48	0.00
<i>Log</i> Consumo (-1)	0.44	0.10	4.29	0.00
<i>Log</i> Precio	-0.51	0.08	-6.11	0.00
<i>Log</i> Temperatura	0.11	0.02	4.99	0.00
<i>log</i> Ingreso	0.17	0.05	3.70	0.00
R-cuadrado ajustado	0.85	F-statistic	93.18	
Prueba de White	13.61	[Prob.(0.00)]		
Prueba Durbin-h	0.20	T=72		

Todos los coeficientes resultaron con los signos teóricamente esperados y estadísticamente significativos al 1 por ciento de significancia estadística. La elasticidad precio de corto plazo es inelástica e indica que el incremento en el precio marginal tiene como efecto una disminución en la demanda menos que proporcional al incremento en el precio, es decir, al incrementarse el 10% el precio, el consumo disminuirá en 5.10% en promedio mensual. El coeficiente del consumo con un rezago indica que los hogares ajustan su consumo un periodo después al pago de la factura de consumo. El coeficiente del ingreso virtual, muestra que incrementos en el ingreso y el subsidio implícito, tienen como efecto un incremento en la demanda. La variable climática temperatura afecta la demanda, es decir, el incremento de 1% en la temperatura máxima promedio tendrá como efecto el incremento en 0.11% en la demanda de agua mensual. En cuanto a la elasticidad precio de la demanda de largo plazo esta resultó de -0.90, mayor en términos absolutos que la elasticidad de corto plazo -0.51. Este resultado es consistente con la literatura empírica, y sugiere que el ajuste en el nivel de consumo es mayor después de incrementos permanentes en las tarifas de precios. La prueba de correlación serial Durbin-h fue de 0.20, menor al valor de la distribución normal (1.64), por lo cual no es posible rechazar la hipótesis nula de ausencia de correlación serial al 5% de significancia. En cuanto a la prueba de White no se detectó heteroscedasticidad.

6.8 Estimación del precio óptimo

La literatura de la intervención pública en el suministro de agua y fijación de precios a nivel internacional es amplia, y entre las cuales destacan los estudios que proponen esquemas tarifarios óptimos Renzetti (1992), Kim (1995), Nauges y Thomas (2000), Timmins (2002) y García-Valiñas (2005). En México el interés por el estudio de la eficiencia de los organismos operadores de agua es creciente mediante el análisis de las políticas para reforzar el pago de servicios de agua potable y drenaje como respuesta a la morosidad en el pago de servicios de agua, Aguilar y Jean-Daniel (2009).

6.9 Resultados de función de costos Cobb-Douglas

En cuanto a la función de costos del organismo operador, los resultados se presentan en la Tabla XXII.

Tabla XXII. Resultados de estimación de costos

Variable	Coefficiente	Error estándar	T-Stud.	Prob.
Constante	5.520273	0.776703	7.107316	0.00
$\ln V m^3$	-1.483865	0.215104	-6.898363	0.00
$(\ln V m^3)^2$	0.102259	0.014897	6.864588	0.00
W_L	0.019019	0.000837	22.71172	0.00
W_K	0.973824	0.000853	1141.104	0.00
R^2	0.99			

En la tabla XXI, es posible apreciar la capacidad explicativa del modelo y la significancia estadística de las variables explicativas con un nivel de confianza de 99%, y con los signos esperados. La participación del capital W_K , en los costos de largo plazo es considerable, ya que este representa el 97% del costo de largo plazo, en cuanto al factor productivo trabajo W_L , este contribuye 2% en los costos totales, mientras que el combustible y energía W_E es prácticamente irrelevante en el largo plazo con una participación menor al 1% en los costos totales. Por otro lado, se contrastó la existencia de economías de escala en la producción mediante el índice de economías de escala IEE :

$$IEE = 1 - \frac{\delta \ln CF}{\delta \ln Y} \dots \dots \dots (36)$$

El cual arrojó un valor de 1.006 confirmando la presencia de rendimientos constantes a economías de escala, indicando que, los costos aumentan proporcionalmente con el nivel de extracción y distribución del recurso hídrico. Sin embargo, la literatura económica indica que para empresas muy grandes las economías de escala se reducen y eventualmente desaparecen. Para considerar lo anterior se incorporó un término cuadrático en el logaritmo del volumen de agua facturada de metros cúbicos Vm^3 en la función de costos (que representa el comportamiento de los costos medios de largo plazo en forma de u). Los signos de los parámetros que acompañan al logaritmo de la producción $\ln Vm^3$ y del cuadrado del logaritmo de la producción $(\ln Vm^3)^2$ corroboran que lo anterior, es decir, los costos decrecen al aumentar el nivel de producción hasta alcanzar un mínimo y posteriormente se incrementan al aumentar el nivel de producción. La estimación de la función de costos permitió estimar el costo marginal de largo plazo evaluado en la media del intervalo temporal considerado, $CMg_{lp} = 2.33$. En cuanto al precio óptimo se obtuvo de acuerdo a la especificación de la ecuación (6), considerando el número de Ramsey que constituye la constante que permite satisfacer la restricción presupuestaria planteada en el programa de optimización.

6.10 Precio óptimo

El precio óptimo se muestra en la Tabla XXIII, con el precio por metro cúbico de los cinco primeros bloques de consumo, solo para efectos comparativos.

Tabla XXIII. Precio por metro cúbico en bloques de 2010 y Precio óptimo

Bloque	Rango	Precio por metro cúbico	Precio óptimo
1	Hasta 17	5.73	
2	Hasta 24	7.10	
3	Hasta 35	11.13	11.10
4	Hasta 50	11.16	
5	Hasta 80	16.23	

Como se aprecia en la Tabla, el precio óptimo de Ramsey- Boiteaux, es mayor que los precios de los dos primeros bloques. Cabe mencionar que el precio de Ramsey es

preferible en términos de eficiencia, no así, en términos de equidad, ya que en ocasiones los consumidores de menor ingreso suelen presentar una menor elasticidad precio en términos absolutos, lo cual haría que estos hogares presentaran mayores precios, que aquellos con una mayor elasticidad de la demanda. No obstante, representa un valor de referencia al momento de diseñar estructuras tarifarias por bloque o por cargo fijo.

7. DISCUSIÓN

En cuanto a la valoración económica del servicio ambiental hidrológico de provisión del acuífero de La Paz, B.C.S., se plantearon y probaron dos hipótesis: a) el nivel de consumo de agua medido en metros cúbicos diarios (Cm^3d) es un determinante de la DAP, ya que esta variable representa los efectos tanto de la demografía de los habitantes de la vivienda, como de las características físicas de la vivienda. Por ello, los incrementos en Cm^3d , representan una disminución en la probabilidad de aceptar pagar por mantener el servicio de provisión del acuífero; y b) la probabilidad de aceptar pagar por mantener el servicio de provisión del acuífero es mayor para hogares con tandeo en el suministro de agua. Para probar tales hipótesis se aplicó el método de valoración contingente a través de la especificación de un modelo Probit y un modelo de regresión censurada (Tobit), con información de datos de consumo agua individual de cada uno de los hogares encuestados (información proporcionada por el Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de La Paz, OOMSAPA).

Cabe mencionar que la incorporación del término *servicio ambiental de provisión de agua del acuífero de La Paz* fue de vital importancia para evitar el posible sesgo de información, ya que la encuesta piloto mostró que los hogares no estaban familiarizados con el servicio ambiental de provisión del acuífero, por tanto fue necesario informar acerca de este, así como su situación actual. Esto, con el fin de evitar que los entrevistados valoraran la calidad del servicio de suministro del organismo operador, en lugar de valorar el servicio ambiental de provisión de agua del acuífero.

Los resultados confirman las hipótesis de trabajo. La estimación del modelo Probit para probar la primera hipótesis muestra evidencia consistente de que el consumo diario de agua (Cm^3d) determina la disponibilidad a pagar, en el sentido de que incrementos en consumo diario de agua de los hogares representan una disminución en la disponibilidad

a pagar, para que estos implementen medidas que contribuyan en el mantenimiento y mejoramiento del servicio hidrológico de provisión del acuífero de La Paz. En relación con la segunda hipótesis, los resultados revelan, también consistentemente, que la probabilidad de aceptar pagar por mantener el servicio de provisión del acuífero es mayor para hogares con tandeo en el suministro de agua.

Los resultados del modelo de regresión censurada (Tobit), confirman que la variación compensada es mayor en hogares con tandeo de agua, que hogares con flujo continuo. De manera específica, en promedio los hogares que cuentan tandeo están dispuestos a pagar 4 pesos más que hogares que no cuentan con tandeo. Este resultado rechaza la presencia del denominado efecto de incrustación (*embedding effect*), señalado inicialmente por Kahneman y Knetsch (1992). En este sentido la valoración económica del servicio hidrológico de provisión de agua del acuífero de La Paz, es revelada por el beneficio en la modificación de su principal atributo de *cantidad* tal como lo señalan Brauman et al. (2007), para la oferta de agua municipal, la cual requiere la cantidad adecuada, calidad aceptable, en el lugar correcto y tiempo correcto. Estos resultados tienen implicaciones en la región relacionadas con la política de uso y manejo del recurso agua, ya que el conocimiento del valor económico del recurso es de crucial importancia para determinar los beneficios netos de políticas y acciones de manejo. La Disposición a Pagar estimada representa el excedente del consumidor, sobre el cual deben evaluarse los costos de implementación de medidas de mantenimiento o mejora del balance hídrico del acuífero. En cuanto al efecto de la restricción presupuestaria de los hogares al momento de responder a la pregunta de valoración, se encontró que los hogares con mayor nivel de ingreso tienen una mayor disponibilidad a pagar, como lo muestra la variable ingreso la cual resultó estadísticamente significativa lo que indica que cuanto mayor sea el ingreso del encuestado también lo será su disposición a pagar, este resultado es consistente con Kristrom (1995) que señala que dada esta relación positiva los bienes ambientales son bienes normales.

Estos resultados confirman que la demanda de agua de los hogares es inelástica respecto al precio. La variable ingreso no resultó estadísticamente significativa. La interpretación de los coeficientes de características de los hogares requiere de una transformación, ya que, éstas entran exponencialmente en la función de demanda, la transformación de los coeficientes a sus coeficientes con antilogaritmos, nos permite su

interpretación como cambios proporcionales del consumo de agua ante incrementos unitarios. El efecto del incremento de un baño más implica un incremento en el consumo de agua del 16%. Los hogares que tienen dentro de sus hábitos de consumo el almacenamiento de agua consumen alrededor de 1% menos de agua con respecto a aquellos que no hacen. El efecto del incremento de un miembro en el hogar, representa un incremento en el consumo de agua del 6.50%. La antigüedad de la vivienda determina el nivel de consumo como lo indica la misma en forma lineal y al cuadrado, ya que, por cada año que se incrementa ésta, la demanda de agua crece 1.60%, aunque en hogares de mayor antigüedad el consumo es menor que en aquellos de menor número de años. En cuanto al efecto de la información de los consumidores respecto a la situación de sobre explotación del acuífero, el coeficiente revela que los hogares que tienen conocimiento consumen 0.90% menos agua en relación aquellos que no saben.

Este estudio es el primero en estimar la elasticidad precio de largo plazo de la demanda de agua residencial en México, mediante series cronológicas de datos. Los resultados obtenidos son consistentes con la literatura de funciones de demanda de precios en bloques (véase epígrafe 5.5 pág. 24) y contribuyen al estudio del impacto de las políticas de precios, sobre el consumo de los hogares en países en desarrollo con restricciones en la oferta de agua, causada las características geológicas de embalses, así como climáticas. Los resultados encontrados revelan la importancia de las estructuras de precios e incrementos permanentes en las tarifas, para el adecuado manejo de la demanda de agua que logre el uso eficiente del recurso. Las elasticidades de la demanda de largo y corto plazo resultaron mayores al promedio de la literatura empírica nacional e internacional. Lo cual indica que la magnitud del ajuste del consumo de agua ante incrementos sostenidos en los precios es mayor en hogares de la ciudad de La Paz, B.C.S., en relación a las regiones reportadas en la literatura nacional. Mientras que incrementos en la temperatura y el ingreso tienen como efecto incrementos en la demanda de agua mensual. En este trabajo se estimó la sensibilidad de la demanda de agua respecto al precio, ingreso, determinantes socio-demográficos, así como de las características físicas de las viviendas. Se encontró que la demanda de agua es inelástica (-0.56) ante variaciones en el precio. Adicionalmente se estimó una función de costos, la cual permitió contrastar la existencia de economías de escala en el monopolio natural del agua de uso público urbano, encontrando presencia de rendimientos constantes a

escala economías de escala ($IES = 1.006$). Con la estimación de los determinantes de la demanda y de oferta, se obtuvo el precio óptimo ($\$11.10$) que permitiría al monopolio recuperar sus costos y obtener beneficios nulos.

8. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo tienen implicaciones relacionadas con la política de uso y manejo del recurso agua en regiones semiáridas con restricciones del servicio hidrológico de provisión, así como posibles alteraciones en el ciclo hidrológico (sobreexplotación e intrusión de agua de mar en zonas costeras). Los resultados del Método de Valoración Contingente revelaron la valoración que otorgan los hogares a los cambios en el bienestar que les produce la modificación en las condiciones de oferta del bien ambiental agua, medida por su principal atributo cantidad. Los resultados que corroboran que los hogares están valorando la modificación en las condiciones de oferta del bien ambiental agua del acuífero corresponden a la variación compensada, es decir, el efecto de la disminución de utilidad causada por la disminución del ingreso disponible y compensado por el aumento en el bienestar al mantener o mejorar el servicio hidrológico de provisión de agua del acuífero de La Paz.

En este sentido la valoración económica de los servicios hidrológicos del acuífero de La Paz, corresponde a la medida de bienestar, la cual asciende a 132.76 pesos y representa el excedente del consumidor, medida sobre la cual debe evaluarse la aplicación de planes de manejo y conservación del servicio hidrológico. Los planes de manejo de los recursos hídricos en regiones con restricción en la oferta debido a limitantes geológicas de los embalses, intrusión de agua marina y sobreexplotación deben considerar la aplicación de instrumentos basados en precios para el manejo de la demanda de agua urbana, ya que los hogares ajustan su nivel de consumo de agua ante incrementos sostenidos en la estructura de precios en bloque como lo muestra la elasticidad de largo plazo de -0.90, para lograr el uso eficiente del recurso. Por el lado de la oferta, la estructura de mercado del organismo operador de agua municipal corresponde a monopolio natural, en este sentido los resultados de la estimación empírica de la función de costos de tipo Cobb-Douglas, indican la presencia de rendimientos constantes a escala, es decir, los costos incrementan proporcionalmente

con la producción. El conocimiento de la elasticidad de la demanda y de los costos es fundamental para que el organismo operador tome decisiones que le permitan optimizar económicamente.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Benítez y Jean-Daniel, 2009, Aspectos institucionales y políticas para reforzar el pago de los servicios de agua en Nuevo Laredo, Tamaulipas, y Laredo, Texas, *Gestión y Política Pública*, Vol. XVIII. N. 2, 341-377.
- Alberini, Anna, Barbara Kanninen y Richard T. Carson, 1997, “Modeling Response Incentive Effects in Dichotomous Choice Contingent Valuation Data”, *Land Economics*, 73, USA, The University of Wisconsin Press, pp. 309-324.
- Arrow, Kenneth, Robert Solow, Paul R. Portney, Edward E. Leamer, Roy Radner, Howard Schuman, 1993, Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation: National Resource Damage Assessments Under the Oil Pollution Act of 1990, *Federal Register*, 58, pp. 4601-4614.
- Baumol, W. J. y D. F. Bradford, 1970, “Optimal departures from marginal cost pricing”, *American Economic Review*, 60: 265-283.
- Bergstrom, C. John, John, Stoll R. y Alan Randall, 1989, “Information Effects in Contingent Markets”, *American Journal of Agricultural Economics*, 71, American Agricultural Economics Association, Milwaukee, USA, pp. 685-691.
- Berrens, Robert P., Alok K. Bohara y Joe Kerkvliet, 1997, “A Randomized Response Approach to Dichotomous Choice Contingent Valuation”, *American Journal Agricultural Economics*, 79, American Agricultural Economics Association, Milwaukee, USA, pp. 252-266.
- Billings, B. and Agthe, D., 1980, Price elasticities for water: A case of increasing block rates. *Land Economics* 56: páginas 73–84.
- Bishop, C. Richard y Thomas A. Heberlein, 1979, “Measuring Values of Extra Market Goods: Are Indirect Measures Biased?”, *American Journal of Agriculture Economics*, 61, American Agricultural Economics Association, Milwaukee, USA, pp. 926-30.

- Boiteux, M., 1956, "Sur la gestion des monopoles publics astreints à l'équilibre budgétaire", *Econometrica*, 24: 22-40.
- Boyle, J. Kevin y Richard C. Bishop, 1988, "Welfare Measurements Using Contingent Valuation: A Comparison of Techniques", *American Journal of Agricultural Economics*, 70, American Agricultural Economics Association, Milwaukee, USA, pp. 20-28.
- Boyle, J. Kevin, Richard C. Bishop y Michael P. Welsh, 1986, "Starting Point bias in Contingent Valuation Surveys", *Land Economics*, 61, The University of Wisconsin Press, USA., pp. 188-194.
- Brauman, A. Kate, Gretchen C. Daily, Ka'eo, T. Duarte y Harold A. Mooney, 2007, "The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services", *Reviews in Advance* 20, *Annual Review of Environment and Resources*, Palo Alto, California, USA pp. 30.
- Brookshire, S. David, Berry C. Ives y William D. Schulze, 1976, "The valuation of aesthetic preferences", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 3, pp. 325-346, Association of Environmental and Resource Economists, Washington, DC. USA.
- Cameron, Trudy. Ann. y Jeffrey Englin, 1997, "Respondent Experience and Contingent Valuation of Environment Goods", *Journal of Environmental Economics and Management*, 33, Association of Environmental and Resource Economists, Washington, DC. USA, pp. 296-213.
- Carson, T. Richard, W. Michael Hanemann, Raymond J. Kopp, Jon A. Krosnick, Robert C. Michael, Stanley Presser, Paul A. Ruud y V. Kerry Smith with Michael Conaway and Kerry Martin, 1997, "Temporal Reliability of Estimates from Contingent Valuation", *Land Economics*, 73, The University of Wisconsin Press, USA., pp. 151-163.
- Cavanagh, S.M., W.M. Hanemann y R.N. Stavins, 2001, "Muffled Price Signals: Household Water Demand Under Increasing-Block Price". Mimeo-grafiado.
- Chermak, Patrick, y Brookshire, 2005, "Economics of Transboundary Aquifer Management", *Ground Water* vol. 43, núm. 5, páginas 731-736.

- Comisión Nacional del Agua, 2008, Estadísticas del agua en México, CNA.
- Committee on Valuing Ground Water, National Research Council, Valuing Ground Water: Economic Concepts and Approaches, 1997, en <http://www.nap.edu/catalog/5498.htm>, consultado el 20 de febrero de 2008.
- Conagua, 2003, Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, México.
- Conagua, 2005, Estadísticas del agua en México, México.
- Conagua, 2006, Estadísticas del agua en México, México.
- Cruz-Falcón, Arturo [tesis de doctorado], 2007, Caracterización y diagnóstico del acuífero de La Paz, B.C.S., mediante estudios geofísicos y geohidrológicos, México, IPN/CICIMAR.
- Cummings G. Ronald, Philip T. Ganderton y Thomas McGuckin, 1994, "Substitution effects in CVM values", American Journal of Agriculture Economics, 76, American Agricultural Economics Association, Milwaukee, USA, pp. 205-214.
- CV Data", Working Paper 798, California, Department of Agricultural and Resource Economics, University of California at Berkeley, USA.
- Dalhuisen J., de Groot, H. and Nijkamp, P., 2001, Thematic report on the economics of water in metropolitan areas, European Commission: Environment and Climate Programme, DG XII, Human Dimension of Environmental Change: Metropolitan Areas and Sustainable Use of Water. Disponible en: <http://www.feweb.vu.nl/>.
- Davidson, Russell y James G. MacKinnon, 1981, "Several Test for Model Specification in the Presence of Alternative Hypotheses", Econometrica, 49, The Econometric Society, USA, pp. 781-793.
- Davidson, Russell. y James G. MacKinonn, 1993, Estimation and Inference in Econometrics, Nueva York, Oxford University Press.
- Feldstein, M. S., 1972, "Equity and efficiency in public sector pricing: the optimal two-part tariff", Quarterly Journal of Economics, 86 (2): 175-187.
- García-Valiñas Maria A., 2005, Efficiency and Equity in Natural Resources Pricing: A Proposal for urban Water Distribution Service, Environmental and Resource Economics, Volume 32, Number 2, Pages 183-204.
- Greene, William. H., 1999, Análisis econométrico, 3ª ed., , Prentice Hall, España.

- Hanemann Michael, John Loomis y Barbara Kanninen, 1991, "Statistical Efficiency of the Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation", *American Journal of Agricultural Economics*, 73 (74), American Agricultural Economics Association, Milwaukee, USA, pp. 1255-1263.
- Hanemann, W. Michael, 1994, "Valuing the Environment Through Contingent Valuation", *Journal of Economic Perspectives*, 8, American Economic Association, USA, pp. 19-43.
- Hanemann, W. Michael. y Barbara Kanninen, 1996, "The Statistical Analysis of Discrete Response
- Hanley, Nicholas., "Using Contingent Valuation to Value Environmental Improvements", 1988, *Applied Economics*, 20, Ed. Routledge, USA, pp. 541-549.
- Harrison, Glenn. W., 1992, "Valuing Public Goods with the Contingent Valuation Method: A Critique of Kahneman and Knetsch", *Journal of Environmental Economics and Management*, 23, Association of Environmental and Resource Economists, Milwaukee, USA, pp. 248-257.
- Heckman, J. James, 1979, "Sample Selection Bias as a Specification Error", *Econometrica*, 47, The Econometric Society, USA, pp. 931-954.
- Hensher, , David, Nina Shore y Kenneth Train, 2005, "Households' Willingness to Pay for Water Service Attributes", *Environmental Resources Economics*, 32(4), ed. Springer Netherlands, The Netherlands, pp. 509-531.
- Hoehn, P. John y Alan. Randall, 1987, "A Satisfactory Benefit Cost Indicator from Contingent Valuation", *Journal of Environmental and Management*, 14, Association of Environmental and Resource Economists, USA, pp. 226-247.
- Houston, D., 1982, Revenue Effects from Changes in a Declining Block Pricing Structure, *Land Economics* 58(3), 351-363.
- Howe, C. W., y F.P. y Linaweaver, 1967, "The impac of Price on Residential Water Demand and its Relation to System Demand and Price Structure", *Water Resources Research*, vol. 1, núm.3, páginas 13-32.
- Jaramillo Mosqueira, Luis A., 2005, "Evaluación econométrica de la demanda de agua de uso residencial en México", *El Trimestre Económico*, vol. LXXII (2), núm. 286, México, Fondo de Cultura Económica, pp. 267-390.

- Jaramillo-Mosqueira, Luis. A., 2005, "Evaluación Econométrica de la Demanda de Agua de Uso Residencial en México", *El Trimestre Económico*, Vol. LXXII (2), num.286, páginas. 267-390.
- Kahneman, Daniel. y Jack L. Knetsch, 1992, "Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction", *Journal of Environmental Economics and Management*, 22, Association of Environmental and Resource Economists, USA, pp. 57-70.
- Kanninen, J. Barbara, 1995, "Bias in Discrete Response Contingent Valuation", *Journal of Environmental Economics and Management*, 28(1), Association of Environmental and Resource Economists, USA, pp. 114-125.
- Kim, H. Y. [1995], "Marginal cost and second-best pricing for water services", *Review of Industrial Organization*, 10 (3): 323-338.
- Klawitter, S., 2003, A methodical approach for multi criteria sustainability assessment of water pricing in urban areas. Paper presented at the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change. Disponible en : <http://www.fu-berlin.de/>.
- Kristrom, Bengt., 1995, "Theory and Applications of the Contingent Valuation Method", ponencia presentada en simposio Economía ambiental: Valoración, recursos naturales y política económica, Barcelona, Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, 26-28 de junio.
- Mansfield, A. Carol, 1998, "A Consistent Method for Calibrating Contingent Value Survey Data", *Southern Economic Journal*, 64(3), Southern Economic Association, USA, pp. 665-681.
- Martínez-Espiñeira, R., 2003, Estimating Water Demand under Increasing-Block Tariffs Using Aggregate Data and Proportions of Users per Block, *Environmental and Resource Economics* 26, 5-23.
- McDonald, F. John. y Robert A. Moffitt, 1980, "The Uses of Tobit Analysis", *Review of Economic and Statistics*, 62, The MIT Press. USA, pp. 318-321.
- McFadden, Daniel., 1994, "Contingent Valuation and Social Choice", *American Journal of Agricultural Economics*, 76, Agricultural and Applied Economics Association, USA, pp. 689-708.
- Millennium Ecosystem Assessment, *Ecosystems and Human Well-being: Our Human Planet*, 2003, Washington, DC, Island.

- Milon, J. Walter, 1989, "Contingent Valuation Experiments for Strategic Behavior", *Journal of Environmental Economics and Management*, 17, Association of Environmental and Resource Economists, USA, pp. 293-308.
- Mitchell, C. Robert y Richard T. Carson, 1989, "Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method", Washington, DC, Resources for the Future.
- Nauges, C. y A. Thomas, 2000, "Privately-operated water utilities, municipal price negotiation and estimation of residential demand: the case of France", *Land Economics*, 76 (1): 68-85.
- Nordin, J.A., 1976, "A proposed modification of Taylor's demand analysis: Comment". *Bell Journal of Economics* vol. páginas 7719-721.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD), 1995, *The Economic Appraisal of Environmental Projects and Policy: A Practical Guide*, París, OECD.
- Piero Deidda Gian, Ranieri Albert, Casas Ponsati, Marco Nuvoli, S. Erriu, Josefina. Carlota. Tapias, 2003, *Delimitación de la intrusión salina en el acuífero aluvial de la marina de Cardedu (Cerdeña Centro-Oriental) a partir de medidas electromagnéticas en el dominio de frecuencias. Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos*, Madrid, Instituto Geológico y Minero de España.
- Ramsey, F. P., 1927, A contribution to the theory of taxation, *Economic Journal*, 37: 47-61.
- Randall, Alan, John P. Hoehn y David S. Brookshire, 1983, "Contingent Valuation Surveys for Evaluating Environmental Assets", *Natural Resources Journal*, 23, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, pp. 635-48.
- Renzetti, S., 1992, "Evaluating the welfare effects of reforming municipal water prices", *Journal of Environmental Economics and Management*, 22: 147-163.
- Rowe, Robert y Ralph D'Argue y David Brookshire, 1980, "An Experiment on the Economic Value of Visibility", *Journal of Environmental Economics and Management*, 7, Association of Environmental and Resource Economists, USA, pp. 1-19.

- Smith, Kerry, 1996, "Can Contingent Valuation Distinguish Economic Values for Different Public Goods?", *Land Economics*, 72, The University of Wisconsin System, USA, pp. 139-151.
- Smith, Kerry, 1997, "Pricing What is Priceless: A Status Report on Not-Market Valuation of Environmental Resources", *International Yearbook of Environmental and Resource Economics*, Ed. Honk Folmer and Tom Tietenberg, USA.
- Soto Montes de Oca, G., y I. J. Bateman, 2006, "Scope sensitivity in households' willingness to pay for maintained and improved water supplies in a developing world urbana rea: Investigating the influence of baseline supply quality and income distribution upon stated preferences in México city", *Water Resour. Res.*, vol. 42, páginas 1-15.
- Soto Montes de Oca, Gloria., y Ian Bateman, 2006, "Scope Sensitivity in Households' Willingness to pay for Maintained and Improved Water Supplies in a Developing World Urbana Area: Investigating the Influence of Baseline Supply Quality and Income Distribution Upon Stated Preferences in México City", *Water Resources Research*, 42, American Geophysical Union, USA.
- Taylor, L.D., 1975, "The demand for electricity: A survey". *Bell Journal of Economics* vol. 6, páginas 74-110.
- Thayer, Mark, 1981, "Contingent Valuation Techniques for Assessing Environmental Impacts: Further Evidence", *Journal of Environmental Economics and Management* (8), Association of Environmental and Resource Economists, USA, pp. 27-44.
- Timmins, C., 2002, "Measuring the dynamic efficiency costs of regulators preferences: municipal water utilities in the arid west", *Econometrica*, 70 (2): 603-629.
- Whitehead, John. y Glenn. Blomquist, 1991, "Measuring Contingent Values for Wetlands: Effects of Information About Related Environmental Goods", *Water Resources Research*, 27, American Geophysical Union, USA., pp. 2523-2531.
- Yepes, G. y Dianderas A., 1996. *Water and Wastewater Utilities Indicators*, Water and Sanitation Division, World Bank. Disponible en: <http://www.worldbank.org/>