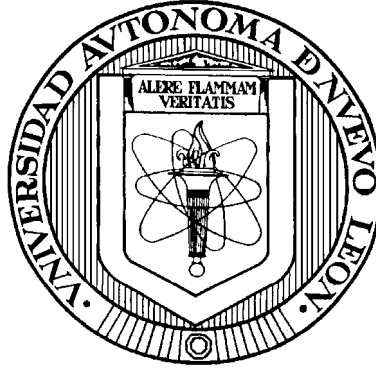


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE ECONOMIA**



**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA DE USO DOMÉSTICO  
EN TORREÓN**

**Por**

**VIOLETA DEL CARMEN GARCÍA HERNÁNDEZ**

**Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRIA EN ECONOMIA con Especialidad en  
Economía Industrial**

**Junio, 2006**

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA DE USO DOMÉSTICO  
EN TORREÓN**

Aprobación de la Tesis:

---

Asesor de la Tesis

---

---

---

---

Jefe de la División de Estudios de Postgrado o  
Secretario de Postgrado o  
Subdirector de Estudios de Postgrado

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Ramón G. Guajardo Quiroga, Asesor de mi tesis. Así como al Dr. Marco Vinicio Gómez y al Dr. Pedro Villezca por formar parte del Comité de Tesis, por sus valiosas sugerencias e interés, en la revisión del presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Al M.C. Luis A. Jaramillo-Mosqueira por sus valiosos comentarios durante la realización de este trabajo. Al Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Torreón, a la Dirección de Informática Municipal de Torreón y a la Comisión Nacional del Agua por proporcionar los datos necesarios.

A Elias, Carmen, Alex y Mirelle por su apoyo y amor incondicional, a Roberto por su paciencia, apoyo, ayuda y amor, al grupo de los veintitantos y a las García.

A mis maestros y compañeros y a todas las personas que contribuyeron en la realización de este posgrado y de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCION . . . . .	1
1.1 Antecedentes . . . . .	1
1.2 Planteamiento del Problema . . . . .	2
1.3 Objetivos de la investigación . . . . .	3
1.4 Hipótesis General . . . . .	4
1.4.1 Hipótesis particulares . . . . .	4
2. EL AGUA EN EL MUNDO, MÉXICO Y LA LAGUNA . . . . .	6
2.1 Problemática del agua a nivel mundial . . . . .	6
2.2 Problemática del agua en México . . . . .	7
2.3 Manejo Histórico del agua en México . . . . .	10
2.4 Problemática del agua en La Laguna . . . . .	14
2.5 Manejo Histórico del agua en La Laguna . . . . .	17
2.6 Tarifas en Coahuila. . . . .	20
2.7 Tarifas en Torreón . . . . .	21
3. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL AGUA . . . . .	25
3.1 La demanda . . . . .	25
3.2 Elasticidad . . . . .	27
3.3 Tarifas . . . . .	29
3.4 Variables explicativas de la demanda de agua de uso doméstico . . . . .	32
3.5 Pruebas de Hausman . . . . .	40
3.6 Datos de Panel . . . . .	42
3.7 Mínimos Cuadrados Generalizados . . . . .	43
4. DATOS Y MODELO . . . . .	46
4.1 Datos . . . . .	46
4.2 Modelo . . . . .	55
5. Resultados . . . . .	57
5.1 Resultados . . . . .	57
6. Conclusiones . . . . .	65
6.1 Conclusiones . . . . .	65

BIBLIOGRAFÍA . . . . .	.68
ANEXO 1. PRECIOS POR BLOQUES EN TORREÓN . . . . .	.73
ANEXO 2. VARIABLES CLIMÁTICAS . . . . .	.75

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
I. Número de usuarios domésticos . . . . .	22
II. Bloques de consumo, uso doméstico. . . . .	.23
III. Clasificación CANADEVI. . . . .	48
IV. Estadística Descriptiva de las Variables en el Modelo por niveles de ingreso . . . . .	49
V. Estadística Descriptiva de las Variables en el Modelo . . . . .	.51
VI. Estimadores de los coeficientes del Modelo de Demanda . . . . .	57
VII. Efectos de las Variables seleccionadas en la Demanda de Agua. . . . .	59
VIII. Estimadores de los Coeficientes del Modelo de Demanda (con ln en todas las variables). . . . .	60
IX. Estimadores de los Coeficientes del Modelo de Demanda, divididos por grupo de ingreso . . . . .	62

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Consumo de Agua por sector en México . . . . .	9
2. Volumen de extracción de los mantos acuíferos . . .	16
3. Estructura creciente de Precios por Bloque Tri-Segmentada . . . . .	.30
4. Estructura decreciente de Precios por Bloque Tri-Segmentada. . . . .	31
5. Distribución del consumo promedio de agua por colonia. Económica. . . . .	52
6. Distribución del consumo promedio de agua por colonia. Tradicional. . . . .	53
7. Distribución del consumo promedio de agua por colonia. Media. . . . .	53
8. Distribución del consumo promedio de agua por colonia. Residencial . . . . .	54
9. Distribución del consumo promedio de agua por colonia. Todas las colonias. . . . .	54

## INTRODUCCIÓN

El estudio del agua desde un enfoque económico ha tomado importancia en los últimos años, principalmente por el interés creciente a nivel mundial por encontrar formas de administrar la demanda ante la dificultad creciente de incrementar la oferta para satisfacer el creciente consumo debido al crecimiento de la población.

En México, principalmente algunas regiones, enfrentan graves problemas de escasez de este recurso, de ahí la importancia de realizar estudios para encontrar mecanismos que mejoren la administración del recurso.

Una forma de administrar la demanda puede ser a través del mecanismo de precios, pero en el caso del agua el análisis se complica al tratarse de un bien básico, indispensable para la vida. Esto sin olvidar la complejidad que le agrega el que los precios estén administrados. En el caso de La Laguna están estructurados en bloques de tarifas crecientes, pues el precio determina la cantidad a consumir, pero la cantidad a consumir determina a su vez el precio. Esta situación implica complicaciones adicionales.

Es importante en este tipo de estudios mostrar que los precios, aún con las características mencionadas, pueden ser un buen mecanismo para ayudar a la mejor administración y uso del agua.



La Laguna es una región localizada en la parte suroeste del Estado de Coahuila y la porción media y noreste del Estado de Durango, integrada por 15 municipios, cinco en Coahuila y diez en Durango. Esta región tiene características muy peculiares, es una región con muy pocas precipitaciones, se registran niveles menores a los 250 milímetros al año cuando se tiene una precipitación media regular. Por otro lado, el uso del agua ha sido mayor a las recargas que se tienen lo que ha generado un grave problema de sobreexplotación. La Comisión Nacional del Agua reporta una extracción anual de 1,010 millones de metros cúbicos anuales y una recarga media de 518.9 millones de metros cúbicos.

En este marco, es de vital importancia en una región como ésta encontrar mecanismos que ayuden a conservar y utilizar de manera más eficiente el recurso hídrico y en el caso del consumo doméstico, sin olvidar los principios de equidad.

Como se mencionó, uno de los mecanismos para administrar la demanda es el de precios, en La Laguna es importante contar con una buena estructura de bloques de precios que aseguren el mejor uso y administración del agua.

En particular, este estudio trata de identificar las variables que influyen en la demanda de agua de uso doméstico en Torreón, la ciudad con más habitantes y mayor actividad económica de La Comarca Lagunera. El estudio se estructura de la siguiente manera: primero se presenta un panorama general de la situación del agua a nivel mundial, nacional y especialmente en la Laguna, dando también una breve descripción del manejo histórico que se le ha dado a este recurso.

Luego se presenta el marco teórico y método de estimación seguido del modelo que se utiliza y la descripción de las variables. Finalmente se presentan los resultados y conclusiones.



## **CAPÍTULO I**

### **1.1. Antecedentes**

El agua, además de ser un recurso escaso es además indispensable para la vida y también un insumo en casi todas las actividades económicas. A pesar de esto existen pocos estudios que aborden el tema del agua desde un punto de vista económico.

El problema del agua se ha abordado en muchos casos desde la oferta buscando nuevas formas de satisfacer la creciente demanda, pero en los últimos años, debido a la cada vez mayor escasez de este recurso se ha tratado de estudiar este tema desde la perspectiva de la demanda. Considerando que el agua es escasa, es necesaria su correcta valoración y una asignación de precios que haga eficiente y sustentable su uso y aprovechamiento. Para la redistribución, administración, diseño y aplicación de políticas públicas se requieren consideraciones económicas

El mayor número de estudios sobre demanda de agua se han realizado en Estados Unidos y Europa, para México existen pocos, esto puede deberse principalmente a la falta de información disponible para llevarlos a cabo.

En muchas regiones del mundo, entre ellas varias en México, actualmente se vive una situación preocupante por la escasez de agua. Este es un tema que

no puede seguir ignorándose ni posponiéndose su análisis y búsqueda de formas para solucionarlo. El tema del agua se tiene que tratar ya, es necesario que se tomen medidas para eficientar el uso y manejo de este recurso, de lo contrario en pocos años nos estaremos enfrentando a una situación grave y cada vez más difícil de resolver.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

La Laguna, una región que ha visto agravarse la escasez del agua. El 48% (1,198 Mm<sup>3</sup>) del agua que se usa en la Laguna se obtiene de los ríos Nazas y Aguanaval mientras el 52% (1,264 Mm<sup>3</sup>) restante se extrae de los 8 acuíferos subterráneos que existen en la región (CNA, 2004). En los últimos años ésta región ha enfrentado graves problemas de sobre-explotación de sus mantos acuíferos y ha presenciado el incremento de contaminantes en el agua debido al cada vez menor nivel de éstos, pues anualmente se extrae el doble de lo que se recarga.

Actualmente hay un déficit en el balance de agua en La Laguna. Según la Comisión Nacional del Agua, actualmente la extracción anual es de 1,010 millones de metros cúbicos anuales, mientras que la recarga media es de 518.9 millones de metros cúbicos.

Al consumo doméstico se le destina el 14% del agua que se extrae de los mantos acuíferos en La Laguna, por lo que es importante identificar y cuantificar

las variables que afectan la demanda de agua en las ciudades de ésta región. En el caso del agua además de las variables tradicionales que influyen en la demanda se enfrentan algunas otras como las climáticas que su control no obedece al análisis económico.

La teoría económica propone que una forma eficiente de administrar la demanda de agua es a través de los precios. Es frecuente encontrar en la literatura que el método de bloques con precios crecientes sea utilizado para administrar el agua potable. En la región de La Laguna, la Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza publicada en 1993 se especifica que en todos los municipios del Estado se usarán bloques de tarifas crecientes. Sin embargo no se ha realizado algún estudio que indique los resultados de ésta política. Por esto, es importante estimar la demanda de agua de uso doméstico en las ciudades de La Laguna. La estimación de la demanda de agua de uso doméstico en Torreón es un primer paso para contar con estudios que ayuden a valorar la eficacia de la estructura de tarifas vigente.

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

El objetivo de este trabajo es identificar y cuantificar algunas variables importantes que influyen en la demanda de agua de uso doméstico en la ciudad de Torreón, Coahuila y conocer las elasticidades precio e ingreso de éste bien.

La correcta identificación y cuantificación de éstas variables es de utilidad en la administración, creación e implementación de políticas públicas que ayuden a la conservación de éste valioso recurso en una región con tan graves problemas de escasez como la Laguna.

Uno de los efectos más importantes a cuantificar es el del precio; el cual es un elemento indispensable en el diseño de políticas tarifarias que busquen mantener el uso de éste recurso en niveles equilibrados con su disponibilidad.

#### **1.4. Hipótesis General**

La demanda de agua de uso doméstico en Torreón se ve afectada por el precio, el nivel de ingreso y por variables climáticas.

##### **1.4.1. Hipótesis particulares**

- a) Existe una relación inversa entre el precio y la cantidad demandada de agua.
- b) Existe una relación directa entre el ingreso y la cantidad demandada de agua.
- c) Existe una relación directa entre la superficie de las casas y la cantidad demandada de agua.
- d) Existe una relación directa entre la temperatura y la cantidad demandada.

- e) Existe una relación inversa entre la precipitación y la cantidad demandada.
- f) Existe una relación directa entre la evaporación y la cantidad demandada.



## **CAPÍTULO II**

### **2.1 Problemática del agua a nivel mundial**

El agua es un recurso cada vez más escaso en todo el mundo, a medida que la población crece, la demanda de agua también se incrementa así como el consumo per capita de agua, pero las fuentes de las que obtenemos este valioso recurso no lo hacen. Desde 1900 la población mundial se la duplicado mientras la cantidad de agua dulce utilizada se ha sextuplicado (UNESCO, 2001).

A nivel mundial, en 1989 se disponía de 9,000 metros cúbicos de agua dulce por persona, en el 2000 esa cantidad disminuyó a 7,800 metros cúbicos por persona y si como se prevee para el año 2025 la población se incrementa a más de ocho millones, la cantidad de agua per capita será de 5,100 metros cúbicos (Population Information Program, 2000).

Aunado al constante incremento en la población y a la menor disponibilidad de agua per capita, nos enfrentamos al problema de la desigual distribución de este recurso, pues dos tercios de la población mundial viven en zonas en las que sólo hay una cuarta parte de las precipitaciones anuales en el mundo (Population Information Program, 2000).

Partiendo de la desigual distribución del agua en el planeta, Malin Falkenmark formuló el concepto de presión hídrica. Ésta dice que un país ó región sufre presión hídrica cuando los suministros anuales de agua bajan a menos de 1,700 metros cúbicos por persona (Population Information Program, 2000). Además una región está por debajo del umbral de penuria cuando cuenta con menos de 1,000 metros cúbicos por habitante por año. Se estima que en 2025 sufrirán presión hídrica 3,500 millones de personas y sufrirán penuria 2,400 millones (UNESCO,2001).

Estas proyecciones se agravan en regiones donde el uso del agua excede los niveles de recarga de los acuíferos, por ejemplo, en Jordania y Yemen se extrae anualmente de los suministros de agua subterráneos 30% más de lo que reciben, mientras que en Israel se consume 15% más del suministro renovable (Population Information Program, 2000).

Es importante encontrar la combinación óptima desde el punto de vista económico, social y ambiental entre consumo y demanda presentes y futuros.

## **2.2 Problemática del agua en México**

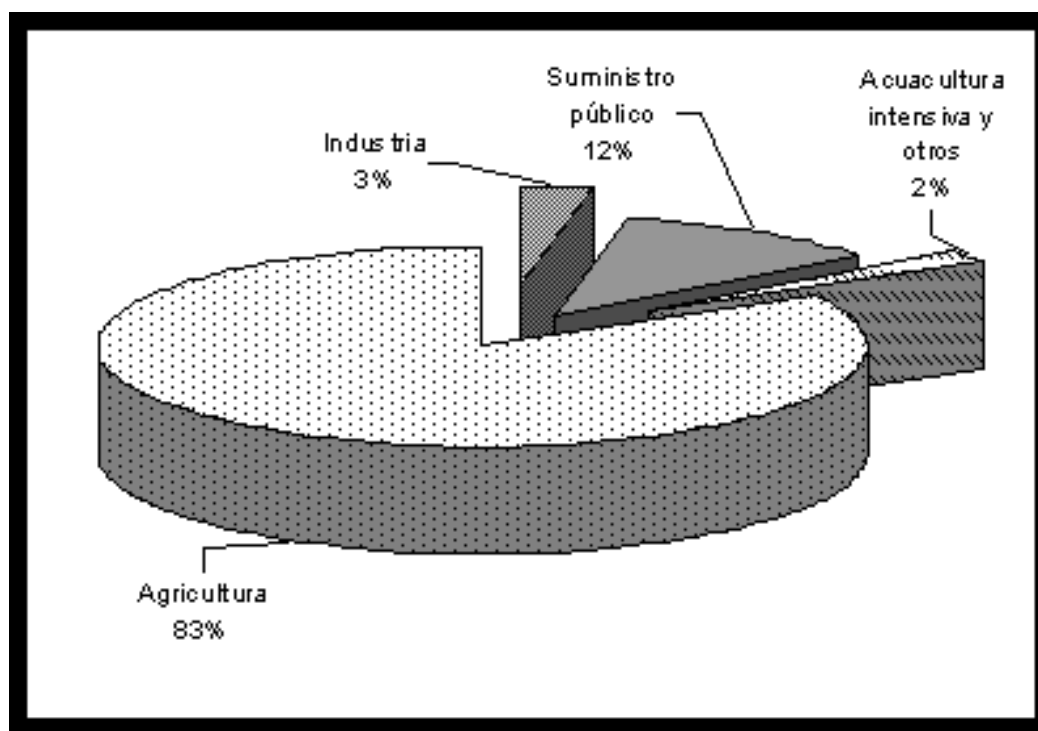
La precipitación promedio en México es de 1570 km<sup>3</sup> anuales, concentrada de junio a septiembre. Se pierden 1,064km<sup>3</sup> por evaporación, lo que deja una oferta de 473km<sup>3</sup>. De éstos, 410 km<sup>3</sup> en cauces y vasos superficiales y 63 km<sup>3</sup> en mantos acuíferos (CCE, 1998). Cerca del 73% se descarga al mar sin ser

aprovechado y sólo el 18% se da en zonas por arriba de los 500 metros sobre el nivel del mar donde se encuentra el 75% de la población (aguaydesarrollosustentable.com).

En el país existe un problema de distribución del agua, mientras que en unas regiones hay una gran cantidad de agua disponible, en otras existen graves problemas de escasez. El territorio localizado en el norte y en el altiplano recibe el 9% y concentra el 75% de la población, 70% del PIB industrial y 40% de las tierras agrícolas de temporal, mientras en el sureste se da el 70% de la precipitación con 24% de la población, 30% del PIB industrial y 60% de las tierras agrícolas de temporal (CCE, 1998).

El problema de la desigual distribución de los recursos hídricos se agrava con el incremento de la población y de la actividad económica. El sector agrícola es el que más agua consume en nuestro país con 83% del total, le sigue el sector de suministro público con el 12%, el industrial 3% y finalmente acuacultura intensiva y otros con el 2% (Figura 1).

Figura 1.

**Consumo de agua por sector en México<sup>a</sup>**

a. Se excluye el agua que se usa en la generación de electricidad

Fuente: OCDE.

En lo referente a los mantos acuíferos, se estima que cerca del 70% del agua que se suministra a los 75 millones de habitantes de zonas urbanas, así como una tercera parte de la superficie de riego y el 61% para la industria se extrae de éstos.

En el país se cuenta con 653 mantos acuíferos que varían en su capacidad de recarga ([aguaydesarrollosustentable.com](http://aguaydesarrollosustentable.com)), pero es importante considerar que nos estamos enfrentando a un problema de sobreexplotación pues en 115 de ellos el bombeo excede la recarga (CCE, 1998) y esto, además de los daños ambientales ocasiona que los costos de extracción se incrementen de manera considerable, al margen de los problemas de agotamiento de los recursos.

Mientras la escasez de agua no se presenta en algunas regiones de México en otras es una problemática de vital importancia, principalmente en el noreste entre las que destaca La Laguna por su escasa precipitación y la situación de sobreexplotación de sus mantos acuíferos.

### **2.3 Manejo histórico del agua en México**

A finales del siglo XIX se empezó a institucionalizar el manejo del agua, pero éste estaba ligado a la tenencia de la tierra, en 1919 con la Ley sobre Aprovechamientos de Aguas de Jurisdicción Federal ya se separa la administración y tenencia del agua de la de la tierra, el agua es considerada propiedad de la nación y los usuarios tenían que realizar pagos de acuerdo al volumen de agua utilizada, se intensificó el registro de usuarios con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926, esto más con fines recaudatorios que de preservación del recurso (Hernández, 2004).

En 1929 se promulgó la Ley de Aguas de Propiedad Nacional en la que aparecen las vedas absolutas o relativas, las concesiones y se establece la conformación de Asociaciones de Usuarios para la administración de los sistemas de irrigación, se establece que las aguas subterráneas pueden ser usadas por los propietarios de la tierra en la que se encuentran mientras no afecten aprovechamientos existentes o aparten agua de su corriente natural y se creó la Junta Consultiva de Aguas (Hernández, 2004).

En 1934 se publica otra Ley de Aguas de Propiedad Nacional y otra en 1946, cada una con ligeras modificaciones a la anterior, principalmente se hace una distinción entre aguas superficiales y subterráneas y se establece que las vedas a éstas últimas se pueden declarar cuando se presente el agotamiento del manto. En 1947 se crea por disposición oficial la Policía Federal Hidráulica que busca cuidar las obras de ingeniería relacionadas con el uso y aprovechamiento del agua.

En 1948 se promulga la Ley Reglamentaria al Párrafo Quinto del artículo 27 Constitucional en Materia de Aguas del Subsuelo en la que se establece la capacidad del Ejecutivo Federal de reglamentar la extracción y aprovechamiento de las aguas del subsuelo, siguiendo a las leyes anteriores también se establece el derecho de establecer vedas.

En 1956 se publica otra Ley Reglamentaria del Párrafo Quinto del Artículo 27 donde casi todas las disposiciones se mantienen sin cambios, pero se agrega una clasificación de veda según su grado de rigurosidad y se establecen tres tipos de alumbramientos: obras existentes, obras construidas durante la veda y reposiciones. En este nuevo ordenamiento se menciona que afecta al interés

público: “el peligro de agotamiento de los acuíferos y los efectos económicos del abatimiento de los niveles; el impedimento o reducción de la explotación de los aprovechamientos existentes; el peligro de invasión de aguas saladas u otras perniciosas; la mala calidad de las aguas que pudiera afectar la fertilidad de las tierras, los perjuicios en los asentamientos en zonas urbanas; la afectación al suministro del servicio público de agua potable a las poblaciones y; cuando por cualquier otra causa se afecte el interés público” (Diario Oficial, 27 de febrero de 1958 en Hernández, 2004). También se establece que se puede cambiar el uso de las obras de alumbramiento en zonas vedadas mientras no se incremente el volumen de extracción ni se perjudiquen los servicios públicos y domésticos.

En 1972 se aprueba la Ley Federal de Agua que menciona la distribución equitativa de los recursos hidráulicos, se declara de interés público la extracción y utilización de las aguas del subsuelo, se crean los distritos de riego y se establece que los usuarios de aguas del subsuelo en zonas vedadas deben contar con medidores y permitir la supervisión de los mismos así como de los alumbramientos por parte de las autoridades correspondientes.

Posteriormente, en los 80's se promulga la Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas; en 1982 con la Ley de Derechos en su capítulo referente al agua se establecen cuotas por el servicio de riego en distritos de riego y cuotas por derecho a la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, las cuotas se establecieron de acuerdo a la disponibilidad de agua en cuatro zonas (escasa, en condiciones de equilibrio, suficiente y abundante), se exentaba de

pago a las personas físicas que extraían el agua de forma manual y que era para uso doméstico y de abrevadero (Hernández, 2004).

En 1986 se publicaron reformas a la Ley Federal de Aguas, reforzándose así la normatividad ya existente buscando la preservación, sobre todo, de los acuíferos subterráneos (Hernández, 2004).

Finalmente, en 1992 se publicó la Ley de Aguas Nacionales que otorga a la Comisión Nacional del Agua la facultad de expedir títulos de concesión, asignación o permiso, fungir como árbitro ante controversias relacionadas con el uso y aprovechamiento del agua y promover la conservación y uso eficiente de la misma. También se propone la integración de Consejos de Cuenca para promover la participación de los usuarios en la administración del agua y se incluye el concepto de cuota natural de renovación de las aguas (volumen de agua renovable anualmente en una cuenca o acuífero).

Otro punto importante es que ahora las concesiones se pueden recuperar por vencimiento, revocación, caducidad, asignación por causa de utilidad o interés público y suspensión. En esta ley se le da un impulso al registro de usuarios, el registro será a nivel nacional y permanente en el Registro Público de Derechos de Agua y establece que es facultad del ejecutivo federal adoptar medidas para enfrentar situaciones de sequías extraordinarias o de sobreexplotación grave de acuíferos.

Los diferentes ordenamientos se han ido modificando a través de los años como resultado de la creciente escasez de agua en nuestro país y de la toma de conciencia de ésta problemática tanto de parte de las autoridades como de los usuarios y la población en general. Esto, en busca de formas más eficientes



de usar y preservar el recurso hídrico, principalmente en zonas con problemas marcados de escasez como La Laguna.

## **2.4 Problemática del agua en La Laguna**

La Laguna, una región localizada en la parte suroeste del Estado de Coahuila y la porción media y noreste del Estado de Durango, integrada por 15 municipios, cinco en Coahuila: Francisco I. Madero, San Pedro, Viesca, Matamoros, Torreón; y diez en Durango: Gómez Palacio, Tlahualilo de Zaragoza, Lerdo, Nazas, Mapimí, Rodeo, Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero y San Pedro del Gallo. Es una de las regiones con más graves problemas de escasez de agua en México.

Es una región considerada semidesértica, el área es sensiblemente plana aunque cuenta con cerros y montañas desprovistos de vegetación. El clima es de tipo desértico, con humedad atmosférica escasa (Banrural, 1986). Es irrigada por las avenidas de los ríos Nazas y Aguanaval. En la actualidad se cuenta con un efectivo control de las aguas del Nazas por la presa Lázaro Cárdenas que tiene una capacidad de tres mil millones de metros cúbicos y la presa Francisco Zarco con una capacidad de 400 millones de metros cúbicos (Plana, 1991). Está localizada en la región administrativa VII Cuencas Centrales del Norte.

El 48% (1,198 Mm<sup>3</sup>) del agua que se usa en la Laguna se obtiene de los ríos Nazas y Aguanaval mientras el 52% (1,264 Mm<sup>3</sup>) restante se extrae de los 8 acuíferos subterráneos (CNA, 2004).

En los últimos diez años, la precipitación pluvial ha disminuido, se registran niveles menores a los 250 milímetros al año cuando se tiene una precipitación media regular, aunque ha habido años en los que no se llega a los 200 milímetros al año (CNA, 2004).

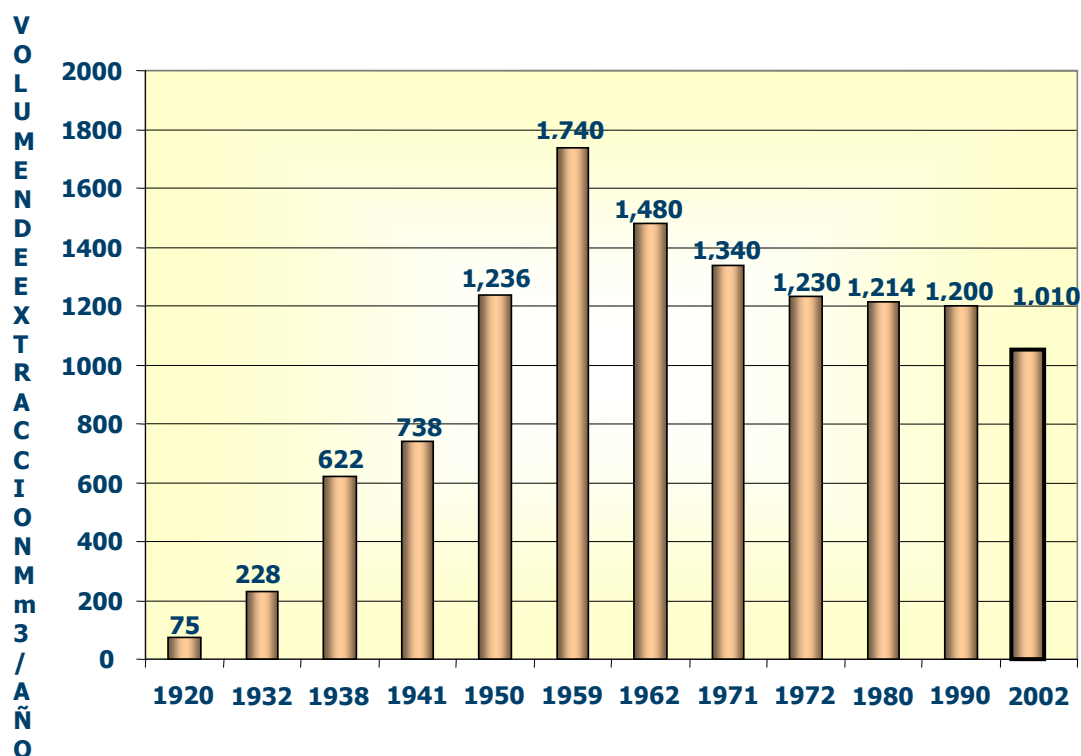
En la Laguna existen ocho acuíferos reconocidos, el más importante es el de La Burbuja que se localiza entre los municipios de Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, Matamoros, Viesca, San Pedro, Francisco I. Madero y Tlahualilo, que es la parte baja de los ríos Nazas y Aguanaval.

Todos excepto éste están contaminados y todos sin excepción sobreexplotados (CNA, 2004). La sobreexplotación de los mantos acuíferos en ésta región ha creado un descenso continuo del nivel de bombeo. En el mayor acuífero de la región, La Burbuja, los niveles de agua siguen bajando hasta alcanzar los 130 metros de profundidad en algunas áreas cuando en 1940 estaban a 10 metros (DOF, 2002), mientras que en algunos de los otros seis acuíferos se tienen que realizar perforaciones de hasta 400 y 500 metros de profundidad (CNA, 2004).

El volumen de extracción de agua de los mantos acuíferos se ha incrementado de forma importante.

Figura 2.

## Volumen de extracción de los mantos acuíferos



Fuente: Comisión Nacional del Agua

Según la Comisión Nacional del Agua, actualmente la extracción anual es de 1,010 millones de metros cúbicos anuales, mientras que la recarga media es de 518.9 millones de metros cúbicos.

Del total del agua en la Laguna, el 92% se utiliza en el sector agropecuario (142,000 has), el 1% es para uso industrial y el 7% restante es para uso público-urbano (1,290,000 hab.). De los 1,010Mm<sup>3</sup> que se estima se extraen de los acuíferos subterráneos en la región, el 81% es para uso agrícola, 2% para

uso pecuario, 1% es de uso múltiple, 2% para uso industrial y 14% para uso público urbano (CNA).

Ante la alarmante situación del acuífero en la región, es importante buscar formas de eficientar el uso del agua.

## **2.5 Manejo histórico del agua en La Laguna**

En La Laguna, la forma más antigua de obtener agua es de los ríos Nazas y Aguanaval, pero dado que en la región hay pocas lluvias y que ambos ríos tiene regímenes torrenciales y volúmenes muy variables se han construido diferentes obras de infraestructura como presas y canales de riego revestidos y se buscaron nuevas formas de abastecerse de éste bien básico como la extracción de agua del subsuelo.

Antes del Reparto Agrario, el agua del subsuelo sólo se usaba para dar riegos de auxilio al algodón (Mazcorro, et. al., 1991), con el reparto de tierras a los campesinos, también se les cedió la propiedad de las norias ubicadas en las áreas afectadas, quedando 474 pozos en manos de ejidatarios y 498 en manos de pequeños propietarios., hay quienes afirman que se repartieron más hectáreas de las que se podían regar con los escurrimientos de los ríos (Hernández, 2004), es decir, ya se veía la explotación del agua del subsuelo como una alternativa pero sin considerar los daños ambientales.

En los años veinte había 40 pozos con una profundidad media de 50 a 60 metros y niveles estáticos de 7 a 8 metros, para 1945 ya había 1,560 pozos con una extracción aproximada de 940 millones de m<sup>3</sup> mientras se calculaba una recarga de 830 millones de m<sup>3</sup> anuales y en 1957 había 3,893 pozos en operación, este incremento en los pozos iba de la mano con el incremento en la superficie regada (Mazcorro, et al. 1991).

En 1949, un año después de la promulgación de la Ley Reglamentaria del Párrafo Quinto del Artículo 27 Constitucional en Materia de Aguas del Subsuelo, se decretó la primera de cinco vedas que se han declarado en la Laguna prohibiendo la expedición de nuevas concesiones para explotar las aguas subterráneas, entre las consideraciones para decretarla estaban el abatimiento de los mantos acuíferos y el aumento de la concentración salina. En 1952 se amplió la zona de veda como consecuencia del incremento en el alumbramiento de las aguas del subsuelo. En 1958 se vuelve a ampliar la zona de veda justificándose con el incremento en el abatimiento y la consideración de utilidad pública de la conservación y protección de los aprovechamientos existentes. Una vez más, la veda se amplió en 1965 y finalmente la última ampliación se dio en 1981 (Hernández, 2004).

La Laguna, históricamente ha sido una región productora de algodón, pero a finales de la década de los cincuenta baja el precio internacional por la competencia con otros países productores como Estados Unidos y la introducción a la industria textil de fibras sintéticas, por esto, muchos productores privados abandonan éste cultivo (Mazcorro, et. al, 1991); posteriormente, en 1963 a causa de los problemas de escasez y contaminación

del agua en el marco del Plan de Rehabilitación del Distrito de Riego No. 17, se llevó a cabo un programa de diversificación de cultivos que pretendía disminuir el área destinada al cultivo del algodón, se financiaron grupos ejidales que explotaban en forma colectiva unidades ganaderas y lecheras (Banrural, 1986), es decir, muchos campesinos abandonaron el cultivo del algodón para dedicarse a la producción de forrajes y leche, lo que trajo como consecuencia que La Laguna sea actualmente una cuenca lechera muy importante a nivel nacional, sin abandonar del todo el cultivo del algodón. Es importante señalar que la alfalfa utiliza una lámina de riego bruta de 240 cms. mientras que el algodón requiere solamente 98 cms. (Hernández, 2004).

Con la construcción de la presa Lázaro Cárdenas y el revestimiento de los canales de riego promovido por el Plan de Rehabilitación del Distrito de Riego No. 17 se redujo el nivel de recarga de los acuíferos (Mazcorro, 1991).

Entre 1973-1974 se establece el uso de medidores volumétricos para controlar la extracción de agua (Mazcorro, et. al, 1991), pero actualmente todavía no se usan, aún cuando existe un programa de la Alianza para el Campo desde el 2003 en el que se establece que para la instalación de los mismos la CNA aporta el 50% de su costo, el gobierno del Estado el 25% y el 25% restante el usuario (Hernández, 2004).

A finales de la década de los setentas se empieza a hacer más clara la preocupación de varios sectores por la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la calidad del agua en la región, las dependencias oficiales declaran la zona de Ceballos y San Pedro como prioritarias debido a la alta presencia de sales en el agua. En 1989 es necesario construir un acueducto para llevar agua

potable a San Pedro, Francisco I. Madero y Tlahualilo, pues el agua en esos municipios ya no es suficientemente buena para el consumo.

La demanda de agua en la región sigue incrementándose por el aumento en la población y en las actividades económicas, los administradores y usuarios del agua actualmente buscan alternativas para satisfacer ésta creciente demanda sobre todo la de consumo humano, se han propuesto dos alternativas: 1) traer agua de la presa Francisco Zarco, construir una planta de tratamiento y de ahí distribuirla a la región ó 2) realizar la perforación de 20 a 25 nuevos pozos en la planicie localizada entre “Los Puentes Cuates” y “Raymundo”, donde se supone que el agua se encuentra a 6 metros de profundidad (Hernández, 2004).

Ante este escenario tan alarmante, eficientar el uso del agua y considerar la disminución de la demanda a través de instrumentos económicos también pueden ser buenas alternativas.

## **2.6 Tarifas en Coahuila**

En la Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza publicada en 1993, se establece que: “Los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado se cobrarán a los usuarios con base en las cuotas o tarifas que fije el Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento, las que deberán ser progresivamente

diferenciales de acuerdo con el consumo efectuado y adecuadas al uso que se hubiere autorizado.”

En el artículo 72 se menciona que las tarifas se determinan de acuerdo con varios conceptos como conexión de tomas de agua y drenaje, instalación de medidores, consumo mínimo, consumo doméstico, comercial, industrial, de descargas de agua al alcantarillado normal, de descargas de aguas residuales y de servicios generales a la comunidad.

Y el artículo 73 nos dice que: “Las cuotas o tarifas se fijarán con base en los estudios económicos, que formularán anualmente los Sistemas de Aguas y Saneamiento, en los que deberán considerarse el costo global de las obras e instalaciones necesarias para la prestación de los servicios, su mantenimiento, el mejoramiento y ampliación de los sistemas, las condiciones socio-económicas de la población, así como el volumen de agua que se consuma, el uso a que se destine y la estimación de los recursos hidráulicos potenciales y disponibles” (Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza).

## **2.7 Tarifas en Torreón**

Torreón se localiza en la parte oeste del sur del estado de Coahuila, limita al norte y al este con el municipio de Matamoros, al sur y oeste con el estado de Durango. Tiene una superficie de 1,947.70 km<sup>2</sup>, que representan el 1.29% del



total de la superficie del estado. La temperatura media anual es de 20 a 22°C y la precipitación media anual está entre los 100 a 200 milímetros en la parte noreste, este y suroeste y de 200 a 300 en la parte centro-norte y noreste, con régimen de lluvias de abril a octubre y escasas de noviembre a marzo (Enciclopedia de los municipios).

Torreón es el municipio más importante de la Comarca Lagunera, con la mayor concentración de población, y la mayor actividad económica.

El número de usuarios domésticos y la cantidad consumida de agua se ha venido incrementando.

**Tabla 1**  
**Número de usuarios domésticos**

Usuarios Domésticos		
Año	Usuarios	Consumo m <sup>3</sup>
1997	113,470	20,304,888
1998	118,998	22,558,105
1999	123,074	23,212,596
2000	125,984	23,339,792
2001	131,058	23,669,741
2002	136,746	24,691,450
2003	140,368	25,473,991

Fuente: SIMAS, Torreón

En el marco de la Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los Municipios del Estado de Coahuila de Zaragoza, el Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento de Torreón (SIMAS) establece tres

tipos de tarifas, tipo 1 doméstico, tipo 2 comercial y tipo 3 industrial. El que nos interesa para este estudio es el doméstico que se divide en 7 bloques de tarifas crecientes, los precios dentro de cada bloque se modifican mensualmente.

**Tabla 2**  
**Bloques de consumo, uso doméstico**

De	Hasta (en m <sup>3</sup> )	Bloque
0	10	1
11	20	2
21	30	3
31	40	4
41	60	5
61	100	6
Mas de	100	7

Fuente: SIMAS, Torreón

Normalmente, cuando se utilizan tarifas por bloques se cobra el consumo al precio del bloque que le corresponda, por ejemplo, si se tienen precios según el bloque de consumo de:

0-10 m<sup>3</sup> \$2/m<sup>3</sup>

10-20m<sup>3</sup> \$4/m<sup>3</sup>

20-30m<sup>3</sup> \$8/m<sup>3</sup>

Si hubiera un consumo de 25m<sup>3</sup>, el precio se calcularía sumando el consumo por el precio dentro de cada bloque, es decir,  $(10 \times 2) + (10 \times 4) + (5 \times 8) = 100$ , el consumidor tendría que pagar \$100 pesos por su consumo.

En el caso de Torreón, aunque por ley se establece que el cobro del agua se debe realizar con tarifas en bloques crecientes, en la práctica, el cobro se realiza simplemente multiplicando el consumo total por el bloque en que cae ese consumo.

Con los precios mencionados para un consumo de  $25\text{m}^3$ , la cantidad a pagar se obtiene de multiplicar el consumo por el precio del bloque en que cae:  $25 \times 8 = 200$ , con esta forma de calcular la cantidad a pagar es mayor.

## **CAPITULO III**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO DEL AGUA**

#### **3.1 La demanda**

La información sobre la demanda es de utilidad para la toma de decisiones de las empresas, las familias y de los organismos operadores del agua.

El precio es el instrumento racionador que la teoría de mercados propone para asignar los recursos escasos entre fines alternativos. El precio máximo que una persona está dispuesta a pagar por un bien es su precio de reserva, es el precio frente al cual una persona está indiferente entre comprar o no un bien. En una curva de demanda, lo que se hace es unir los puntos que representan los precios de reserva, es decir, una curva de demanda describe las cantidades demandadas a diferentes precios.

La ley de la demanda señala que las cantidades compradas varían en relación inversa con el precio. Por lo que al subir los precios disminuyen las cantidades que los consumidores están dispuestos a comprar; pero éstas cantidades no dependen solo del precio, pues puede haber una serie de

factores adicionales que afectan la demanda, uno de los principales es el ingreso.

Los consumidores enfrentan restricciones presupuestarias; los consumidores (u hogares) tienen un presupuesto que pueden gastar en un periodo de tiempo en un conjunto de bienes, pero lo que gastan en un bien más lo que gastan en los demás bienes no puede ser (en estricto sentido) mayor a su restricción presupuestaria. No se debe olvidar que hay bienes de los cuales siempre se debe consumir cierta cantidad por tratarse de bienes necesarios para la vida, en este caso se encuentra el agua.

Algunas veces las restricciones presupuestarias no son lineales, pues hay bienes para los que el precio cambia al cambiar la cantidad consumida, en estos casos lo importante es la restricción presupuestaria percibida por los consumidores, pues en muchas ocasiones éstos no tienen información perfecta y es muy difícil que estén enterados de en qué momento exactamente pasan de un bloque de consumo a otro.

Los consumidores, de acuerdo a sus preferencias pueden verse influenciados por cuestiones intertemporales o sociales, eligen la cantidad que comprarán de un bien dados los precios y su restricción presupuestaria, es decir, maximizan su utilidad. Ésta relación de cantidades compradas como función de los precios y el ingreso es conocida como la función de demanda Marshalliana (Deaton, 1992)

Entre las propiedades de las demandas Marshallianas tenemos que el valor total de la demanda es el gasto total ( $\sum p_k g_k(x, p) = x$ ); las demandas Marshallianas son homogéneas de grado cero en el gasto total y en precios; y

que un incremento en el precio manteniendo la utilidad constante hará que la demanda disminuya o al menos se mantenga igual. (Deaton, 1992)

El cambio de la demanda ante cambios en el precio se puede descomponer en dos:

a) efecto sustitución, los consumidores tenderán a comprar más del bien que ahora es más barato y menos del que ahora es relativamente más caro.

b) efecto ingreso, dado que ahora el bien se percibe como si fuera más barato (el precio es el mismo pero el ingreso es mayor), los consumidores disfrutan un incremento en su poder de compra real, pueden comprar la misma cantidad del bien con un menor porcentaje de su ingreso (Pindyck, 2001).

El efecto ingreso puede incrementar o disminuir la demanda, depende de si el bien es normal o inferior. Un bien normal es aquel por el cual la demanda se incrementa cuando se incrementa el ingreso y un bien inferior es por el cual la demanda se reduce al incrementarse el ingreso (Varian, 1996).

### **3.2 Elasticidad**

Algunos conceptos fundamentales para el análisis del agua son la elasticidad precio de la demanda y la elasticidad ingreso.

La elasticidad mide la sensibilidad de una variable ante otra, es un número que nos indica el cambio porcentual que ocurrirá en una variable como respuesta a un cambio de 1 por ciento en otra variable (Pindyck, 2001). Más

específicamente es una medida de la respuesta de la cantidad demandada ante cambios en el precio o en el ingreso.

La elasticidad precio de la demanda es una medida de respuesta de la cantidad demandada a los cambios del precio.

$$\varepsilon = (\Delta q / q) / (\Delta p / p) = (p / q) (\Delta q / \Delta p)$$

Si el valor absoluto de la elasticidad es mayor que uno, tenemos una demanda elástica pues la disminución porcentual en la cantidad demandada es mayor que el cambio porcentual en el precio. Si es menor que uno se trata de una demanda inelástica. En general la elasticidad depende de la presencia de sustitutos (Pindyck, 2001).

Por otro lado, la elasticidad ingreso es el cambio porcentual en la cantidad entre el cambio porcentual del ingreso.

$$\varepsilon = (\Delta Q / Q) / (\Delta I / I) = (I / Q) / (\Delta Q / \Delta I)$$

Cuando se obtiene una elasticidad positiva, un incremento en la demanda ante un incremento en el ingreso tenemos un bien normal; y un bien inferior cuando hay una elasticidad negativa, es decir un incremento en el ingreso trae consigo una disminución en la demanda (Varian, 1996).

En general, para muchos bienes la demanda es más elástica en el largo plazo que en el corto plazo pues a los consumidores les toma tiempo cambiar sus hábitos de consumo (Pindyck, 2001); en el caso del agua, esto también es cierto en respuesta a cambios por ejemplo en los precios, pues los cambios en los hábitos de los consumidores no se pueden realizar de forma rápida cuando

se tienen que cambiar equipos que utilizan grandes cantidades de agua por otros que utilicen menos.

### **3.3 Tarifas**

En los últimos años, una de las formas a las que más se ha recurrido para administrar el consumo de agua doméstico ha sido el mecanismo de precios. El propósito de los precios del agua es influir en las decisiones de los consumidores al elegir el nivel de agua que demandarán.

Las tarifas de agua deben cubrir tanto los costos de servicio como los verdaderos costos del agua, es decir, considerar el costo que tiene utilizar un recurso escaso que en muchos casos se obtiene de fuentes sobreexplotadas y se requiere administrar el agua desde una perspectiva sustentable. La tarifa también debe hacer que el bien sea utilizado de forma eficiente y generar incentivos en el mercado para que se siga invirtiendo en su provisión. Al tratarse de un bien básico no se puede ignorar la equidad, todos deben poder adquirir una cantidad de agua que asegure la satisfacción de las necesidades básicas y el pago que las familias realicen por el agua no puede ser muy alto en relación al presupuesto familiar. Además es necesario que la tarifa contribuya o por lo menos no obstaculice la buena administración del recurso (Dalhuisen, Nijkamp, 2001).



Las tarifas de agua pueden ser constantes (el mismo precio para todos los niveles de consumo), bloques crecientes (el mismo precio dentro de un bloque de consumo pero se incrementa al pasar a un bloque de consumo mayor) ó bloques decrecientes (el precio disminuye al incrementarse el bloque de consumo en que se encuentra el consumidor), muchas veces las tarifas se aplican junto con un cargo fijo independiente del consumo.

**Figura 3**

**Estructura creciente de Precios por Bloque Tri-Segmentada**

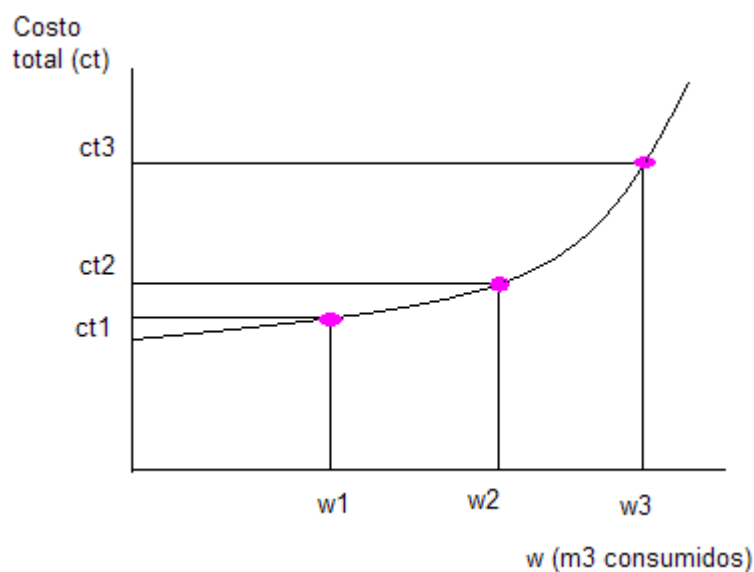
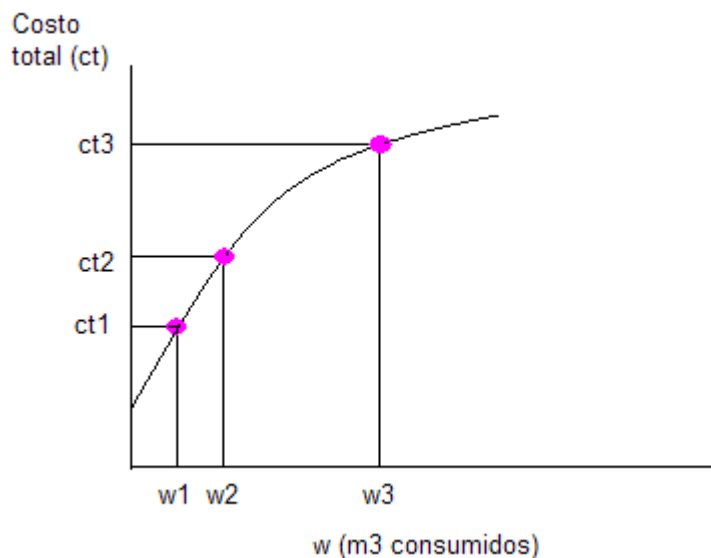


Figura 4

## Estructura decreciente de Precios por Bloque Tri-Segmentada



En las estimaciones de demandas cuando se enfrentan bloques de tarifas crecientes o decrecientes es importante considerar que el precio determina el consumo, pero éste a su vez determina el precio. Las restricciones presupuestarias en estos casos son un conjunto de segmentos lineales convexos o no-convexos cuyo gradiente es mayor en el caso de bloques crecientes o menor en el caso de bloques decrecientes, según nos movamos de izquierda a derecha (Jaramillo, 2004).

La tarifa de bloques crecientes es la más usada para tratar de disminuir la demanda. En este tipo de tarifa no todos los consumidores enfrentan los mismos precios marginales y precios promedios por lo tanto reaccionan diferente ante cambios en los precios, además de que cambios en el precio en un bloque específico no afectan a los consumidores que se encuentran en otro

bloque (Dalhuisen et al, 2001). Entre los estudios realizados sobre demanda de agua una de las principales diferencias es el tratamiento que se le da a las tarifas, principalmente cuando se trata de bloques crecientes, algunos autores afirman que los consumidores reaccionan ante precios marginales y otros aseguran que no hay diferencia en los resultados cuando se consideran precios promedios que cuando se usan precios marginales.

### **3.4 Variables explicativas de la demanda de agua de uso doméstico**

En los estudios de demanda de agua de uso doméstico generalmente se utiliza el consumo como variable dependiente. En algunos casos se utiliza el consumo por hogar y en otras se agrupa por regiones y por bloques de tarifas. También el consumo puede diferir por el periodo que comprende pues en algunos casos es diario, mensual o incluso de varios meses.

Entre las variables explicativas más frecuentemente utilizadas están el precio, ingreso y algunas otras variables socioeconómicas, además de variables climáticas.

La especificación del precio se vuelve compleja al tratarse de bloques pues ya sean crecientes o decrecientes el precio influye sobre el consumo pero el consumo a su vez determina el precio (Martínez-Espiñeira, 2002)

Una forma de utilizar el precio es con la variable de diferencia propuesta por Nordin, donde ésta variable es el cobro total menos la cantidad que se hubiera

cobrado si todas las unidades se hubieran adquirido al precio marginal. Ésta definición del precio la usan también Niewasdomy y Molina (1989), Martínez-Espiñeira (2003) y Graeme Dandy et al. (1997).

Los resultados de Martínez-Espiñeira (2003) muestran que no hay gran diferencia cuando se usa la especificación de precio que se usó Nordin que cuando se usa una especificación más convencional y simple.

Graeme Dandy, et al. (1997) usan una tarifa compuesta por un cobro fijo hasta cierto consumo más una tarifa por unidad constante para todas las unidades de consumo adicionales.

Estos autores afirman que los consumidores responden a precios marginales y que éstos son cero cuando el consumo se encuentra por debajo de una cantidad comprendida en el pago fijo. A su vez, es igual al precio unitario para la primer unidad consumida por arriba del consumo comprendido en la cuota fija, aumentando o disminuyendo si se trata de tarifas crecientes o decrecientes, es decir, el precio marginal será mayor que el precio promedio cuando se trata de tarifas crecientes.

Roberto Martínez-Espiñeira (2002) también usa tarifas que incluyen una cuota fija por un nivel de consumo específico y bloques de tarifas crecientes cuando se excede ese nivel, usa un precio promedio ponderado.

Martínez-Espiñeira (2002,A) usa el mismo sistema de tarifas en otro estudio donde además el sistema municipal cobra un cargo extra para recuperarse de los costos incurridos durante una grave sequía. Las tarifas incluyen cobro por agua y drenaje. Usa el precio marginal. Encuentra que la elasticidad precio resulta mayor en el largo que en el corto plazo.

En un estudio que modela la demanda de agua de uso residencial en México, Jaramillo-Mosqueira (2004) utiliza precios marginales (junto con un ingreso virtual) en su estimación y obtiene una elasticidad pequeña pero significativa.

Nieswiadomy y Molina (1991) ponen especial atención a como los consumidores perciben los precios cuando enfrentan tarifas por bloques, tratan de identificar si los consumidores reaccionan a precios marginales o a precios promedio. Su objetivo principal es identificar si la percepción de los precios es diferente si se trata de bloques de tarifas crecientes o decrecientes. Mencionan que puede ser difícil para los consumidores saber cuando pasan de un bloque de consumo a otro y que el precio percibido puede estar entre el precio marginal y el precio promedio.

Cuando el consumidor subestima el verdadero precio marginal usando un precio promedio, como puede suceder cuando hay un cobro mínimo pequeño en el caso de bloques de tarifas crecientes, el consumidor consume demasiada agua. Cuando hay cobros mínimos relativamente altos, el consumidor puede sobreestimar el precio marginal aun cuando haya bloques de tarifas crecientes.

Por otra parte, cuando el consumidor sobreestima el precio marginal usando un precio promedio, lo que puede ocurrir con un cobro mínimo muy alto en bloques crecientes, el consumidor usará muy poca agua. Cuando el organismo administrador hace que los consumidores entiendan la estructura de las tarifas crecientes, los consumidores pueden aumentar o disminuir su consumo dependiendo del cobro mínimo.

En este estudio la variable sobre la percepción del precio es una función del precio marginal, el precio promedio y un parámetro de percepción del precio, k:

$$P^* = MP (AP/MP)^k$$

Nieswiadomy y Molina (1991) encontraron que en tarifas de bloques decrecientes, los consumidores reaccionan a precios promedio y en bloques crecientes responden a precios marginales. Pero hay que señalar que el cobro mínimo es relativamente alto en el periodo de bloques crecientes, lo que implica que el precio promedio es mayor que el precio marginal.

Michael Nieswiadomy y Steven L. Cobb (1993) comparan la respuesta de los consumidores ante precios promedio y precios marginales. Encuentran que los consumidores responden más a precios promedios que a precios marginales sin importar si se trata de bloques de tarifas crecientes o decrecientes.

Mohamed Ayadi, et. al. (2002) afirman que el consumo de agua, como el consumo de cualquier bien va a responder a variaciones en los precios, pero en el caso del agua, hay una parte del consumo que es inelástica como el agua que se usa para beber y realizar actividades relacionadas con la higiene, pero hay otra parte del consumo como el uso de agua en las albercas o para regar los jardines que si va a variar frente al ingreso y los precios.

Éstos autores dicen que el precio promedio es una ponderación de los precios marginales en los diferentes bloques. Para su estimación usaron precios marginales además de precios promedios, pero fue con los últimos con los que obtuvieron mejores resultados.

Encontraron que la demanda responde a cambios en los precios en los bloques de consumo altos y en regiones con gran actividad económica y que la

elasticidad es muy pequeña en los bloques de bajo consumo en donde un incremento en los precios podría “castigar” a los consumidores. También afirman que en las políticas sobre las tarifas se deben considerar los distintos efectos de los precios según la temporada y las lluvias.

Otra variable muy importante es el ingreso así como las variables socioeconómicas que se pueden incluir como tamaño de la casa y terreno, edades de los miembros del hogar, servicios con los que cuentan, entre otros. La información sobre éstas variables principalmente el ingreso no es muy fácil de obtener por eso se han buscado variables que puedan usarse como una aproximación a éste.

Michael Nieswiadomy y David J. Molina (1989) usaron el tamaño de la casa, terreno y valor de la casa de los hogares pertenecientes a la muestra como variables que reflejaran el ingreso. A partir del valor de la casa obtuvieron una variable Proxy para el ingreso que variaba mensualmente y se ajustó con los salarios promedio de los trabajadores de empresas manufactureras del área en que se encuentra la ciudad de Denton para la que se realizó la estimación.

Los mismos autores, Michael Nieswiadomy y David J. Molina (1991) incluyeron variables explicativas como tamaño del terreno, ingreso y terreno irrigable del hogar  $i$ -ésimo.

Michael Nieswiadomy y Steven L. Cobb (1993) contaban con el ingreso per capita mensual, valor promedio de la casa, existencia de programas de educación para la conservación del agua y porcentaje de casas ocupadas por los dueños. Encontraron que el número de personas en el hogar, tasa de ocupación del dueño y programas de educación pública no son significativos.

Roberto Martínez-Espiñeira (2002) encontró que el tener albercas y áreas que regar no resultó tan importante como en otras áreas más cálidas y ricas.

Martínez-Espiñeira (2002) hace una contribución a la metodología incluyendo la estimación de un ingreso virtual que es la diferencia entre los salarios promedios ( $W_t$ ) y el intercepto de la función estimada para obtener los precios ( $D_t$ ) (en este caso se tienen que estimar los precios porque al tratarse de precio en bloques existe un problema de correlación entre la variable precio y el error estocástico). Encuentra que cambios en el ingreso afectan el uso de agua sólo en el largo plazo.

El mismo autor, en un estudio posterior (Martínez-Espiñeira (2003)) utiliza el ingreso virtual, para determinar el bloque de consumo en que se encuentran los usuarios y luego utiliza el ingreso promedio en la comunidad además de otras variables sociodemográficas como las edades. Concluye que la presencia de jóvenes e ingresos promedio altos incrementan la proporción de usuarios en los bloques de alto consumo, mientras personas retiradas están asociadas con menores niveles de consumo.

Jaramillo-Mosqueira (2004) en el caso de México utiliza también el ingreso virtual, obteniendo uno para cada uno de los 8 bloques de consumo que maneja en su estudio, dado que muchos de sus datos los obtuvo de una encuesta realizada expresamente para este trabajo, incluye muchas variables socioeconómicas, entre los resultados más interesantes está que por cada baño adicional la demanda se incrementa entre 18 y 26 por ciento, si la casa tiene jardín el consumo diario se eleva entre 21 y 25 por ciento, también se ve un



incremento al incrementarse el número de integrantes de la familia, el área de la casa y la antigüedad de la misma.

Graeme Dandy, et. al. (1997) incluyen el valor de la propiedad, número de cuartos en la casa, tamaño del terreno y si se contaba con alberca o no, número de habitantes en cada casa y tiempo viviendo en la misma. El valor de la propiedad se usó como una Proxy del ingreso ya que obtener datos sobre el ingreso de los hogares es muy difícil.

El ingreso, aunque resultó significativo tiene un efecto pequeño en el consumo (al aumentar el ingreso aumenta la demanda), el valor y tamaño de la casa también resultaron significativos

Fernando Arbués, et. al. (2003) debido a la dificultad de obtener información sobre el ingreso tomaron el valor fiscal de la casa como un indicador del ingreso, entre las variables socioeconómicas consideraron el número de personas en el hogar de acuerdo al censo municipal y una variable dummy para indicar si se contaba con agua caliente.

Concluyeron que incrementos en el ingreso se reflejan en incrementos en el consumo de agua y que éste crece menos que proporcionalmente con el número de miembros del hogar.

Para el estudio del agua también es importante considerar algunas variables ambientales, generalmente se utilizan la lluvia, las temperaturas y la evapotranspiración.

Michael Nieswiadomy y David J. Molina (1989) incluyeron una variable para el clima que obtuvieron restando la precipitación de la evaporación potencial de un tipo de planta.

Michael Nieswiadomy y Steven L. Cobb (1993) encontraron que la temperatura promedio tiene un impacto positivo en la demanda pero que la lluvia promedio no es significativa.

Mohamed Ayadi, et. al. (2002) incluyeron la variable lluvia y afirman que los efectos de los precios pueden ser diferentes según la temporada y las lluvias.

Roberto Martínez-Espiñeira (2002) encuentra que la elasticidad de la demanda no es perfectamente inelástica y que es mayor en los meses de verano que en el resto del año y que las variables climáticas son significativas, pero el tener albercas y áreas que regar no resultó tan importante como en otras áreas más cálidas.

Martínez-Espiñeira (2002) considera la precipitación como Mm/mes, el promedio de las temperaturas diarias máximas en el mes.°C, y una variable binaria con valor 1 para los meses de mayo, junio, julio y agosto.

En un tercer estudio Martínez-Espiñeira (2003) concluye que la presencia de altas temperaturas incrementan la proporción de usuarios en los bloques de alto consumo.

Graeme Dandy, et. al. (1997) tenían información mensual sobre clima (lluvia, temperaturas máximas y evaporación) que convirtieron en información de cuatro estaciones, también calcularon el déficit de humedad para los meses de verano. Encontraron una elasticidad mayor para los meses de verano que para los meses de invierno.

Para el caso de México, Jaramillo-Mosqueira (2004) incluyó información sobre temperatura máxima y una variable dummy para la temporada de lluvia,

encontró que durante la época de verano los consumidores demandan entre 14 y 23 por ciento más agua en promedio que en los meses de invierno.

### **3.5 Pruebas de Hausman**

En el caso de tarifas por bloques, ya sean crecientes o decrecientes, el precio influye en la determinación de la cantidad demandada pero la cantidad demandada a su vez determina el precio, en éste caso hay un problema de correlación de una de las variables explicativas con el error (Jaramillo-Mosqueira, 2004).

Si se presenta ésta correlación, los estimadores de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) son sesgados e inconsistentes, una forma de resolverlo es usar Variables Instrumentales (IV), pues en presencia de simultaneidad que surge cuando algunos de los regresores son endógenos los métodos de mínimos cuadrados en dos etapas y de variables instrumentales producen estimadores consistentes y eficientes (Jaramillo-Mosqueira, 2004).

El método de variables instrumentales sustituye la variable que presenta correlación con el error (variable endógena) por una variable que no esté correlacionada con éste pero si con la variable que se quiere sustituir.

Una forma de obtener una variable instrumental es a través de Mínimos Cuadrados en dos Etapas (MC2E) que implica dos aplicaciones sucesivas de MCO. En la etapa uno, se realiza una regresión de las variables endógenas

sobre todas las variables predeterminadas; en la etapa dos, se reemplazan las variables endógenas en las ecuaciones originales por sus valores estimados y luego se realiza una vez más una regresión de MCO.

Se debe tener cuidado al determinar si una variable se considerará como endógena o exógena, pues si se realiza la estimación con variables instrumentales y las variables en realidad son exógenas los estimadores serán menos eficientes que con MCO (Wooldridge, 2001).

Existen diferentes formas de verificar que efectivamente se este dando ésta correlación, Hausman citado por Wooldridge (2001) propone comparar las estimaciones de MCO y MC2E y determinar si las diferencias son significativas estadísticamente, si lo son la variable se debe considerar como endógena.

También se puede usar la prueba de exogeneidad de Hausman, que se basa en la estimación reducida de la variable que se sospecha puede ser endógena, es decir, se obtiene una estimación para la variable que puede ser endógena (en este caso precio) tomando todas las variables explicativas así como los instrumentos, luego se estima la ecuación original incluyendo los residuales de la primera estimación como un regresor más; si éstos residuales resultan significativamente diferentes de cero, los estimadores de MCO no serán consistentes.

Si los residuales no son significativamente diferentes de cero, no será necesario utilizar variables instrumentales, además los estimadores de MC2E serán menos eficientes.

### 3.6 Datos de panel

Un conjunto de datos de panel consta de una serie temporal para cada miembro del corte transversal en el conjunto de datos, se le da seguimiento a las mismas unidades a través del tiempo, es decir, son una combinación de series de tiempo y datos de sección cruzada. Existen datos de panel balanceados cuando se tiene información de todas las variables para todas las observaciones y todas las unidades de tiempo.

El análisis de datos de panel se ha realizado cada vez más en economía pues permite mayor flexibilidad cuando se quieren modelar diferencias entre las unidades de observación.

En el caso de estudios de demanda con panel de datos para hogares, generalmente se asume que todos los hogares enfrentan los mismos precios y las diferencias en el comportamiento son producto del gasto total, ingreso y características de los hogares. (Deaton, 1992)

Hay varias opciones para hacer el análisis, primero se debe determinar si se tiene un intercepto común ó diferente para cada individuo. Si se tiene un intercepto común, se realiza una regresión de “pool” en donde el término de efectos individuales sólo contiene un término constante y en donde MCO genera estimadores consistentes y eficientes, esta especificación es útil cuando no se espera que haya diferencias importantes entre las unidades de observación, por ejemplo cuando se hace un análisis para una misma región.

Por otro lado, si se tiene un efecto individual ó de heterogeneidad que contiene una constante y un conjunto de variables específicas por individuo ó grupo que se consideran constantes en el tiempo se utiliza un intercepto diferente para cada individuo en cuyo caso habrá de determinarse si se tendrán efectos fijos ó aleatorios.

Con efectos fijos se permite a los efectos individuales inobservables estar correlacionados con las variables incluidas y se tiene un término que no varía en el tiempo, esta formulación asume que las diferencias entre las unidades se pueden capturar en diferencias en el término constante, es decir, se modelan las diferencias entre unidades como cambios paramétricos de la función de regresión. (los interceptos difieren entre las diferentes unidades de observación) (Greene, 2003).

Con efectos aleatorios, este enfoque asume que hay un elemento aleatorio específico por grupo, esto es apropiado cuando los efectos individuales están estrictamente no correlacionados con los regresores, los efectos individuales pueden interpretarse como componentes del término de error que varían aleatoriamente entre las unidades de observación (Greene, 2003).

### **3.7 Mínimos Cuadrados Generalizados**

Mínimos Cuadrados Ordinarios asigna el mismo peso o importancia a cada observación, pero no siempre se quiere que esto sea así pues hay ocasiones

en es mejor dar más peso a las poblaciones con menor variabilidad y menos peso a aquellas con mayor variabilidad para estimar la función de regresión en forma más precisa. Una forma de hacer esto es con Mínimos Cuadrados Generalizados.

Mínimos Cuadrados Generalizados aplica Mínimos Cuadrados Ordinarios a las variables transformadas, la transformación de las variables se realiza, dado que se conocen las varianzas  $\sigma_i^2$ , dividiendo ambos lados de la ecuación entre  $\sigma_i$ . (Gujarati, 2000)

El estimador de MCG se basa en una matriz de covarianza  $\Omega$  conocida y es:

$$\hat{\beta} = (X' \Omega^{-1} X)^{-1} X' \Omega^{-1} y = \left( \sum_{i=1}^n X_i' \Omega^{-1} X_i \right)^{-1} \left( \sum_{i=1}^n X_i' \Omega^{-1} y_i \right)$$

La matriz  $\Omega$  puede escribirse como:

$$\Omega = \Sigma X I$$

Donde  $\Sigma$  es la matriz  $n \times n$  [ $\sigma_{ij}$ ] entonces,

$$\Omega^{-1} = \Sigma^{-1} X I = \begin{pmatrix} \sigma^{11} & \sigma^{12} & \dots & \sigma^{1n} \\ \sigma^{21} & \sigma^{22} & \dots & \sigma^{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma^{n1} & \sigma^{n2} & \dots & \sigma^{nn} \end{pmatrix}$$

Donde  $\sigma^{ij}$  representa el elemento  $ij$  de  $\Sigma^{-1}$ . Esto nos da una forma específica del estimador.

$$\hat{\beta} = \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma^{ij} X_i' X_j \right]^{-1} \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma^{ij} X_i' y_j \right]$$

El estimador de MCG, al igual que el de MCO, es una matriz promedio ponderado de los estimadores intra e inter-unidades. La ineficiencia de MCO viene de una ponderación ineficiente de los dos estimadores. En comparación con MCG, MCO da mucho peso a la variación inter-unidades, en lugar de dar también algún peso a la variación aleatoria a través de los grupos atribuible a la variación en el término estocástico a través de las unidades (Greene, 2003).

MCG pondera cada residuo cuadrado por medio de la inversa de la varianza condicional del término estocástico, dadas las variables explicativas (Wooldridge, 2001). Las observaciones pueden ponderarse de diferente manera, ya sea con ponderación de sección cruzada ó ponderación tipo SUR (Seemingly unrelated regressions).

La ponderación de sección cruzada es apropiada cuando los residuales son heterocedásticos de sección cruzada y no correlacionados en el tiempo.

La ponderación tipo SUR se recomienda cuando los residuales son heterocedásticos de sección cruzada y correlacionados en el tiempo.



## **CAPÍTULO IV**

### **DATOS Y MODELO**

#### **4.1 Datos**

En este estudio, como variable dependiente se utilizó el consumo mensual promedio por colonia. La información sobre consumo para la ciudad de Torreón fue proporcionada por el Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento. El sistema municipal proporcionó información de una muestra aleatoria de 15 hogares por colonia de los que luego se obtuvo un consumo promedio por colonia. Se eliminaron las colonias nuevas en donde SIMAS todavía no da servicio o lo hace para muy pocas casas y aquellas que no están registradas en catastro por tratarse de invasiones. Se obtuvo información de 247 colonias de enero 2002 a diciembre 2004, lo que resultó en 8892 observaciones en total.

Como variables explicativas se utilizaron el precio, el ingreso y otras variables socioeconómicas y climáticas :

1. Precio. Se consideró el precio nominal que se obtiene después de ubicar los consumos promedio por colonia en el bloque que les corresponde. Los datos

sobre precios también fueron proporcionados por el Sistema Municipal de Aguas y Saneamiento. Es importante mencionar que para el caso de Torreón los precios no varían por estaciones ni por áreas geográficas como en otras regiones, pero si aumentan cada mes, aunque no de igual forma en los diferentes bloques de consumo.

2. Ingreso. Es muy difícil obtener la información sobre el ingreso por hogar, en este estudio se utilizó el valor catastral promedio por colonia como Proxy del ingreso, esta información se obtuvo de la Dirección de Informática del Municipio de Torreón. Estos valores varían anualmente.

3. Otras variables socioeconómicas. Se consideraron los m<sup>2</sup> de terreno de los hogares promedio por colonia. Esta variable no tiene variación en el tiempo, también se obtuvo de la Dirección de Informática del Municipio de Torreón.

4. Variables climáticas. Las variables climáticas a considerar son las temperaturas máximas promedio mensuales, precipitación total mensual y evaporación total mensual. En muchos estudios se utilizan la precipitación promedio y la evaporación promedio, pero al tener datos de un periodo relativamente corto, hablando de variables climáticas, el utilizar datos promedio podría darnos una idea equivocada de las características climáticas reales de la región, según la Comisión Nacional del Agua, no se deberían usar datos promedio si se tiene información de menos de 30 años.

La información sobre temperaturas máximas promedio, precipitación y evaporación fue proporcionada por la Comisión Nacional del Agua, información que se genera en el observatorio meteorológico ubicado en Prolongación Cipreses s/n casi esquina con Paseo de la Rosita en la colonia Torreón Jardín,

latitud norte 25°34'11" y longitud oeste 103°24'57" a una elevación de 1123 metros sobre el nivel medio del mar.

Los datos se organizaron en un panel con 247 colonias de enero 2002 a diciembre 2004, se tienen 8892 observaciones.

Para realizar la estadística descriptiva se agruparon las colonias por niveles de ingreso, en este caso por el valor catastral promedio según la clasificación que realiza la Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda (CANADEVI) que se presenta a continuación.

**Tabla 3**  
**Clasificación CANADEVI**

Económica	Menos de \$160,999
Tradicional	De \$161,000 a \$412,999
Media	De \$413,000 a \$852,999
Residencial	De \$853,000 en adelante

En la tabla 4 se presenta la estadística descriptiva de las variables utilizadas, también se presenta la correspondiente al logaritmo del consumo promedio, precio y valor catastral, pues la utilización de una transformación monótona produce una distribución mucho más normal de éstas variables.

**Tabla 4**  
**Estadística Descriptiva de las Variables en el Modelo por niveles de**  
**ingreso**

Variable	Descripción	U.	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Var.	Kurtosis	Jarque-Bera
<b>Económica</b>									
W	Consumo promedio/col.	m3	16.6	30.28	0	915	13.38	295.57	11912133
LN(W)	Logaritmo natural del consumo promedio/col.	m3	2.52	0.6	-0.47	6.81	1.14	12.98	14335.21
PNOM	Precio nominal (una vez que se ubica el cons. Promedio)	\$ / m3	21.21	18.21	4.24	46.7	0.23	1.1	529.89
LN(PNOM)	Logaritmo natural de PNOM	\$ / m3	2.53	1.06	1.44	3.84	0.19	1.07	533.5
VCNOM	Valor catastral promedio/col.	\$	110055.2	36936.54	14121.96	160175.5	-1.31	4.01	1102.44
LN(VCNOM)	Logaritmo natural del valor catastral	\$	11.49	0.58	9.55	11.98	-2.23	6.89	4848.84
SUP	superficie de los terrenos promedio por colonia	m2	172.68	68.42	60.89	435.69	1.23	4.26	1066.09
TEMP	Temperatura máxima promedio mensual	°C	30.6	5.11	20.6	38.2	-0.33	1.82	253.49
PREC	Precipitación total mensual	Mm	24.25	22.81	0	108.5	1.75	6.76	3155.02
EVAP	Evaporación total mensual	Mm	195.44	72.45	86.51	330.3	0.01	1.6	268.28
<b>Tradicional</b>									
W	Consumo promedio/col.	m3	25.67	41.38	0	1388.66	16.45	458.13	33108224
LN(W)	Logaritmo natural del consumo promedio/col.	m3	2.92	0.67	0	7.23	1.36	5.64	2283.76
PNOM	Precio nominal (una vez que se ubica el cons. Promedio)	\$ / m3	11.97	14.2	4.24	46.7	1.61	3.67	1726.36
LN(PNOM)	Logaritmo natural de PNOM	\$ / m3	2.02	0.83	1.44	3.84	1.46	3.32	1378.98
VCNOM	Valor catastral promedio/col.	\$	233514	64883.3	147617.8	411464.7	0.73	2.45	393.2
LN(VCNOM)	Logaritmo natural del valor catastral	\$	12.32	0.26	11.9	12.92	0.4	1.96	275.42

SUP	superficie de los terrenos promedio por colonia	m2	286.01	629.28	108.39	5871.14	7.54	62.81	604989.7
TEMP	Temperatura máxima promedio mensual	°C	30.6	5.11	20.6	38.2	-0.33	1.82	292.06
PREC	Precipitación total mensual	Mm	24.25	22.81	0	108.5	1.75	6.76	3635.13
EVAP	Evaporación total mensual	Mm	195.44	72.45	86.51	330.3	0.01	1.6	309.11

Variable	Descripción	U.	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Var.	Kurtosis	Jarque-Bera
Media									
W	Consumo promedio/col.	m3	38.98	57.01	6.2	1151.66	10.01	173.14	1056620
LN(W)	Logaritmo natural del consumo promedio/col.	m3	3.31	0.71	1.82	7.04	1.16	4.73	303.24
PNOM	Precio nominal (una vez que se ubica el cons. Promedio)	\$/m3	7.36	8.03	4.24	46.7	3.93	17.2	9502.79
LN(PNOM)	Logaritmo natural de PNOM	\$/m3	1.78	0.49	1.44	3.84	2.97	11.7	4004.96
VCNOM	Valor catastral promedio/col.	\$	588304.3	119344.2	390138.2	834519.7	0.07	1.74	57.56
LN(VCNOM)	Logaritmo natural del valor catastral	\$	13.26	0.2	12.87	13.63	-0.14	1.71	62.02
SUP	superficie de los terrenos promedio por colonia	m2	833.52	2250.42	217.52	11608.17	4.57	21.94	15933.89
TEMP	Temperatura máxima promedio mensual	°C	30.6	5.11	20.6	38.2	-0.33	1.82	66.12
PREC	Precipitación total mensual	Mm	24.25	22.81	0	108.5	1.75	6.76	823.04
EVAP	Evaporación total mensual	mm	195.44	72.45	86.51	330.3	0.01	1.6	69.98
Variable	Descripción	U.	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Var.	Kurtosis	Jarque-Bera
Residencial									
W	Consumo promedio/colonia	m3	36.82	29.05	7.69	165.16	1.68	5.48	657.32
LN(W)	Logaritmo natural del consumo promedio/colonia	m3	3.35	0.67	2.04	5.1	0.5	2.36	53.41
PNOM	Precio nominal (una vez que se ubica el cons. Promedio)	\$/m3	6.67	6.12	4.24	46.7	5.03	28.13	27493.7
LN(PNOM)	Logaritmo natural de PNOM	\$/m3	1.75	0.4	1.44	3.84	3.32	15.49	7514.35
VCNOM	Valor catastral promedio/colonia	\$	1265273	439784.6	816782.3	2869225	1.57	5.79	665.07

LN(VCNOM)	Logaritmo natural del valor catastral	\$	14	0.3	13.61	14.86	0.79	3.01	93.67
SUP	superficie de los terrenos promedio por colonia	m2	1013.46	766.76	250.41	3211.56	1.53	4.37	425.21
TEMP	Temperatura máxima promedio mensual	°C	30.6	5.11	20.6	38.2	-0.33	1.82	68.88
PREC	Precipitación total mensual	mm	24.25	22.81	0	108.5	1.75	6.76	857.34
EVAP	Evaporación total mensual	mm	195.44	72.45	86.51	330.3	0.01	1.6	72.9

En la tabla 5 se presenta la estadística descriptiva de las variables del modelo sin hacer distinción por niveles de ingreso.

**Tabla 5**

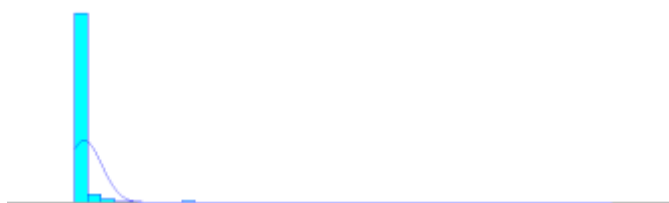
**Estadística descriptiva de las variables en el modelo.**

Variable	Descripción	U.	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	Var.	Kurtosis	Jarque-Bera
W	Consumo promedio/colonia	m3	24.72	39.2	0	1388.66	13.83	362.13	48069870
LN(W)	Logaritmo natural del consumo promedio/colonia	m3	2.85	0.71	-0.47	7.23	1.02	5.96	4797.82
PNOM	Precio nominal (una vez que se ubica el cons. Promedio)	\$ / m3	14.43	15.83	4.24	46.7	1.13	2.35	2072.76
LN(PNOM)	Logaritmo natural de PNOM	\$ / m3	2.16	0.92	1.44	3.84	1.03	2.17	1825.18
VCNOM	Valor catastral promedio/colonia	\$	326431.9	374548.4	14121.96	2869225	2.86	13.05	49613.75
LN(VCNOM)	Logaritmo natural del valor catastral	\$	12.27	0.89	9.55	14.86	0.05	4.15	501.55
SUP	superficie de los terrenos promedio por colonia	m2	370.62	896.1	60.89	11608.17	9.33	107.06	4141473
TEMP	Temperatura máxima promedio mensual	°C	30.6	5.11	20.6	38.2	-0.33	1.82	680.56
PREC	Precipitación total mensual	mm	24.25	22.81	0	108.5	1.75	6.76	8470.54
EVAP	Evaporación total mensual	mm	195.44	72.45	86.51	330.3	0.01	1.6	720.28

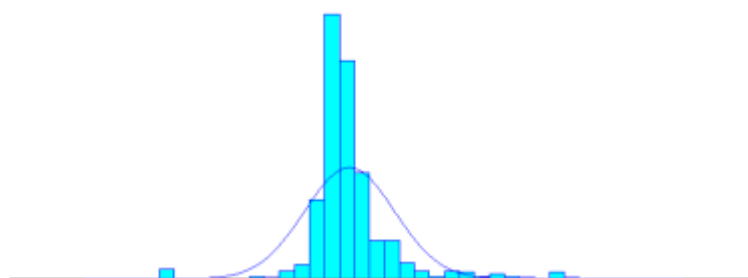
En las siguientes figuras se presenta la distribución del consumo promedio por colonia y del logaritmo del consumo promedio por colonia, por grupos de ingresos, según la clasificación de CANADEVI.

**Figura 5**

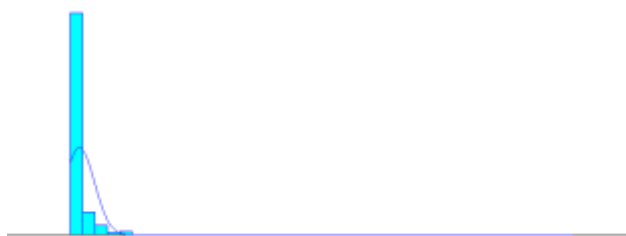
**Distribución del consumo promedio de agua por colonia.Económica**



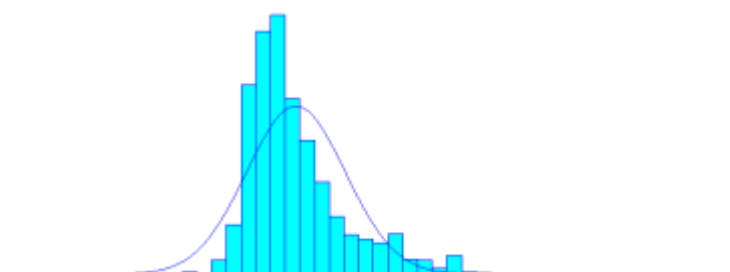
Distribución de consumo



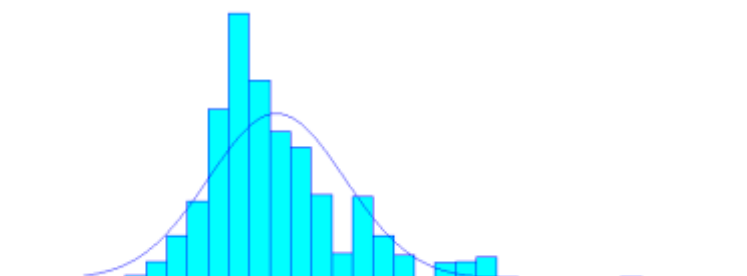
Distribución de  $\ln(\text{consumo})$

**Figura 6****Distribución del consumo promedio de agua por colonia. Tradicional**

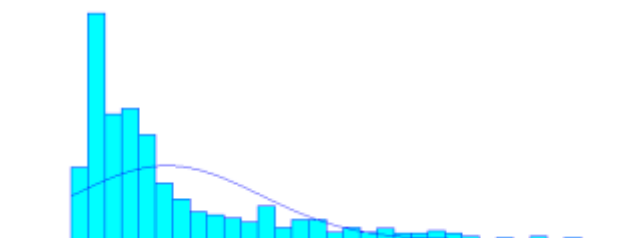
Distribución de consumo

Distribución de  $\ln(\text{consumo})$ **Figura 7****Distribución del consumo promedio por colonia. Media**

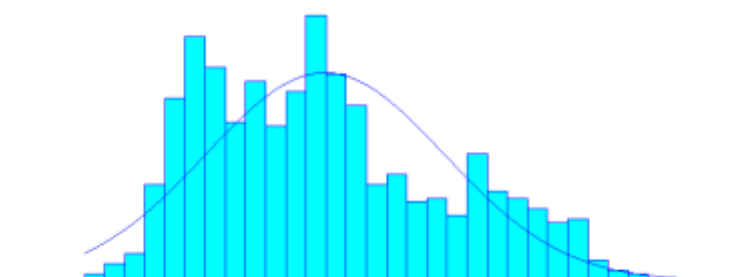
Distribución de consumo

Distribución de  $\ln(\text{consumo})$

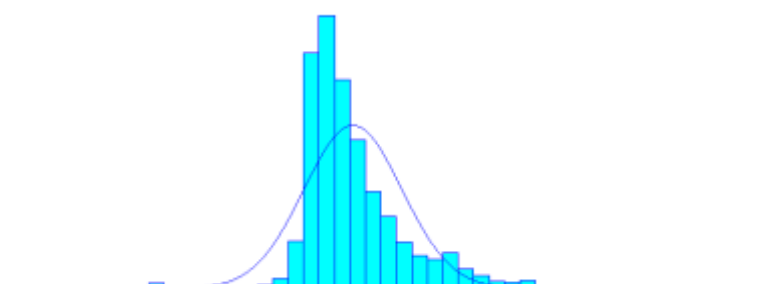


**Figura 8****Distribución del consumo promedio por colonia. Residencial**

Distribución de consumo

Distribución de  $\ln(\text{consumo})$ **Figura 9****Distribución del consumo promedio por colonia. Todas las colonias.**

Distribución de consumo

Distribución de  $\ln(\text{consumo})$

Como se observa en las figuras, efectivamente se tiene una distribución más cercana a la normal al considerar el logaritmo del consumo promedio por colonia que al considerarlo sin ser transformado monotónicamente.

Como se mencionó, en el caso de tarifas en bloques ya sean crecientes o decrecientes, se podría esperar que hubiera correlación entre la variable precio y el término estocástico, pero se debe definir si en realidad existe esta correlación o no, pues cuando no se da y se aplica algún método para corregirlo como variables instrumentales con MC2E, este estimador es menos eficiente que el de MCO ó MCG.

Para verificar si la variable precio es endógena, se realizaron pruebas de Hausman por colonia, primero al azar y luego tomando quince colonias de cada grupo de ingreso, para corroborar que no haya patrones diferentes según el ingreso. No se encontró un patrón de correlación en ninguno de los casos.

## 4.2 Modelo

La aplicación de logaritmos al consumo promedio por colonia genera una distribución más cercana a la normal. En este sentido, la especificación más conveniente es la bi-logarítmica.<sup>1</sup>

$$\ln w_i = \alpha \ln p_i + \beta \ln Y_i + v X + \varepsilon$$

---

<sup>1</sup> Es la misma especificación que usa Jaramillo-Mosqueira en su estudio para México.

Donde:

$p$  = precio nominal una vez que se ubica el consumo promedio

$Y$  = ingreso (en este caso, valor catastral promedio)

$X$  = Matriz que contiene otras características socioeconómicas y climáticas

$\varepsilon$  = término estocástico

La ecuación anterior es una transformación de la forma básica:

$$w = A p^\alpha Y^\beta$$

Donde:

$$A = \exp^{\nu X} \exp^\varepsilon$$

Se espera, a priori, una relación negativa entre el precio y la cantidad demandada y entre la precipitación y la cantidad demandada, así como una relación positiva entre el ingreso y la cantidad demandada, la superficie y la cantidad demandada, la temperatura y la evaporación con la cantidad demandada.

Como método de estimación se utilizó Mínimos Cuadrados Generalizados con ponderación de sección cruzada, con un intercepto común, pues al ser un análisis para una sola ciudad no se espera que haya diferencias importantes entre las observaciones.

## CAPITULO V

### RESULTADOS

#### 5.1 Resultados

En la tabla 6 se presentan los estimadores de los coeficientes del modelo de demanda con sus respectivos errores estándar y valores de t.

**Tabla 6**

**Estimadores de los coeficientes del modelo de demanda**

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t
C	0.155346	0.033843	4.59
LN(PNOM)	-0.193346	0.001305	-148.14
LN(VCNOM)	0.230953	0.002304	100.23
SUP	-2.49E-05	9.16E-07	-27.23
TEMP	0.008227	0.000853	9.64
PREC	-0.000138	7.42E-05	-1.86
EVAP	-0.000271	6.02E-05	-4.50

Los coeficientes de las variables logaritmo natural de precio y logaritmo natural de ingreso tienen altos niveles de significancia estadística, ambos tienen los signos esperados aunque son pequeños. La elasticidad precio es de -0.19, se encuentran en el rango de lo encontrado en otros estudios de este tipo. Este valor indica que ante un incremento de 1% en el precio del agua el consumo disminuirá en 0.19%. Este valor relativamente pequeño se puede explicar al tratarse de un bien básico. La elasticidad precio es inelástica dado que el agua es un bien básico e indispensable.

Este valor también nos indica que el sistema municipal de agua podría incrementar de manera importante sus ingresos al aumentar los precios sin tener una disminución importante en el consumo.

La elasticidad ingreso es de 0.23, lo que nos hace pensar que el ingreso sí influye en el consumo de agua, aunque el efecto no es tan grande, ante un incremento de 1% en el ingreso, el consumo de agua se incrementa en 0.23%. Una vez más, es importante recordar que el agua es un bien básico que aunque se ve afectado por cambios en el precio y el ingreso, estos efectos no son tan grandes. La elasticidad ingreso baja nos puede indicar que en los hogares se está consumiendo el agua que se necesita sin importar si los ingresos son muy altos ó muy bajos.

Los coeficientes de las variables relativas a características de las casas como superficie y las variables climáticas entran exponencialmente en la función de demanda por lo que no pueden explicarse directamente como efectos marginales, estos coeficientes tienen que transformarse a su forma

exponencial para interpretarse como cambios proporcionales del consumo ante incrementos unitarios en cada variable.

**Tabla 7**  
**Efectos de las Variables Seleccionadas en la Demanda de Agua**

Variable	
<b>SUP</b>	<b>0.9999751</b>
<b>TEMP</b>	<b>1.00826093</b>
<b>PREC</b>	<b>0.99986201</b>
<b>EVAP</b>	<b>0.99972904</b>

Todas las variables son significativas, excepto para precipitación lo que podría explicarse al tener en cuenta que el análisis se está realizando para un periodo de tiempo que sólo incluye tres años.

La superficie no tiene el signo esperado, la evaporación tampoco tiene el signo que se esperaba. Los resultados respecto a las variables climáticas no son muy confiables debido a que se contó con información sólo para un periodo corto de tiempo.

Los efectos pequeños de las variables climáticas podrían explicarse al tomar en cuenta que La Laguna es una región en donde no hay cambios muy drásticos en las condiciones climáticas a lo largo del año, que es una región en general caliente y con muy poca precipitación.

La  $R^2$  es de 0.969569 y la  $R^2$  ajustada de 0.969535. La matriz de correlación nos muestra que existe cierta correlación entre los residuos, mientras la matriz

de covarianza de coeficientes tiende a ser pequeña, lo que nos indica que hay poca covarianza entre los residuos. Tenemos un modelo consistente.

Con fines comparativos se realizó la estimación con un modelo lineal, pero con esta especificación se tiene una correlación de residuales alta así como una covarianza de residuales también alta.

También se intentó realizar la estimación estimando un precio promedio a partir del precio que se obtiene luego de ubicar los consumos promedios en los bloques correspondientes pero se obtiene una elasticidad precio positiva.

De la misma forma, se corrió otra regresión ahora con logaritmos naturales en todas las variables:

$$\ln w_i = \alpha \ln p_i + \beta \ln Y_i + \nu X + \varepsilon$$

Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 8**  
**Estimadores de los coeficientes del modelo de demanda**  
**(con ln en todas las variables)**

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t
C	-0.124013	0.049273	-2.51
LN(PNOM)	-0.195165	0.001345	-145.13
LN(VCNOM)	0.203908	0.002377	85.80
LN(SUP)	0.050363	0.004658	10.81
LN(TEMP)	0.211686	0.022425	9.43
LN(PREC)	0.000466	0.001524	0.30
LN(EVAP)	-0.036961	0.009282	-3.98

Una vez más todas las variables son significativas estadísticamente excepto por precipitación, la elasticidad precio no cambia mucho en comparación con la obtenida anteriormente, lo mismo sucede con la elasticidad ingreso.

El coeficiente de la variable superficie se incrementa notablemente en relación al que se tenía, sigue siendo significativo y ahora tiene el signo esperado. El coeficiente de temperatura también sigue siendo significativo y tiene el signo esperado aunque el efecto es mayor que en el caso anterior.

El coeficiente de precipitación sigue siendo no significativo mientras que el de evaporación si lo es y también tiene un efecto mayor que en el caso anterior aunque sigue sin tener el signo que se esperaba.

En este caso se tiene una  $R^2$  de 0.969626 y una  $R^2$  ajustada de 0.969589, iguales a las obtenidas con la primera estimación. Las matrices de correlación y covarianza de residuales son muy parecidas a las que se tuvieron en el primer caso lo que nos indica que tenemos un modelo consistente.

Con la misma división de CANADEVI que se utilizó para realizar las pruebas de Hausman y la estadística descriptiva se estimaron los coeficientes por grupo de ingreso.



Tabla 9

**Estimadores de los coeficientes del modelo de demanda, divididos por grupo de ingreso.**

<b>Económica</b>			
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t
C	2.990742	0.020208	148.00
LN(PNOM)	-0.171793	0.001149	-149.48
LN(VCNOM)	-0.017204	0.001375	-12.51
SUP	3.38E-05	1.15E-05	2.92
TEMP	0.004369	0.000628	6.95
PREC	-6.98E-05	5.41E-05	-1.29
EVAP	-0.00018	4.39E-05	-4.11
R <sup>2</sup>	0.983131.		
R <sup>2</sup> ajustada	0.983081		
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t
C	2.755886	0.034343	80.24
LN(PNOM)	-0.172121	0.001141	-150.85
LN(VCNOM)	-0.013173	0.00139	-9.47
LN(SUP)	0.003741	0.00285	1.31
LN(TEMP)	0.122174	0.016888	7.23
LN(PREC)	0.000623	0.001138	0.54
LN(EVAP)	-0.027681	0.006867	-4.03
R <sup>2</sup>	0.983259		
R <sup>2</sup> ajustada	0.983204		
<b>Tradicional</b>			
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t
C	3.194636	0.072012	44.36
LN(PNOM)	-0.301206	0.002706	-111.31
LN(VCNOM)	0.016147	0.005872	2.74
SUP	-2.35E-06	1.21E-06	-1.94
TEMP	0.00148	0.000755	1.95
PREC	4.84E-04	6.78E-05	7.14
EVAP	3.13E-05	5.17E-05	0.60
R <sup>2</sup>	0.992712.		
R <sup>2</sup> ajustada	0.992699.		
Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t
C	2.787205	0.090655	30.74
LN(PNOM)	-0.296035	0.003266	-90.64
LN(VCNOM)	0.04466	0.007099	6.29
LN(SUP)	-0.030453	0.00455	-6.69
LN(TEMP)	0.049926	0.023616	2.11
LN(PREC)	0.010558	0.001515	6.96

LN(EVAP)	0.012794	0.009621	1.32
R <sup>2</sup>	0.991962		
R <sup>2</sup> ajustada	0.991945		
<b>Media</b>			
Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-statistic
C	-12.35506	0.397958	-31.04616
LN(PNOM)	0.117561	0.059731	1.968184
LN(VCNOM)	1.115595	0.034041	32.77241
SUP	-3.83E-05	1.86E-06	-20.57792
TEMP	0.025415	0.003324	7.64543
PREC	-6.86E-04	3.03E-04	-2.268534
EVAP	-0.000716	2.24E-04	-3.197459
R <sup>2</sup>	0.971564		
R <sup>2</sup> ajustada	0.971333		
Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-statistic
C	-13.46019	0.475072	-28.33296
LN(PNOM)	0.131952	0.06801	1.940186
LN(VCNOM)	1.14605	0.038346	29.88679
LN(SUP)	-0.094734	0.006685	-14.17091
LN(TEMP)	0.784988	0.099589	7.882257
LN(PREC)	-0.015706	0.006334	-2.479695
LN(EVAP)	-0.153294	0.039635	-3.867602
R <sup>2</sup>	0.969291		
R <sup>2</sup> ajustada	0.969024		
<b>Residencial</b>			
Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-statistic
C	-4.785848	0.416308	-11.49594
LN(PNOM)	0.55378	0.135565	4.08499
LN(VCNOM)	0.482368	0.037875	12.73593
SUP	-7.04E-05	2.92E-05	-2.40815
TEMP	0.017796	0.005081	3.502588
PREC	-1.61E-03	4.52E-04	-3.553758
EVAP	-0.000165	3.41E-04	-0.484148
R <sup>2</sup>	0.959887		
R <sup>2</sup> ajustada	0.959574		
Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-statistic
C	-2.631359	0.213766	-12.30954
LN(PNOM)	1.51107	0.141327	10.69199
LN(VCNOM)	0.275119	0.024527	11.21721
LN(SUP)	-0.229595	0.008595	-26.71208
LN(TEMP)	0.34004	0.073571	4.621921
LN(PREC)	-0.053202	0.005326	-9.98892
LN(EVAP)	0.01199	0.02913	0.411604
R <sup>2</sup>	0.96668		
R <sup>2</sup> ajustada	0.966401		

Al realizar la estimación por grupos de ingreso, casi todas las variables siguen siendo significativas estadísticamente, pero en algunos casos cambian los signos, por ejemplo, para las clasificaciones media y residencial la elasticidad precio cambia de signo.

En la clasificación económica, el ingreso (en este caso valor catastral) también cambia de signo, contrario a lo esperado. Para la clasificación económica es el único caso en que la superficie tiene el signo esperado.

La temperatura tiene el signo esperado en todos los casos y la precipitación en el caso de vivienda tradicional tiene signo contrario a lo esperado, y en el caso de vivienda económica, tiene signo positivo cuando se define esta variable de forma logarítmica.

Finalmente, la evaporación tiene el signo esperado para las clasificaciones tradicional y residencial cuando se define de forma logarítmica. Las  $R^2$  y  $R^2$  ajustadas en general son altas.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

La creciente escasez del agua ha incrementado la preocupación por parte de los organismos públicos y de la sociedad en general por buscar formas de administrar y utilizar mejor el agua. Esto es particularmente notorio en regiones como La Laguna en donde se vive una situación alarmante por la sobre-explotación de los mantos acuíferos y donde los conflictos derivados de su escasez se agravan cada vez más.

Para alcanzar una mejor administración y manejo de la demanda de agua es necesario conocer las variables por las que ésta se ve afectada y considerarlas en el diseño de los instrumentos de política para mejorar la eficiencia del uso de este recurso.

En este estudio se estimaron la elasticidad precio, elasticidad ingreso, así como la forma en que otras variables, principalmente climáticas, afectan el consumo doméstico de agua en Torreón. Estos resultados pueden contribuir a

definir una política de precios que ayude a administrar la demanda de agua de manera más efectiva y a la creación de programas que contribuyan a la reducción del consumo de agua en esta ciudad.

Se encontró una elasticidad precio de  $-0.19$ , este valor representa la sensibilidad de los usuarios a consumir agua ante cambios en el precio, es decir, ante un cambio de  $1\%$  en el precio del agua el consumo disminuirá en  $0.19\%$ . Este valor se ubica en el mismo rango que las elasticidades precio encontradas en otros estudios para otras regiones. Como resultado en Torreón la elasticidad precio de la demanda puede ser caracterizada como inelástica. El agua es un bien básico, ante una oferta relativamente fija de agua, incrementos en el precio de este bien resultarán en incrementos sustanciales en los ingresos de los organismos operadores porque las reducciones en los consumos serán mínimas.

La elasticidad ingreso encontrada es de  $0.23$ , es decir, ante un incremento de  $1\%$  en el ingreso, el consumo de agua se incrementa en  $0.23\%$ . También aquí se presenta una elasticidad inelástica, ante incrementos sustanciales en el ingreso se tendrán incrementos no muy grandes en los consumos, aunque los cambios serán mayores que ante cambios en los precios.

La superficie también tiene un efecto positivo, al incrementarse la superficie se incrementa el consumo de agua.

Las variables climáticas resultaron significativas estadísticamente excepto la precipitación. La temperatura, la precipitación (signo contrario al esperado) y la evaporación tienen efectos positivos en el consumo de agua, al incrementarse estas variables se incrementa el consumo de agua. En estos casos, los

resultados son poco confiables debido al periodo relativamente corto para el que se tienen datos, sólo 3 años, lo que resulta muy poco al hablar de variables climáticas.

En Torreón, para el caso del consumo doméstico, existen 7 bloques de tarifas crecientes pero el cobro no se realiza como debería hacerse al tratarse de tarifas en bloques (actualmente para calcular la cantidad a pagar por los consumidores sólo se multiplica el consumo total por el precio correspondiente al último bloque y no multiplicando el consumo por el precio correspondiente a las unidades consumidas en cada bloque), además los precios dentro de los bloques cambian cada mes, lo que no permite a los consumidores tener conocimiento del precio que están pagando por el agua, esto impide hacer una mejor valoración del bien. Es importante que los consumidores puedan tener conocimiento del precio, aunque no exacto, de cada metro cúbico que consuman.

Como se planteó en la hipótesis, efectivamente el precio, el nivel de ingreso y algunas variables climáticas como la temperatura y la evaporación afectan el consumo de agua en Torreón e identificarlas es de utilidad para la creación de una política de precios que contribuya a la mejor y más eficiente administración de este recurso.

En la estimación de demandas de agua, aun queda mucho por hacer, sobre todo para el caso mexicano. La estimación de demandas de agua con la inclusión de más variables de tipo socioeconómico y con información para periodos más largos puede ser una buena aportación en este campo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ayadi, Mohamed; Krishnakumar, Jaya; Matoussi, Mohamed Salah, 2002, A Panel Data Analysis in Presence of Nonlinear Progressive Tariffs, Cahiers du département d'économétrie No. 2002.06, Août 2002, Faculté des sciences économiques et sociales, Université de Genève.
2. Banrural, 1986, 50 Años del Reparto Agrario en la Comarca Launera, Unidad de Comunicación Social, Banco de Crédito Rural del Centro Norte, S.N.C.
3. Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda (CANADEVI)
4. Comisión Nacional del Agua.
5. Comisión Nacional del Agua, 2004, Administración del Agua en la Comarca Lagunera, documento presentado en el coloquio Uso, explotación y administración del agua en zonas áridas del noreste de México, CIESAS noreste-UAC.
6. Comisión Nacional del Agua, Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, México, CNA, 2000.
7. Consejo Coordinador Empresarial, Centro de estudios del sector privado para el desarrollo sustentable, 1998, Eficiencia y uso sustentable del agua en México: Participación del sector privado, Cuadernos de trabajo, [www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/cuadernos/c7.html](http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/cuadernos/c7.html)

8. Dalhuisen, Jasper; Nijkamp, Peter, 2001. Critical Factors for Achieving Multiple Goals with Water Tariff Systems, Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2001-121/3
9. Dalhuisen, Jasper; Florax, Raymond J.G.M.; de Groot, Henri L.F.M.; Nijkamp, Peter, 2001, Price and Income Elasticities of Residential Water Demand, Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2001-057/3
10. Dandy, Graeme; Nguyen, Tin; Davies, Carolyn, 1997, Estimating Residential Water Demand in the Presence of Free Allowances, Land Economics, Feb 1997;73,1.
11. Deaton, Angus, 1992, Economics and Consumer Behavior, Cambridge University Press.
12. Diario Oficial de la Federación, 2002, miércoles 13 de febrero.
13. Dirección de Informática del Municipio de Torreón, Coahuila.
14. Enciclopedia de los Municipios de México, Coahuila, Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Coahuila, 2001.
15. Greene, William H., 2003, Econometric Analysis, Fifth Edition, Prentice Hall.
16. Gujarati, Damodar N., 2000, Econometría, Tercera edición, McGraw Hill.
17. Hernández A., Hilda G., 2004, Las instituciones formales del agua subterránea en México, CIESAS Noreste.
18. Hernández A., Hilda G., 2004, La visión de los actores en la historia de los usos del agua: burocracia, usuarios y sobreexplotación del agua subterránea en La Laguna, CIESAS Noreste.



19. Jaramillo-Mosqueira, Luis A., 2004, Una Evaluación Econométrica de la Demanda de Agua de Uso Residencial en México, Instituto Nacional de Ecología, (INE-DGIPEA/01/03)
20. Ley para los Servicios de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado en los Municipio del Estado de Coahuila de Zaragoza, Ley publicada en el Periódico Oficial el martes 9 de febrero de 1993, Última reforma publicada en el Periódico Oficial el 2 de febrero de 2001.
21. Martínez-Espiñeira, Roberto, 2002, Residential Water Demand in the Northwest of Spain, *Environmental and Resource Economics*, 21: 161-197,2002
22. Martínez-Espiñeira, Roberto, 2002, A, An Estimation of Residential Water Demand Using co-integration and Error Correction Techniques, Department of Economics, St. Francis Xavier University.
23. Martínez-Espineira, Roberto, 2003, Estimating Water Demand under Increasing-Block Tariffs Using Aggregate Data and Proportions of Users per Block, *Environmental and Resource Economics* 26: 5-23,2003.
24. Nieswiadomy, Michael L. y Molina, David J., 1989, Comparing Residential Water Demand Estimates under Decreasing and Increasing Block Rates Using Household Data, *Land Economics*, Aug 1989;65,3.
25. Nieswiadomy, Michael L. y Molina, David J., 1991, A Note on Price Perception in Water Demand Models, *Land Economics*, Aug 1991;67,3.
26. Nieswiadomy, Michael L. y Cobb, Steven L., 1993, Impact of Pricing Structure Selectivity on Urban Water Demand, *Contemporary Policy Issues*, Jul 1993;11,3.
27. Pindyck, Robert S.; Rubinfeld, Daniel L., 2001, *Microeconomics*, Fifth Edition, Prentice Hall.

28. Plana, Manuel, 1991, El reino del algodón en México, la estructura agraria de la Laguna (1955-1919), Torreón, Coahuila.
29. Population Information Program, Center for Communication Programs, The Johns Hopkins University School of Public Health, Volumen XXVIII, Número 3, Otoño de 2000, Serie M, Número 15, Baltimore, Maryland 21202, USA
30. UNESCO, El Correo UNESCO, 2001, [www.unesco.org/courier/](http://www.unesco.org/courier/)
31. Varian, Hal R., 1996, Intermediate Microeconomics, a modern approach, Fourth Edition, W.W. Norton & Company.
32. Wooldridge, Jeffrey M., 2001, Introducción a la Econometría: un enfoque moderno, Universidad Estatal de Michigan, Thomson Learning.
33. [www.aguaydesarrollosustentable.com/200406/index.html](http://www.aguaydesarrollosustentable.com/200406/index.html)

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Precios por bloques en Torreón

Mes	Precio bloque 1	Precio bloque 2	Precio bloque 3	precio bloque 4	precio bloque 5	precio bloque 6	Precio bloque 7
Ene / 2002	37.77	4.24	4.44	5.06	5.13	6	8.63
Feb / 2002	37.97	4.27	4.47	5.09	5.16	6.04	8.67
Mar / 2002	38.18	4.29	4.49	5.11	5.18	6.07	8.72
Abr / 2002	38.39	4.31	4.52	5.14	5.21	6.1	8.77
May / 2002	38.6	4.34	4.54	5.17	5.24	6.14	8.82
Jun / 2002	38.82	4.36	4.57	5.2	5.27	6.17	8.87
Jul / 2002	39.03	4.39	4.59	5.23	5.3	6.2	8.92
Ago / 2002	39.24	4.41	4.62	5.26	5.33	6.24	8.96
Sep / 2002	39.46	4.43	4.64	5.28	5.36	6.27	9.01
Oct / 2002	39.68	4.46	4.67	5.31	5.39	6.31	9.06
Nov / 2002	39.9	4.48	4.69	5.34	5.42	6.34	9.11
Dic / 2002	40.12	4.51	4.72	5.37	5.45	6.38	9.16
Ene / 2003	40.29	4.52	4.74	5.39	5.47	6.4	9.2
Feb / 2003	40.46	4.54	4.76	5.42	5.5	6.42	9.24
Mar / 2003	40.63	4.56	4.78	5.44	5.52	6.45	9.28
Abr / 2003	40.8	4.58	4.8	5.46	5.54	6.48	9.31
May / 2003	40.97	4.6	4.82	5.48	5.57	6.5	9.35
Jun / 2003	41.14	4.61	4.84	5.51	5.59	6.53	9.39

Jul /							
2003	41.31	4.63	4.86	5.53	5.61	6.56	9.43
Ago /							
2003	41.49	4.65	4.88	5.55	5.64	6.59	9.47
Sep /							
2003	41.66	4.67	4.9	5.58	5.66	6.61	9.51
Oct /							
2003	41.84	4.69	4.92	5.6	5.68	6.64	9.55
Nov /							
2003	42.01	4.71	4.94	5.62	5.71	6.67	9.59
Dic /							
2003	42.19	4.73	4.96	5.65	5.73	6.7	9.63
Ene /							
2004	42.55	4.78	5	7.12	7.22	8.45	12.15
Feb /							
2004	42.91	4.82	5.04	7.18	7.28	8.52	12.26
Mar /							
2004	43.28	4.86	5.09	7.24	7.34	8.6	12.36
Abr /							
2004	43.64	4.9	5.13	7.3	7.41	8.67	12.46
May /							
2004	44.01	4.94	5.17	7.37	7.47	8.74	12.57
Jun /							
2004	44.39	4.99	5.22	7.43	7.53	8.82	12.68
Jul /							
2004	44.77	5.03	5.26	7.49	7.6	8.89	12.97
Ago /							
2004	45.15	5.07	5.31	7.55	7.66	8.97	12.89
Sep /							
2004	45.53	5.12	5.35	7.62	7.73	9.04	13
Oct /							
2004	45.92	5.16	5.4	7.68	7.79	9.12	13.11
Nov /							
2004	46.31	5.2	5.44	7.75	7.86	9.2	13.23
Dic /							
2004	46.7	5.25	5.49	7.81	7.93	9.28	13.34

Fuente: SIMAS, Torreón

## Anexo 2

### Variables climáticas

mes	tempmaxprom	LluviaTot	lluviaProm	evapTot	evapProm
Ene-02	25.2	1.8	0.05806452	128.20	4.13548387
Feb-02	23.9	0.9	0.03214286	128.70	4.59642857
Mar-02	30.5	INAP	INAP	226.00	7.3
Abr-02	36.2	20.1	0.67	287.20	9.57333333
May-02	37.7	13.4	0.43225806	330.30	10.6548387
Jun-02	37.2	20.0	0.66666667	292.02	9.734
Jul-02	35.8	12.0	0.38709677	286.90	9.25483871
Ago-02	36.0	20.9	0.67419355	286.30	9.23548387
Sep-02	32.3	33.6	1.12	202.00	6.73333333
Oct-02	31.2	36.3	0	179.50	5.79032258
Nov-02	25.3	13.6	0.45333333	118.30	3.94333333
Dic-02	22.7	INAP	INAP	107.63	3.5
Ene-03	23.0	12.7	0.40967742	89.60	2.89032258
Feb-03	25.7	7.2	0.25714286	122.10	4.36071429
Mar-03	29.6	INAP	INAP	238.90	7.7
Abr-03	33.8	0.7	0.02333333	251.00	8.36666667
May-03	38.2	11.3	0.36451613	284.30	9.17096774
Jun-03	36.8	16.3	0.54333333	260.76	8.692

Jul-03	34.5	33.6	1.08387097	235.50	7.59677419
Ago-03	35.4	5.8	0.18709677	267.50	8.62903226
Sep-03	31.3	108.5	3.61666667	106.40	3.54666667
Oct-03	29.0	42.1	1.35806452	135.40	4.36774194
Nov-03	28.2	INAP	INAP	121.40	4.0
Dic-03	23.4	0.00	0	110.71	3.57129032
Ene-04	20.6	17.4	0.56129032	86.51	2.79064516
Feb-04	25.5	INAP	INAP	169.10	5.8
Mar-04	30.5	39.5	1.27419355	215.60	6.95483871
Abr-04	32.2	23.3	0.77666667	267.00	8.9
May-04	35.5	34.5	1.11290323	284.30	9.17096774
Jun-04	34.8	60.0	2	220.40	7.34666667
Jul-04	34.5	60.6	1.95483871	235.50	7.59677419
Ago-04	34.4	11.4	0.36774194	216.80	6.99354839
Sep-04	31.7	55.6	1.85333333	162.20	5.40666667
Oct-04	31.7	22.1	0.71290323	179.30	5.78387097
Nov-04	25.2	16.7	0.55666667	107.00	3.56666667
Dic-04	22.1	0.0	0	95.76	3.08903226





