



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

ECONOMÍA

**VALOR ECONÓMICO DEL AGUA DESDE SU
EXTRACCIÓN HASTA SU
COMERCIALIZACIÓN POR MEDIO DE
PIPAS EN EL VALLE DE MÉXICO**

EFRAÍN MORA MARTÍNEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

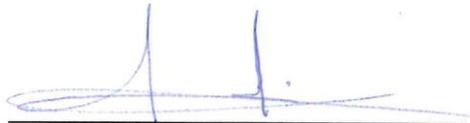
MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Efrain Mora Martínez, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Roberto Carlos García Sanchez, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Valor Económico del agua desde su extracción hasta su comercialización por medio de pipeo en el Valle de México y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 29 de Noviembre de 2017



Firma del
Alumno (a)

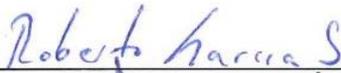

Dr. Roberto Carlos García Sánchez
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **VALOR ECONOMICO DEL AGUA DESDE SU EXTRACCIÓN HASTA SU COMERCIALIZACIÓN POR MEDIO DE PIPAS EN EL VALLE DE MÉXICO**, realizada por el alumno: **EFRAÍN MORA MARTÍNEZ**. Bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMIA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. ROBERTO CARLOS GARCÍA SÁNCHEZ

ASESOR



DR. JOSE ALBERTO GARCÍA SALAZAR

ASESOR



DRA. JACINTA PALERM VIQUEIRA

ASESOR



DRA. DORA MARIA SANGERMAN JARQUÍN

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Enero 2018

VALOR ECONÓMICO DEL AGUA DESDE SU EXTRACCIÓN HASTA SU COMERCIALIZACIÓN POR MEDIO DE PIPAS EN EL VALLE DE MÉXICO.

Efraín Mora Martínez, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

El agua es un recurso escaso debido no solo a su naturaleza, sino también al consumo desmedido y diferenciado del que es objeto. El análisis del mercado del agua puede brindar un panorama general de las acciones que se pueden llevar a cabo para controlar y eficientizar su uso. El presente estudio tuvo como objetivo principal estimar costos de extracción y comercialización del agua mediante carros-tanque (pipas), así como la estimación de una función de demanda para el cálculo de elasticidades para determinar el bienestar del consumidor. Mediante la estimación de los costos se calcularon los márgenes de comercialización de los agentes participantes en la cadena de valor de la comercialización del agua distribuida por camiones tanque. Se identificaron las zonas que carecen de servicio de agua potable a través de la red pública, y que son abastecidas del vital líquido con pipas, posteriormente se estimaron los costos de extracción y de venta del agua. Se obtuvo como resultado que el mayor margen absoluto por m³ lo obtienen los piperos (\$52.63) en tanto que el del dueño del pozo es menor (\$14.75). Sin embargo, al ponderar los márgenes por los costos respectivos, la mayor tasa de ganancia (1180.0 %) la obtiene el dueño del pozo, mientras que la de los piperos es menor (206.0 %). Por otra parte, se determinaron las principales variables que afectan la demanda de agua, estas son el precio y el ingreso, y con ellas se planteó un modelo econométrico de regresión múltiple para poder estimar el bienestar del consumidor a través del excedente del mismo. Los resultados indican una respuesta inelástica al precio por parte de la demanda, con un coeficiente estimado de -0.23. Además, se determinó que se trata de un bien normal, debido a su coeficiente de elasticidad ingreso de 0.08. Finalmente se obtuvo un bienestar del consumidor de \$907.13 que infiere que el beneficio de estar conectado a la red es mayor que los costos que pueda causar la implementación de un proyecto de servicio de agua potable.

Palabras clave: agua, comercialización, demanda, ingreso, pipas, precio

ECONOMIC VALUE OF WATER FROM THE EXTRACTION UNTIL THE COMMERCIALIZATION WITH PIPAS IN THE VALLE DE MEXICO.

**Efraín Mora Martínez, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2017**

ABSTRACT

Water is a scarce resource not only because of its nature but also to the excessive and differentiated consumption of which it is the object. The economic analysis of its behavior can give us an overview of the actions that could be carried out to control and make its use more efficient. The main objective of this study is to estimate the costs of extraction and commercialization of water by tank trucks, as well as the estimation of a demand function for the calculation of elasticities to determine the consumer welfare. By estimating the costs, it was obtained the marketing margins of the participating agents in the value chain of distribution of water distributed by tank trucks. Areas that lack potable water service through the public network and that are supplied of water using tank trucks were identified, then the costs of extraction and sale of water were estimated. Obtaining as a result that the highest absolute margin per m³ was obtained by piperos (\$ 52.63) meanwhile the well owner margin was smaller (\$ 14.75). However, when weighing the margins for the respective costs, the highest profit rate (1180.0%) is obtained by the well owner, while the piperos is lower (206.0%). On the other hand, the main variables that affect water demand were determined, among which price and income stand out and with them, an econometric model of multiple regression was proposed in order to estimate the consumer's welfare through the surplus of the consumer. The results imply an inelastic response to the price by demand, with an estimated coefficient of -0.23. In addition, it was determined that it is a normal good, due to its coefficient of income elasticity of 0.08. Finally, a consumer welfare of \$ 907.13 was obtained, inferring that the benefit of being connected to the network is greater than the costs that may be caused by the implementation of a potable water service project.

Keywords: water, marketing, demand, income, price

DEDICATORIA

A mis padres; por estar siempre conmigo, apoyarme a pesar de la adversidad y por su amor incondicional para conmigo.

A mis hermanos Roberto y Daniela; mi cariño y respeto infinitos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología- CONACYT; por haber financiado mis estudios e investigación de maestría.

Al Colegio de Postgraduados y al Programa de Economía que han apoyado e impulsado mi desarrollo intelectual y profesional.

A mi consejo particular, por aceptarme y guiarme durante mi proceso de investigación.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE CUADROS.....	ix
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Planteamiento del problema.....	4
Objetivos.....	5
Hipótesis.....	5
Revisión de literatura.....	6
Bibliografía.....	11
CAPITULO I. COMERCIALIZACIÓN DE AGUA POR PIPAS EN EL ORIENTE DEL VALLE DE MÉXICO.	14
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Introducción.....	16
Materiales y métodos.....	19
Resultados y discusión.....	22
Conclusión.....	30
Literatura citada.....	30
CAPITULO II. MEDICIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE AGUA POTABLE EN ZONAS DE LA PERIFERIA DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO.....	34
Resumen.....	34
Abstract.....	35
Introducción.....	36
Materiales y métodos.....	39
Resultados y discusión.....	41
Conclusiones.....	44
Literatura citada.....	44
Anexos.....	47

CAPITULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	49
 Conclusión general	49
 Recomendaciones generales	50

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO I.

Cuadro 1. Costos privados de recuperación de capital de equipo de bombeo	23
Cuadro 2. Costos privados de recuperación de capital de las pipas.	26
Cuadro 3. Márgenes absolutos y tasa de ganancia absoluta en la comercialización de agua por pipas en el Oriente del Valle de México..	28

CAPÍTULO II.

Cuadro 1. Indicadores estadísticos de los consumidores de agua.....	41
Cuadro 2. Parámetros estadísticos del modelo.....	42

INTRODUCCIÓN GENERAL

En la actualidad el agua es un tema que cada día ocupa más la atención de científicos, técnicos, políticos y en general, de muchos de los habitantes del planeta debido a su uso intensivo en los sectores domésticos, agrícolas e industriales. El crecimiento de la población y el aumento de las necesidades para consumo humano ha convertido al recurso hídrico en un bien cada vez más escaso y costoso (Caballer y Guadalajara, 1998).

En varios países la escasez del vital líquido condiciona y restringe las actividades de desarrollo e intensifica la competencia entre usuarios. En la actualidad, 70% del consumo del agua en el mundo tiene como destino la agricultura, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo se ha quintuplicado, sino porque no se cuenta con sistemas de riego eficientes; la industria consume 22% y el 8% restante tiene uso doméstico (UNESCO, 2003).

La situación actual del planeta permite que únicamente el 0.76% del agua esté disponible para consumo humano, el 96.54% es agua de mar y tiene sal, el 1.74% es hielo y está en los polos. Además el agua tal como se encuentra en la naturaleza necesita ser procesada para eliminar partículas y organismos dañinos para la salud y poder utilizarla sin riesgo por los seres humanos (PNUMA,2000).

Los problemas hidrológicos también afectan a México, a pesar de ser un país rico en recursos naturales, que permite obtener el agua que consume la población de ríos, arroyos y acuíferos del subsuelo. Estos acuíferos se recargan de forma natural únicamente en época de lluvias que tiene una duración promedio de cuatro meses, lo que propicia una escasa captación. Además, del total de agua captada por lluvias, aproximadamente el 70% se evapora (PNUMA,2000).

La diferencia que existe entre la cantidad de agua captada por escurrimiento y las extensiones territoriales que comprenden, aunado a la corta temporada de lluvias, hace que la disponibilidad del agua sea cada vez menor. Bajo este panorama

actualmente México enfrenta graves problemas de disponibilidad, contaminación y desperdicio del preciado líquido.

Otro gran problema con el que se enfrenta el país es que existe una notable diferencia en la disponibilidad de agua, siendo los estados del centro y norte los que tienen mayores problemas de escases de agua, el agua de lluvia que se capta por escurrimiento es únicamente el 4.0%, mientras que en el sureste y las zonas costeras se logra captar el 50% del escurrimiento. Además, de que existen zonas en las que la falta de infraestructura hidráulica no permite satisfacer la necesidad del servicio a la población y se tiene que recurrir al suministro a través de camiones tanque denominados “pipas” (PNUMA,2000).

La situación en el Valle de México es crítica, debido a que concentra la mayor población de América Latina en una cuenca endorreica relativamente pequeña y bajo un clima con precipitaciones modestas. Esta zona cuenta con la disponibilidad anual más baja de agua (apenas 186 m³/hab.); en contraste la frontera sur cuenta con más de 24 mil m³/hab. Debido al crecimiento poblacional, la disponibilidad de agua ha disminuido de manera considerable: en 1910 era de 31 mil m³ por habitante al año; para 1950 había disminuido hasta un poco más de 18 mil m³; en 1970 se ubicó por debajo de los 10 mil m³, en 2005 era de 4 573 m³ y para 2010 disminuyó a 4 230 m³ anuales por cada mexicano (SEMARNAT, 2008). La disponibilidad de agua en el Valle es de 74 m³/habitante, lo que podría considerarse como una situación de estrés hídrico extremo (CONAGUA, 2009).

Las principales fuentes de agua del Valle de México son los acuíferos locales, unos embalses menores y trasvases desde otras cuencas. Estos en conjunto aportan a la zona 81,9 m³/s de agua al año (CONAGUA, 2009), a los cuales se pueden agregar 6,1 m³/s de agua de reúso dentro de la cuenca.

Los sistemas de suministro de agua potable de los centros urbanos del Valle de México emplean para su abastecimiento tanto las aguas subterráneas como las superficiales. Sin embargo, al momento de definir los volúmenes de agua que

ingresan a estos sistemas es notable encontrar que los dispositivos de medición solo existen en los sistemas regionales operados por la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) y CONAGUA, con una muy baja cobertura de medición en los pozos profundos operados directamente por los organismos operadores.

En la mayoría de los casos, los organismos operadores no tienen un registro confiable del agua que se extrae del sistema y desconocen el rendimiento real de sus pozos, algo preocupante teniendo en cuenta los altos niveles de sobreexplotación de los acuíferos en el Valle de México. Pero aun en los sistemas que cuentan con algún tipo de medición, la gestión de los datos de los caudales extraídos es casi inexistente, por lo que la confiabilidad de estos es relativamente baja.

Según el censo de 2010, el 94 por ciento de los 22 millones de habitantes del Valle de México reciben el servicio a través de redes de distribución conectadas directamente a las casas, o bien a una toma común de distribución en el vecindario. En el Distrito Federal hay un nivel de servicio de abastecimiento más alto (97 por ciento) que en el Estado de México (90.5 por ciento). El resto de los residentes tiene que obtener el agua a través de pipas suministradas por el gobierno, o comprarla a camiones con tanques propiedad de empresas privadas que la venden a un precio alto. Los valores promedio de uso per cápita reportados para el Distrito Federal y el Estado de México son de 364 y 230 litros diarios, respectivamente (INEGI, 2011).

Las autoridades atribuyen el hecho de que el uso per cápita sea superior en el Distrito Federal a su mayor desarrollo y actividad industrial. Adicionalmente, en el Estado de México hay muchos pozos industriales privados cuya existencia no se refleja en los cálculos. El consumo per cápita no es excesivo cuando se compara con el de los Estados Unidos de América que varía de 250 a 1,120 litros por día, con un promedio diario de 660 litros (INEGI, 2011).

Planteamiento del problema

La importancia social, ambiental, pero sobre todo económica que tienen las actividades relacionadas con el agua son de trascendencia mundial. Especialmente en los países Latinoamericanos, donde existe una inequidad en el abastecimiento de agua potable. En México esta inequidad se ve reflejada no solamente a nivel territorial, sino también entre las poblaciones de altos y bajos ingresos, rurales y urbanos (Narváez y Meza, 2010).

El abastecimiento en la Zona Oriente del Valle de México se da principalmente de agua subterránea proveniente de los manantiales ubicados en la Sierra Nevada, además de la perforación de pozos para complementar la demanda. Sin embargo, según el Plan de Desarrollo Municipal Texcoco 2006-2009 el agua subterránea del acuífero de Texcoco, al igual que en el resto de la cuenca del Valle de México presenta procesos de sobreexplotación intensos que amenazan la sustentabilidad (H. Ayuntamiento, 2006).

Estos problemas han generado otras formas de abastecimiento de agua como el suministro a través de carros tanque comúnmente llamados pipas, sin embargo, estos sistemas de distribución no son regulados por ninguna institución pública, lo que ha acarreado nuevos problemas, como una fijación tarifaria no garantizada, ya que esto desde una perspectiva de empresa no regulada crea a los consumidores un alza y baja de precios sin motivo aparente

Frente a los problemas relacionados con el abastecimiento y comercialización de agua potable es necesario conocer cuál es el bienestar del consumidor por tener agua potable dentro de sus viviendas, o cuál es la demanda de agua en m³ de las viviendas que no tienen acceso a este servicio y cuáles son los márgenes de ganancia de los distribuidores no autorizados.

Objetivos

La presente investigación contempla los siguientes objetivos:

Determinar los costos de comercialización del agua potable distribuida por pipas, así como la demanda y bienestar de los consumidores conectados a la red de agua potable.

Este objetivo será alcanzado a través de los siguientes objetivos específicos:

- A) Analizar los factores que intervienen en la comercialización de agua a través de pipas para cuantificar los márgenes de ganancia de los agentes participantes.
- B) Calcular la demanda de agua, así como las elasticidades precio e ingreso, finalmente estimar el bienestar de los consumidores conectados a la red de agua potable.

Hipótesis

La hipótesis de la investigación plantea que el abastecimiento de agua por pipas, al ser una actividad no regulada y que corresponde a un mercado informal, genera distintas asimetrías en cuanto a la apropiación de valor entre los distintos agentes participantes en la cadena de suministro.

Por otro lado, también se plantea que los beneficios de implementación de un proyecto del servicio de agua potable en las zonas de la periferia del Municipio de Texcoco son mayores a los costos que se tendrían que desembolsar para hacer realidad el proyecto.

Revisión de literatura

La asignación del agua como un bien económico podría regirse por el mercado, ya que como es denotado en la literatura, sin un mercado es difícil, casi imposible, que se pueda evaluar la demanda real de servicios relacionados con este bien, porque sería difícil estimar las funciones de demanda en esa situación (Lee y Jouravlev, 1998)

La economía de los recursos hídricos en la gran mayoría de los países, sobre todo de Latinoamérica y el Caribe, están entrando en una fase madura caracterizada por una oferta inelástica. El interés en utilizar precios y mercados con la percepción de que la introducción de la comercialización podría representar beneficios sustanciales.

Solanes (1998), sostiene que existen situaciones que distorsionan la operación del comercio del agua y su mercado, puesto que algunas industrias pueden utilizar los derechos de agua en actividades competitivas; como es el caso del abastecimiento de agua a través de camiones tanque (pipas).

La teoría económica dice que los mercados en que las transacciones son pocas y espaciadas se conocen como mercados estrechos. En este tipo de mercado los precios tienen que negociarse caso a caso, por lo que su principal característica es que hay costos elevados de transacción, no existe un precio unitario común y por lo tanto, no se puede transmitir a sus participantes; finalmente, son más susceptibles a ser manipulados, como es el caso de la venta de agua a través de pipas (Dourojeanni y Jouravlev, 2001).

El abastecimiento por pipas es un mercado que no se encuentra regulado por ninguna institución pública, por lo tanto, al ser analizado arroja diversos resultados. Algunos autores han estudiado el abastecimiento del agua por pipas desde un punto de vista económico-social. Sin embargo, los trabajos sobre comercialización son casi nulos. Entre ellos destaca el trabajo realizado por

Gómez y Palerm, (2015), donde describe a los consumidores y el abasto de agua por pipa, en cinco municipios de la zona oriente del Estado de México, denominado Valle de Texcoco. Donde a través de entrevistas y recorridos exploratorios obtuvo resultados que muestran que el abasto por pipas no es únicamente para aquellos sin conexión a una red de abasto, sino que existen otras causales para usar dicho servicio: por ejemplo, fallas en la red, preferencias por calidad del agua, abastecimiento para eludir responsabilidades y compromisos con la comunidad y, finalmente, el sector de servicios (hoteles, restaurantes, lavanderías, autolavados, gasolineras, etc.).

Otro trabajo destacado es el de Lee y Jouravlev (1998), que examina los medios de incorporar el uso de las señales del mercado mediante los precios en la gestión de los recursos hídricos con el fin de mejorar la eficiencia en la asignación del agua. Revisa los recursos comerciables, así como las experiencias reales con la implementación de programas de derechos de aguas comerciables, tanto en América Latina, como en el resto del mundo. Comprende las condiciones necesarias para el funcionamiento adecuado del mercado del agua: las fortalezas y debilidades potenciales que tendrían los mercados como medios de asignación del agua; las características de la operación de un mercado del agua; los tipos de transacciones; la asignación inicial de derechos de agua; aspectos de diseño, incluidos los derechos de agua permanentes y temporales, la seguridad hidrológica y normas de asignación; las limitaciones de los mercados y los factores que pueden afectar su rendimiento, como las externalidades (el caudal de retorno, los efectos sobre el propio caudal y en la zona de origen);, el poder de mercado, los costos de transacción y transporte por pipas, y las medidas para mitigarlos y; las oportunidades de expandir el papel y el alcance de los mercados del agua.

En cuanto a la demanda, la economía de los recursos hídricos en la gran mayoría de los países, sobre todo de Latinoamérica y el Caribe, están entrando en una fase madura, caracterizada por una demanda inelástica. El interés en utilizar

precios y mercados es la percepción de que la introducción de la comercialización podría representar beneficios sustanciales.

Algunos trabajos relacionados con la estimación de la demanda se han realizado con el fin de establecer alternativas para contrarrestar la escasez y sobreexplotación del agua, fomentando el ahorro y uso eficiente del vital líquido. Un ejemplo es el realizado por Salazar y Pineda (2010), quienes formularon un modelo lineal-logarítmico para crear cuatro escenarios de demanda de agua, consideraron características como la eficiencia en la cobranza, aumento de tarifas y reducción de agua no contabilizada. Por otro lado, García y Mora (2008), estimaron funciones de demanda en el sector urbano de Torreón, Coahuila y Gómez Palacio, Durango, encontraron las elasticidades ingreso y precio de la demanda con las cuales concluyeron que es necesario aumentos en las tarifas para reducir el consumo del bien.

Los resultados de un modelo pueden confirmar lo establecido por la teoría económica, respecto a la demanda, observando los signos de los coeficientes estimados (García Mata *et al.*, 2003). Es decir, el precio del agua debe ser inversamente proporcional a la cantidad demandada de agua, lo que implicaría que a un mayor precio la cantidad demandada será menor.

La elasticidad precio propia estimada por García y Mora (2008), para las ciudades de Torreón y Gómez-Palacio con valores de -0.21 y -0.18, respectivamente, denotan elasticidades inelásticas, Por otra parte, Jaramillo (2003) determinó un coeficiente de elasticidad precio entre -0.22 y -0.58 en los hogares mexicanos. Y Salazar y Pineda (2010), estimaron un coeficiente de elasticidad precio de -0.027.

Otro trabajo es el de Avilés, et al. (2015), quienes estimaron las elasticidades-precio de corto y largo plazo de la demanda de agua residencial de una zona árida en La Paz, B.C.S. concluyendo que el aumento del 100% en el precio del agua

generaría una disminución en la demanda del 51%. Además de que incluyeron la variable información en la estimación de corte transversal.

Han sido diversos los autores que han estudiado el mercado de agua, su comercialización y demanda a nivel nacional, así como internacional. Entre ellos destaca el trabajo de Gómez-Ugalde (2011), donde se cuantificó la demanda de agua promedio por usuario en el sector doméstico y comercial en el municipio de Texcoco, Estado de México. Planteo dos modelos econométricos de regresión múltiple, para determinar las principales variables que afectan la demanda de agua por usuario y bimestre, los resultados señalan que la demanda responde de manera inelástica al precio en el sector doméstico y elástica en el sector comercial; con coeficientes elasticidad precio propia de -0.43 y -1.03 para el sector doméstico y comercial, respectivamente. En el caso de la elasticidad ingreso se determinó un coeficiente de 0.40 y 1.22 para los sectores doméstico y comercial, respectivamente.

Al hablar del bienestar del consumidor cabe resaltar los trabajos realizados por Narváez y Meza (2010), quienes estimaron bienestar a través del excedente del consumidor para Nicaragua en C\$316.55, es decir, \$189.93 pesos mexicanos, estimando este resultado a través de datos respecto a diferentes alternativas de abastecimiento (puestos, ríos, manantiales, pipas, carreteras y pozos). Por otra parte, Tobarra-González (2013), menciona que se necesita aumentar un 10% la tarifa de agua para reducir el consumo, lo cual implicaría una pérdida de bienestar de entre 8 y 9.5 euros, es decir, \$176 pesos mexicanos.

La valoración económica de la calidad ambiental o alguna otra relacionada: análisis económico del impacto ambiental o el análisis costo-beneficio, podría ser reservado para técnicos expertos en la materia, y que sean ellos quienes den una respuesta técnica al problema. Sin embargo, el análisis costo-beneficio como la política monetaria, de empleo, la fijación del régimen de tipo de cambio, son parte

de la política económica que resuelven ciertos conflictos, dando prioridades a unos intereses frente a otros (Azqueta, 1994).

Bibliografía

Avilés-Polanco, G., Almendarez-Hernández, M. A., Hernández-Trejo, V., & Beltrán-Morales, L. F. 2015. Elasticidad-precio de corto y largo plazos de la demanda de agua residencial de una zona árida. Caso de estudio: La Paz, B.C.S., México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(4) pp. 85-99.

Azqueta D. 1994, *Valoración económica de la calidad ambiental*, Mc Graw-Hill, pp. 299 España.

Caballer V. y N. Guadalajara.1998. *Valoración económica del agua de riego*. Ed. Mundi-prensa. España. pp. 193.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2009. *Avance del Plan de Riesgos por mes*. Jefatura del Distrito de Riego Jilotepec. México. (Documento de circulación interna).

Dourojeanni, Axel y Andrei Jouravlev. 2001. Siete lecciones de la experiencia de Chile en materia de mercados del agua. *Ingeniería del Agua*. 8(4) pp. 441-445

García Mata R., J.A. García Salazar y R.C. García Sánchez. 2003, *Teoría del mercado de productos agrícolas*. Colegio de Postgraduados, Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, Programa de Postgraduados en Economía. Montecillo, Estado de México

García- Salazar, J.A. y J.S. Mora-Flores, 2008, *Tarifas y consumo de agua n el sector residencial de la Comarca Lagunera*, *Región Soc.* 42: pp. 119-132

Gómez-Valdez, Monserrat I, y Palerm-Viqueira, Jacinta. (2015). *Abastecimiento de agua potable por pipas en el Valle de Texcoco, México*. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 12 (4) pp. 567-586 Retrieved from

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722015000400567&lng=es&tlng=es.

Gómez-Ugalde Sandra G. 2011, La demanda de agua para el sector doméstico y comercial en Texcoco de Mora, Estado de México, Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, pp. 119

H. Ayuntamiento de Texcoco. 2006. Plan municipal de desarrollo del municipio de Texcoco 2006-2009.

INEGI (Instituto Nacional Estadística Geografía). 2011. Área Metropolitana de la Ciudad de México—Síntesis de Resultados—X Censo General de Población y Vivienda 2010. México, D.F.: INEGI.

Jaramillo- Mosqueira, L.A. 2003, Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, México.

Lee, Terence y Andrei Jouravlev. 1998, "Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua", serie Medio Ambiente y Desarrollo No. 6.

Narváez, Carlos y Meza, Carlos. 2010, Estimación de la demanda y el costo de no tener agua potable en Nicaragua, tomando como base las diferentes alternativas de abastecimiento (puestos, ríos, manantiales, pipas, carretas y pozos). Encuentro, [S.l.], n. 86, pp. 6-28, Retrieved from: <https://www.lamjol.info/index.php/ENCUENTRO/article/view/63>

PNUMA (Perspectivas del Medio Ambiente Mundial) 2000. Ed. Mundi-Prensa Vivendi Environment. Annual Report 2000

SEMARNAT (Secretaría de Marina y Recursos Naturales). ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. México, SEMARNAT, 2008.

Salazar- Adams A. y N. Pineda-Pablos. 2010, Escenarios de demanda y políticas para la administración del agua potable en México: el caso de Hermosillo, Sonora. *Región Soc.* 47: pp. 105-122.

Soares, D. 2007. Crónica de un fracaso anunciado: la descentralización en la gestión del agua potable en México, *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 1(4) pp. 19-37

Solanes, M. 1998. Manejo integrado del recurso agua, con la perspectiva de los Principios de Dublín, *Revista de la CEPAL*, 1(64) pp. 165-185

Tobarra-González, M. Á. 2013, Factores explicativos de la demanda municipal de agua y efectos en el bienestar de la política tarifaria. Una aplicación a la cuenca del Segura *Estudios de Economía Aplicada*, Asociación Internacional de Economía Aplicada Valladolid, España 31(2) pp. 577-596

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2003. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Agua para Todos, Agua para la Vida. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/00129556s.pdf>

CAPITULO I. COMERCIALIZACIÓN DE AGUA POR PIPAS EN EL ORIENTE DEL VALLE DE MÉXICO.

Efraín Mora Martínez, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

Dada la restricción hídrica en el Valle de México, donde grupos de población no tienen acceso a redes de distribución de agua, o el acceso es restringido, se genera un mercado de agua abastecido mediante carros-tanque (pipas). El objetivo del presente estudio es analizar la comercialización y cadena de suministro del agua distribuida mediante pipas en el Oriente del Valle de México con datos obtenidos en el año 2017, así como a los agentes participantes. Se utilizó el método directo del canal de comercialización siguiendo el producto desde que es extraído del pozo, vendido a los piperos, quienes lo transportan y lo venden al consumidor final. Se entrevistó al dueño de un pozo y se hicieron cincuenta entrevistas a piperos, con la información se calcularon los costos en que incurre cada agente, así como los márgenes y tasas de ganancias respectivos. Se encontró que el mayor margen absoluto por m³ lo obtienen los piperos (\$52.63) en tanto que el del dueño del pozo es menor (\$14.75). Sin embargo, al ponderar los márgenes por los costos respectivos, la mayor tasa de ganancia (1180 %) la obtiene el dueño del pozo, mientras que la de los piperos es menor (206 %). Se concluye que el mercado del agua abastecido mediante pipas es sumamente rentable, debido a que no es un mercado regulado, y que si se establecieran políticas públicas mediante la regulación se podrían disminuir los precios del líquido en favor de los consumidores.

PALABRAS CLAVE

Pipas de agua, márgenes de comercialización, tasas de ganancia,

WATER MARKETING BY PIPAS IN THE EAST MEXICO VALLEY.

Efraín Mora Martínez, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2017

ABSTRACT

Given the water restriction in the Mexico Valley, where population groups do not have access to water distribution networks, or access is restricted, a water market is generated using tank trucks. The objective of this study is to analyze the marketing and supply chain of water distributed by tank trucks in the East of the Mexico Valley with data obtained in 2017, as well as the participating agents. The direct method of the marketing channel was used following the product since it is extracted from the well, sold to the piperos, who transport it and sell it to the final consumer. The owner of a well was interviewed and fifty interviews were conducted with piperos, with the information the costs incurred by each agent, as well as the respective profit margins and rates, were calculated. It was found that the highest absolute margin per m³ is obtained by piperos (\$ 52.63) while the well owner is smaller (\$ 14.75). However, when weighting the margins for the respective costs, the highest profit rate (1180.0%) is obtained by the well owner, while the piperos is lower (206.0%). It is concluded that the water market supplied by tank trucks is extremely profitable, because it is not a regulated market, but if public policies were established for the regulation, liquid prices could be reduced in favor of consumers.

KEYWORDS

Absolut margin, water, marketing margins, profit rates,

INTRODUCCIÓN

El agua en la actualidad es un recurso que ocupa la atención de los distintos grupos humanos, debido a la necesidad de satisfacer su uso en los sectores doméstico, agrícola e industrial. El crecimiento de la población y el aumento de las necesidades para consumo humano han convertido los recursos hídricos en bienes más escasos y caros (Caballer y Guadalajara, 1998).

El agua que consume la población en México proviene de ríos o arroyos y acuíferos del subsuelo; estos acuíferos se recargan de forma natural en épocas de lluvia, sin embargo, las lluvias tienen una duración de cuatro meses en promedio al año, y el 70 % de esa agua se evapora (PANUMA, 2000).

México presenta diferencias territoriales importantes en la disponibilidad de agua. Las zonas Centro y Norte son principalmente áridas o semiáridas: los estados del norte captan tan solo el 25.0 % del agua de lluvias. Por el contrario, en la zona Sureste integrada por los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán reciben casi la mitad del agua de lluvia (49.6 %); sin embargo, en esta región los habitantes tienen menor acceso al agua, porque existe menor infraestructura para llevar el agua entubada a las viviendas (SEMARNAT, 2008).

La disponibilidad de agua por habitante en México ha disminuido de forma importante en el último siglo, debido al crecimiento poblacional. Así, se tiene que en 1910 era de 31 mil m^3 , en 1970 disminuyó a 4.23 mil m^3 anuales por cada mexicano (SEMARNAT, 2008).

El Valle de México concentra una población de 22 millones de personas (OECD, 2015) y su precipitación media anual es de 682 800 m^3 donde el 72.0 % se evapora, 4.0 % se recupera en aguas superficiales, 14 % se escurre y 11 % se infiltra para la recarga de los acuíferos (CONAGUA, 2010). Las fuentes de abastecimiento de agua en la zona la constituyen acuíferos locales, embalses

menores y trasvases de otras cuencas que en conjunto aportan $81.9 \text{ m}^3/\text{s}$ (2583 hm^3 al año), a los cuales se agregan $6.1 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua residual (CONAGUA, 2010). Lo anterior hace que para el Valle de México se tenga la menor disponibilidad de agua por habitante al año, apenas $186 \text{ m}^3/\text{hab}$, en tanto que en estados como Chiapas se disponga de 24 mil m^3/hab . Lo anterior hace que el Valle de México presente una situación de estrés hídrico extremo (SEMARNAT, 2008).

El suministro de agua al Valle de México se efectúa mediante aguas superficiales y subterráneas, donde los volúmenes que ingresan de otras cuencas tienen sistemas de macro medición operadas por la Comisión de Agua del Estado de México (CAEM) y la CONAGUA, en tanto que la macro medición del agua suministrada por pozos profundo- operados por los organismos locales- es relativamente baja (INDEFEM, 2005). En la mayoría de los casos, los organismos operados desconocen el rendimiento real de los pozos y la cantidad de agua que inyectan al sistema; algo preocupante dados los altos niveles de sobre explotación de los acuíferos (Gómez y Palerm, 2015).

Existen estudios que señalan que para el año 2020 el Valle de México contara con 21.8 millones de habitantes, 4 millones más que en 1999. Este crecimiento poblacional genera un aumento de la demanda de recursos como suelo para la construcción de viviendas y agua como recurso indispensable para la vida (Iracheta, 2003). Sin embargo, estos recursos tienen la característica de ser agotables, por lo que no es posible su producción. Así, la crisis por la escasez de estos recursos tiene su origen no solo en el crecimiento poblacional que dio lugar a la expansión del suelo urbano, sino también al insuficiente conocimiento del funcionamiento del ecosistema natural y del ciclo del agua, lo que está poniendo en riesgo la satisfacción de las necesidades básicas de su población presente y futura (Izazola, 2001).

La solución al problema del agua no puede incluir únicamente la explotación de acuíferos y la importación de agua de cuencas lejanas, se necesitan soluciones

que involucren a la sociedad, la economía y la cultura para el manejo eficiente del recurso, por ejemplo, a través de disminuir la desigualdad en el acceso al agua potable entre grupos sociales y promover el pago de precios reales para consumidores conectados a la red y consumidores por pipa (Izazola, 2001).

La investigación se enfocó en el Oriente del Valle de México, el cual forma parte de la región hidrológica del Alto Panuco, dentro de la subcuenca del Río Moctezuma.

La zona no cuenta con ríos permanentes y solo aparecen corrientes temporales en época de lluvia. En los años sesenta la región era tipo rural, y con el tiempo se agotaron por sobreexplotación los ríos que irrigaban las tierras, de tal forma que el abastecimiento de agua actualmente se realiza por la perforación de pozos profundos, los cuales enfrentan una fuerte presión por la sobreexplotación de los últimos años. Se estima que el 97.0 % del agua se extrae del subsuelo mediante 26 pozos profundos, los cuales no están regulados (IFEDEM, 2005). Lo anterior, ha generado que se desarrolle un mercado del agua a través de la comercialización del agua transportada por pipas, las cuales distribuyen el líquido a los nuevos asentamientos urbanos que no cuentan con conexión a la red pública de abastecimiento de agua, o que este abastecimiento es deficiente. Por ello, el objetivo del presente estudio es analizar la comercialización y cadena de suministro del agua distribuida mediante pipas, así como los agentes participantes. Como hipótesis se establece que el abastecimiento de agua por pipas, al ser una actividad no regulada y que corresponde a un mercado informal, genera distintas asimetrías en cuanto a la apropiación de valor entre los distintos agentes participantes en la cadena de suministro.

MATERIALES Y METODOS

En el análisis de la comercialización de agua extraída de pozos profundos y comercializada mediante pipas en el Oriente del Valle de México se utilizó el método directo del canal de comercialización, esto es, se le dio seguimiento al producto (agua) desde que es extraída del pozo, comprada a los piperos que la transportan y se la venden al consumidor final.

Para la obtención del costo total por hora de la infraestructura hidráulica utilizada en la extracción del agua se realizaron los cálculos del valor de rescate a través de la siguiente formula:

$$1) Vr = (Vi * i)$$

Dónde: Vr representa el valor de rescate, Vi el valor inicial de la infraestructura o herramienta e i la tasa de interés.

Posteriormente se calculó el valor presente de rescate utilizando la fórmula:

$$2) Vpr = \frac{Vr}{(1+i)^t}$$

Dónde: Vpr es el valor presente de rescate, Vr el valor de rescate, i la tasa de interés y t los años de vida útil.

Finalmente se obtuvo el Costo neto del bien con la siguiente formula:

$$3) CN = (CI - Vpr)$$

Dónde: CN representa el costo neto, CI el costo inicial del bien y Vpr el valor presente de rescate.

Se obtuvo el factor de recuperación del capital, la cual es una tasa que se forma por el siguiente cociente:

$$\frac{(1+i)^{(t \times i)}}{(1+i)^{(t-i)}}$$

Donde i es la tasa de interés (0.1) y t es el tiempo de vida útil del bien.

Se obtuvo el costo eléctrico en el que se incurre por el uso de la bomba para la extracción de un metro cubico de agua con la siguiente formula:

$$4) CE = (e)(v) \times (te)$$

Dónde: CE representa el costo eléctrico, e la eficiencia electromecánica dada en kilowatt sobre metro cubico, v es la venta promedio diaria en metros cúbicos y te la tarifa eléctrica.

Finalmente se obtuvo el costo de mano de obra a través de la siguiente formula

$$5) CMO = \frac{s}{v} .$$

Dónde: CMO es el costo de mano de obra, s el salario diario y v es la venta promedio en metros cúbicos.

Una vez obtenidos cada uno de los costos individuales estos se sumaron para obtener el costo total en que incurre el dueño del pozo para la extracción y venta de un metro cubico de agua.

Por otra parte, para la obtención del costo en el que incurre el pipero se calculó el costo privado de recuperación de capital de la pipa con el uso de las fórmulas 1, 2 y 3, además se obtuvo el costo de combustible por metro cubico con la siguiente formula:

$$6) CD = \frac{cd}{at}$$

Dónde: CD representa el costo de Diesel por metro cubico, cd el consumo de Diesel por día y at la cantidad de agua transportada al día en metros cúbicos.

Se calculó el costo de mano de obra de la siguiente manera:

$$7) CM = \frac{s}{at}$$

Dónde: CM representa el costo de mano de obra, s el salario promedio diario y at el agua transportada al día en metros cúbicos.

Al final se sumaron los costos individuales para obtener el costo total de transportar un m³ de agua.

Una vez obtenidos los costos del dueño del pozo y pipero se realizó la estimación de los márgenes de comercialización de ambos agentes; para obtener el margen de comercialización del dueño del pozo se utilizó la siguiente formula:

$$8) MA = PV - C$$

Dónde: *MA* es el margen absoluto, *PV* el precio de venta al detallista y *C* el costo de extracción.

Mientras que para el cálculo del margen de comercialización del pipero se utilizó la siguiente formula:

$$9) MA = PV_c - PC.$$

Dónde: *MA* representa el margen absoluto del detallista, *PV_c* el precio de venta al consumidor y *PC* el precio de compra.

Para obtener las tasas de ganancia de los márgenes (%) de cada uno de ellos se utilizó la siguiente formula:

$$10) Tg = \frac{MA}{C}$$

Dónde: *Tg* representa la tasa de ganancia, *MA* el margen absoluto y *C* el costo del metro cubico, extraído o transportado.

Para la obtención de los datos se entrevistó al dueño de un pozo en el Oriente del Valle de México, que tiene una profundidad de 122 *m* y un espejo de agua a 78 *m*. Adicionalmente, se aplicaron 50 cuestionarios de forma censal, es decir, que no se trabajó sobre una muestra estadística, sino sobre la población total (INEGI, 2011), a igual número de operadores de pipas, donde se les preguntó cuestiones como el precio al que compran la carga de pipa, capacidad de la misma (en metros

cúbicos), distancias recorridas, salario que perciben (si no son los dueños del vehículo), consumidor al que venden el producto y precio de venta del mismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El dueño del pozo (pocero)

El dueño del pozo destacó que posee un pozo con una profundidad de 122 *m* y el espejo de agua se encuentra a 78 *m*; además de que cada año el nivel del agua desciende 1 *m* en promedio. Abastece a pipas con capacidad de 10 *m*³ (los de capacidades menores ya casi no existen), y al día se llenan cien pipas, por lo que la venta promedio diaria es de 1000 *m*³. Este pozo lo opera una bomba de 8" y extrae en promedio 50 *l/s*. Posee otro pozo con una profundidad de 70 *m* y trabaja con una bomba de 4" que arroja 15 *l/s*, este pozo se encuentra conectado a la red de agua potable de la colonia y opera en promedio 12 *hrs* al día, por lo que se considera como una contribución del pocero con la comunidad, debido a que el pozo que explota para la venta de agua no cuenta con registro ante CONAGUA (dicho registro se encuentra en trámite) y es una muestra de pago para no tener conflicto con las autoridades correspondientes, es decir, este pozo únicamente funciona para suministrar a la red pública de agua potable. El análisis se efectuó únicamente con el pozo de mayor capacidad. El precio de venta de la pipa es de \$160.00, por lo que el precio de venta del *m*³ es de \$16.00 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Costos privados de recuperación de capital de equipo de bombeo

INFRAESTRUCTURA Y EQUIPO						
	Perforación	Equipo motriz y Motor Eléctrico (HP)	Motor Magnético y Transformador	Bomba vertical Tipo turbina	Obras accesorias Base para motor y pileta	Total
Características	122 m					
Costo Inicial (\$)	610,000	20,000	23,000	90,000	205,000	
Valor de Recate (\$)	61,000	2,000	2,300	9,000	20,500	
Valor Presente de Rescate (\$)	5,630	771	887	5,588	3,047	
Costo Neto (\$)	604,370	19,229	22,113	84,412	201,953	
Factor de Recuperación del capital	0.110	0.163	0.163	0.264	0.117	
Recuperación Anual (\$)	66,582	3,129	3,599	22,268	23,721	
Costo parcial por Hora (\$)	18.24	0.86	0.99	6.10	6.50	
Costo total por Hora (\$)						32.68
Costo total de funcionamiento						0.1815
Costo eléctrico						0.664
Costo mano de obra						0.400
Costo total extracción y venta\$/ m³						1.25

Fuente: Elaborado con datos proporcionados para un pozo de agua ubicado en la zona Oriente del Estado de México. Junio de 2017

La infraestructura consta de la perforación del pozo a 122 m de profundidad (costo inicial \$ 610 000), motor eléctrico y arrancador magnético (\$20 000), transformador (\$23 000), bomba vertical tipo turbina de 8" (\$90 000) e infraestructura accesoria: tanque elevado de descarga con capacidad de 80 m³ y base para motor (\$205 000).

La vida útil considerada en años fue de entre 5 y 25 años dependiendo de la infraestructura o herramienta valorada, y las horas se obtuvieron de multiplicar la cantidad de años por los días, y posteriormente por las diez horas diarias de funcionamiento del pozo.

La tasa de interés del crédito refaccionario a la que los Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA) presta dinero (7.0 %) más prima de riesgo de 3.0 %: lo que arroja una tasa total de 10.0 %.

La suma de la recuperación de cada uno de los rubros de la infraestructura hidráulica ($18.24 + 0.86 + 0.99 + 6.10 + 6.50$) genera el costo total por hora del funcionamiento de la infraestructura hidráulica, el cual es de \$32.68 (Cuadro 1).

La infraestructura hidráulica arroja 50 l/s, el cual durante un minuto generará 3000 l, cantidad que llevada a una hora será de 180 000 l; o $180 m^3$. Al dividir los \$32.68 el costo por hora entre la cantidad de metros cúbicos extraídos en una hora, se obtiene el costo por metro cubico del funcionamiento de la infraestructura, el cual es de \$0.1815 (Cuadro 1).

El costo de la mano de obra se calcula al contratar dos personas para cubrir dos turnos diarios (cada uno de 12 hr) con un salario por turno de \$200.00, lo que hace un gasto total diario de trabajo de \$400.00. Si diariamente se extraen y se despachan mil metros cúbicos, entonces el gasto por m^3 es de \$0.40 (Cuadro 1).

El gasto total por extraer y despachar un m^3 de agua lo constituyen los tres rubros anteriores, y este es de \$1.25 (Cuadro 1).

Costos privados de transportación del agua desde el pozo a los consumidores.

En este proceso de transportación del líquido desde el pozo hasta los consumidores intervienen los llamados “piperos” con carros tanque con capacidad de $10\ m^3$ transportan el agua. La pipa de $10\ m^3$ tiene un costo en el pozo de \$160.00, es decir, que el metro cubico tiene un precio de \$16.00. Los piperos para entregar el agua realizan en promedio un recorrido de $19.45\ km$, y efectúan aproximadamente tres viajes diarios, por lo tanto, su capacidad de carga al día es de $30\ m^3$. El precio promedio de venta del contenido de la pipa es de \$686.32, lo que equivale a \$68.63 por m^3 .

Se obtiene la depreciación de la pipa con un costo de \$1 259 700 (según la agencia automotriz) y una vida útil de 10 años; finalmente se llega a un costo parcial por hora de \$25.91, el cual multiplicado por las seis horas que trabaja la pipa arroja un costo diario de \$155.45, el mismo al ser dividido entre los $30\ m^3$ que transportan al día (por los tres viajes que realizan) origina el costo de \$5.18 por m^3 transportado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Costos privados de recuperación de capital de las pipas.

Equipo	Pipa de Agua 10 m ³	Combustible	Mano de obra
	Durastar 2017	(Diésel) 378/	por m ³
Costo inicial (\$)	1,259,700		
Valor de Rescate (\$)	125,970		
Tasa de Interés (OP)	0.10		
Valor Presente de Rescate (\$)	48,567		
Costo Neto (\$)	1,211,133		
Factor de Recuperación del capital	0.163		
Recuperación Anual (\$)	197,106		
Costo parcial por Hora (\$)	25.91		
Costo por día (\$)	155.45		
Costo de la pipa por m³	5.18	10.77	9.56
Costo total de transportar \$/m³	25.51		

Fuente: Elaboración con datos proporcionados por los piperos y agencia automotriz.

El Cuadro 2 muestra el gasto de diésel por m^3 transportado. La pipa realiza en promedio para la entrega del agua un recorrido de 19.45 km , al realizar tres viajes al día, efectúa un recorrido vacía de 58.3 km , y la misma distancia cargada. Debido a que vacía tiene un rendimiento por litro de diésel de 7 km , y; con carga su rendimiento es de 5.5 km , entonces el gasto diario de diésel cargada y vacía es de 8.34 l y 10.61 l , respectivamente, en total constituye un gasto diario de combustible de 18.94 l . Con un costo del diésel de \$17.06, el gasto total en combustible es de \$323.20, el que al ser dividido entre los 30 m^3 transportados arroja un costo de \$10.77 por m^3 .

En la encuesta realizada a los piperos se encontró que aquellos que no son dueños de las pipas solamente cobran un salario por fungir como choferes de estas, el salario promedio diario es de \$286.80. Al dividir el salario diario devengado por los piperos, entre los 30 m^3 transportados arroja un gasto de mano de obra de \$9.56 por m^3 transportado (Cuadro 2).

El costo total de un m^3 de agua transportado desde el despacho del pozo hasta el consumidor lo constituye la suma de la depreciación de la pipa (\$5.18), más el gasto del diésel (\$10.77) más el gasto en mano de obra (\$9.56) rubros que en conjunto suman \$25.51 por m^3 (Cuadro 2).

Márgenes de comercialización

El dueño del pozo vende a \$16.00 m^3 , si tiene costos de extracción por \$1.25 m^3 , entonces su margen absoluto se forma por la resta del precio de venta menos los costos, el cual es de \$14.75 por m^3 (Cuadro 3).

El pipero vende a los consumidores a \$68.63 el m^3 , y le compra al dueño del pozo dicho m^3 a \$16.00, entonces su margen absoluto es de \$52.63 m^3 . De los resultados obtenidos se observa que el mayor margen absoluto lo obtienen los piperos, en tanto que el margen del dueño del pozo es menor (Cuadro 3).

Tasas de ganancia de los márgenes

Si cada margen de comercialización se pondera por los costos en que incurre cada agente de comercialización, entonces se obtienen las tasas de ganancia respectivas. Como se observa en el Cuadro 3, el mercado de la extracción de agua de pozo y comercializada mediante pipas es un mercado sumamente rentable, y el pocero es quien obtiene la mayor tasa de ganancia al incurrir en costos menores.

Cuadro 3. Márgenes absolutos y tasa de ganancia absoluta en la comercialización de agua por pipas en el Oriente del Valle de México.

Agentes de comercialización	Costos \$/m³	Margen absoluto \$/m³	Tasa de ganancia %
Dueño del pozo	1.25	14.75	1,180.0
Pipero	25.51	52.63	206.30

Fuente: Elaboración propia con base en las entrevistas a los agentes de comercialización

La discusión del presente estudio se centra en los resultados a través de las encuestas y el cálculo por un método directo de comercialización para obtener los márgenes de comercialización de los agentes participantes del suministro de agua potable por pipeo. Son casi nulos los estudios que se han realizado con respecto a la comercialización de agua por pipas. Sin embargo, algunos estudios realizados con el fin de modificar la problemática de escasez y sobre explotación de los mantos acuíferos, como el presente, es el realizado por Gómez y Palerm (2015), quienes presentaron un estudio sobre el abastecimiento de agua potable por pipas en el Valle de Texcoco, abordaron el tema desde el punto de vista social, concluyendo que el abasto por pipas disminuye la presión sobre la exigencia de eficacia del abasto de agua.

Por otra parte, se estimaron los costos de extracción y transporte en los que se incurren durante la comercialización del agua por pipas. Como es sabido la inexistencia de un mercado formal es la respuesta racional a costos de transacción que superen las ganancias comerciales potenciales (Dourojeanni & Jouravlev, 2002). Por ende, se reducen la rentabilidad de las transferencias, así como el volumen total de ganancia entre dueño del pozo y pipero- haciendo aún mayor la ganancia del pocero (Collentine, 2007). La participación de las externalidades vinculadas con la transferencia de agua para asegurar los beneficios sociales debe ser realizada por los compradores y vendedores, sin embargo, debe existir “la supervisión del gobierno de las transferencias de agua revestiría de interés social” para asegurarlo (Huamán, et al., 2015).

El mercado del agua permite una reasignación justa de derechos de agua de los usos de poco valor a los de más valor, ofreciendo en cuencas en principio saturadas alternativas de abastecimiento para satisfacer las crecientes demandas de agua que presenta actividades de gran importancia económica y social, como el abastecimiento de agua potable, aprovechando eficientemente el recurso (Dourojeanni y Jouravlev, 2001).

A diferencia del estudio realizado por Gómez y Palerm (2015), en el que se manejan el costo de pipa de 10,000 l en promedio tiene un costo de \$65.00 el llenado, en el estudio actual de acuerdo con la entrevista realizada, el dueño del pozo vende una pipa de la misma capacidad en \$160.00. Por otra parte, en el mismo estudio se señala que no existe información disponible, ni documentos en alguna instancia con datos respecto a los costos, en contraste en el presente estudio a través de entrevistas realizadas a piperos se obtuvieron los siguientes datos: el costo de la pipa el cual es de \$1,259,700.00 con diez años de vida útil, se estimaron los costos por mano de obra en \$9.56, combustible en \$10.77 y costo de la pipa en \$5.18 por metro cubico respectivamente, con estos datos se obtuvo el costo total de trasladar un metro cubico de la pipa hasta el consumidor final en \$25.51.

De acuerdo con Gómez y Palerm, (2015), el abasto de agua por pipas no es únicamente para aquellos pobladores sin conexión a una red de agua potable, entonces, en el presente estudio se concluye que el mercado existe por necesidad. Al no estar regulado y tener ganancias altas es un negocio sumamente rentable, a lo que se propone la intervención del gobierno para la regulación del mercado a través de la instauración de políticas públicas y cuotas controladas.

CONCLUSION

Debido a la escasez de agua en el Valle de México se ha generado un mercado de extracción de agua de pozos profundos y comercializada mediante carros tanque (pipas) a los consumidores. Este mercado es altamente lucrativo, y en la comercialización del líquido el mayor margen absoluto lo obtienen los piperos y en menor medida los dueños de los pozos. Sin embargo, al ponderar los márgenes entre los costos en que incurren los agentes comerciales, la mayor tasa de ganancia lo obtienen los poceros, debido a que tienen costos menores en relación con los piperos.

Con los resultados obtenidos en la presente investigación se da a conocer los costos y las ganancias en que incurren los agentes de comercialización del agua por pipas, resaltando el amplio margen de ganancias con el que cuenta cada uno, lo que hace pensar que se está lucrando con la necesidad de la población por el recurso hídrico, sin embargo, si el gobierno interviniera a través de políticas públicas en las que se estableciera un marco regulador las ganancias de los agentes disminuirían lo que beneficiaría directamente a los consumidores dándoles certeza del suministro del recurso, así como manteniendo una tarifa fija ya sea por metro cubico o por consumo diario y a la protección del recurso natural controlando la cantidad extraída de los pozos, y utilizando parte del ingreso por consumo de agua para medidas de protección de las fuentes hídricas.

LITERATURA CITADA

Banco Mundial. 2013. Agua urbana en el Valle de México: ¿Un camino verde para mañana? Retrieved from <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2015/06/Agua-Urbana-en-el-Valle-de-Mexico.pdf>

Caballer V. y N. Guadalajara.1998. Valoración económica del agua de riego. Ed. Mundi-prensa. España. pp. 193.

CartoCrítica. 2015. Profundidad de los pozos de agua. Retrieved from http://www.cartocritica.org.mx/2015/profundidad_agua_subterranea/

Collentine, Dennis. 2005. Composite market design for a Transferable Discharge Permit (TDP) system. *Journal of Environmental Planning and Management*. 49(6) pp. 929-946

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2009. Avance del Plan de Riesgos por mes. Jefatura del Distrito de Riego Jilotepec. México. (Documento de circulación interna).

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) 2012. Programa Hídrico Regional Visión 2030 / Región Hidrológico-Administrativa XIII Aguas del Valle de México. Distrito Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Dourojeanni, Axel y Andrei Jouravlev. 2001. Siete lecciones de la experiencia de Chile en materia de mercados del agua. *Ingeniería del Agua*. 8(4) pp. 441-445

Dourojeanni, Axel y Andrei Jouravlev. 2002. Evolución de políticas hídricas de América Latina y el Caribe. *Recursos Naturales e Infraestructura*. pp. 51-70

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) 2017. México. Retrieved from <https://www.fira.gob.mx/Nd/index.jsp>

Foro para la Comunicación Ambiental, A.C. 2017. Visión general del agua en México. Retrieved from <https://agua.org.mx/cuanta-agua-tiene-mexico/>

Gobierno del Distrito Federal. 2012. 2012 Compendio DCGOH. México D.F.: Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Secretaría General de Obras Públicas.

Gómez-Valdez, Monserrat I., & Palerm-Viqueira, Jacinta. (2015). Abastecimiento de agua potable por pipas en el Valle de Texcoco, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 12(4) pp. 567-586 Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722015000400567&lng=es&tlng=es

Heath, S. y Philippe, E. 2012. Sur la réserve exploration d'une approche urbaine pour la résolution d'un problème technique: l'épuisement des ressources hydriques à Mexico. Thesis, Maitre EPFL: Gotz Menzel

Huamán Cáceres, Roció, Julio Ítalo Ramos Calderón, Suyo Castillo y Hugo Rony. 2015. Análisis y elaboración de propuesta para mejorar la implementación exitosa del programa PSI- Sierra en la Junta de Usuarios de Agua Cusco. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Cusco. pp. 92.

INEGI (Instituto Nacional Estadística Geografía). 2011. Área Metropolitana de la Ciudad de México—Síntesis de Resultados—X Censo General de Población y Vivienda 2010. México, D.F.: INEGI.

INFEDM, Instituto de Federalismo y Desarrollo Municipal, 2005: Monografía municipal de Chicoloapan. México, D.F. Secretaría de Gobernación.

Iracheta Cenecorta, Alfonso. 2003. Gobernabilidad en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Papeles de Población*, Toluca 9(36) pp. 211-239 Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252003000200009&lng=es&tlng=es.

Izazola, H. 2001. Agua y sustentabilidad en la Ciudad de México. *Estudios demográficos y urbanos*, 16 (47) pp. 285-320. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/40315074>

Mazarí, M., and M.D. Mackay. 2013. Potential groundwater contamination by organic compounds in the Mexico City Metropolitan Area. *Environ. Sci. Technol.* 27(5) pp. 794–802.

OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). *Presentación del Estudio Territorial del Valle de México*. México, OECD, 2015.

Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000. Ed. Mundi-Prensa. 2000. *Vivendi Environment. Annual Report, 2000*.

SEMARNAT (Secretaría de Marina y Recursos Naturales). *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. México, SEMARNAT, 2008.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2003. *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Agua para Todos, Agua para la Vida*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/00129556s.pdf>

CAPITULO II. MEDICION DE COSTOS Y BENEFICIOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE AGUA POTABLE EN ZONAS DE LA PERIFERIA DE TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

Efraín Mora Martínez, M.C,
Colegio de Postgraduados, 2017.

RESUMEN

La importancia del agua para el desarrollo de la vida del ser humano justifica la estimación de los costos y beneficios que se obtienen por la realización de proyectos de inversión de agua potable, que garanticen el abasto del líquido a la población de más bajos recursos ubicada en las áreas periféricas de las zonas metropolitanas. Con el objetivo de demostrar que los beneficios de proyectos de inversión de agua potable son mayores a los costos desembolsados para el desarrollo de la red hidráulica se realizó la estimación de una función de demanda de agua usando datos de consumidores conectados a la red hidráulica y de consumidores que consumen agua de pipa. Los resultados indican que los beneficios obtenidos al instrumentar proyectos de inversión que garanticen el abasto de agua a los consumidores que no están conectados a la red hidráulica ascienden a \$ 907.13 pesos por consumidor, cifra muy por encima de los costos desembolsados y que ascienden a \$25.51/m³. Tomando en cuenta la importancia del agua para el ser humano y, debido a que los beneficios son mayores a los costos en los proyectos de inversión de agua potable se recomienda que los Gobiernos municipales instrumenten las medidas necesarias para el desarrollo de la infraestructura, que permita la conexión de la población marginada a la red de agua potable.

PALABRAS CLAVE

consumo de agua, pipa, red hidráulica, beneficio, costo, función de demanda.

**MEASUREMENT OF COSTS AND BENEFITS OF DRINKING WATER
INVESTMENT PROJECTS IN ZONES OF THE PERIPHERY OF TEXCOCO,
ESTADO DE MEXICO**

Efraín Mora Martínez, M.C,
Colegio de Postgraduados, 2017.

ABSTRACT

The importance of water for the development of the life of the human being justifies the estimation of the costs and benefits obtained by the realization of potable water investment projects that guarantee the supply of the liquid to the population of the lowest resources located in the peripheral areas of metropolitan areas. With the goal of demonstrating that the benefits of potable water investment projects are significantly greater than the costs disbursed for the development of the hydraulic network, an estimation of a water demand function was performed using data from consumers connected to the water network and of consumers who consume water by tank trucks. The results indicate that the benefits obtained from implementing investment projects that guarantee water supply to consumers who are not connected to the water network amount to \$ 907.13 pesos per consumer, higher than the costs disbursed amount to \$ 25.51/m³. Taking into account the importance of water for human beings and because the benefits are significantly greater than the costs of potable water investment projects, it is recommended that the municipal governments implement necessary measures for the development of the infrastructure that allows the connection of the marginalized population to the drinking water network.

KEY WORDS

water consumption, tank trucks, hydraulic network, benefit, cost, demand function.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos esenciales para la vida en el planeta, y cualquier cambio en la producción de ésta en volumen o composición causan impactos importantes en los seres humanos. El volumen total del agua en la tierra es de aproximadamente 1,400 millones de kilómetros cúbicos, de la cual la mayor parte se encuentra en océanos y únicamente el 2.8% es agua dulce, de ese porcentaje la mayor parte encuentra en estado sólido o en acuíferos profundos, lo que no hace posible su uso (Duarte, 2006). El agua para consumo humano se encuentra principalmente en ríos, lagos, suelos y acuíferos someros, pero el porcentaje de esta agua es de menos del 1% (UNEP, 2002).

En la actualidad, el 54% del agua dulce es consumida por los seres humanos. En los últimos 70 años el consumo de agua se ha incrementado seis veces, mientras que la población mundial se ha triplicado. El consumo de agua aumento por un factor de 10, pasando de 600 a más de 5,200 km² anuales durante el siglo XX, y el consumo per cápita aumento de 320 a 900 m³ anuales (Shiklomanov, 1993). Se espera que para el 2015 el uso del agua global aumente entre el 25 y 50%. Con una población en el planeta de 8,000 millones de personas, se prevé que dos tercios de la población mundial estarán sujetos a problemas de escasez de recursos hídricos, con menos de 50 litros diarios por persona (Duarte, 2006). Las Naciones Unidas refieren que 1.2 billones de personas en el mundo todavía no tienen acceso a sistemas de agua potable, y entre 2.5 y 3.3 billones (aproximadamente la mitad de la población mundial) carecen de estructuras básicas de saneamiento (ONU, 2016).

México tienen una amplia trayectoria en el manejo del recurso hídrico, con gran tradición que data desde épocas prehispánicas. El surgimiento de la problemática del agua en el país se dio antes de la llamada “crisis del agua” a nivel mundial (Aboites,2004); y esta situación podría ser fácilmente replicada en países con un rápido crecimiento poblacional y expansión urbana.

México cuenta con una distribución heterogénea del recurso hídrico, con abundancia en la parte sur y una baja disponibilidad de agua en la parte central y norte del país (CONAGUA, 2011). En el país se presentan en particular los siguientes problemas relacionados con la gestión del agua (CONAGUA, 2006): 1) Densidad poblacional heterogénea, concentrada en un pequeño número de centros urbanos; 2) Mayor porcentaje urbano que rural (cerca del 80%); 3) Distribución natural desigual del agua; 4) Sistemas tradicionales de gestión de agua urbana, en donde algunos autores cuestionan las cifras oficiales sobre el acceso al servicio de agua potable en México, e indican que solo un 69% reciben el agua dentro de su domicilio y existe una gran diferencia entre el sector urbano y rural (Barkin y Klooster, 2006; INEGI, 2011).

Por otra parte, Soares (2007), menciona que uno de los mayores problemas en la gestión del agua es la asignación de responsabilidades sin creación de capacidades.

Texcoco tiene sus asentamientos poblacionales en una importante reserva de agua subterránea, cada vez más sobreexplotada, estimándose que la extracción duplica la recarga y el abatimiento del manto friático es de 1 a 2 metros por año (H. Ayuntamiento de Texcoco, 2003). El municipio cuenta con aproximadamente 93,273 viviendas particulares y la media de cobertura de agua potable municipal corresponde al 94.09 % (IGECEM, 2014). La cabecera municipal cuenta con 15 pozos y 7 redes de distribución administrados por el ayuntamiento, los cuales suministran el agua, la población beneficiada es de 119,960 habitantes (H. Ayuntamiento de Texcoco, 2016). Sin embargo, existen núcleos poblacionales que no cuentan con servicio de agua potable y reciben el suministro a través de pipas, con un aporte total de 352 pipas de manera mensual a un total de 19 comunidades.

El 17 % del territorio del municipio de Texcoco está ocupado por centros urbanos y el 80 % es de uso agrícola, bosques y pastizales. Sin embargo, el territorio está

siendo amenazado con un crecimiento urbano desordenado; en el año 2000 la población era de 204, 102 habitantes, en 2010 se reportó un total de 235,151 habitantes y para el año 2015 ya tenía una población de 240,749 habitantes (INEGI, 2015). El crecimiento de la población está siempre acompañado de un incremento en el consumo per cápita de recursos como el territorio, el agua y la energía (Duarte, 2006).

La omisión del consumo de agua estimado para el aeropuerto, el cual implicaría la demanda de 23.6 millones de m³ al año, según las estimaciones, considerando el consumo promedio de agua por persona en México (131.4 m³ al año) afectaría directamente al municipio de Texcoco y otros municipios conurbados (Córdova-Tapia, *et al.*, 2015).

Se han establecido alternativas para contrarrestar la escasez y sobreexplotación del agua, fomentando el ahorro y uso eficiente del vital líquido. Un claro ejemplo es el realizado por Salazar y Pineda (2010), quienes realizaron un modelo lineal-logarítmico para crear cuatro escenarios de demanda de agua, consideraron las siguientes características: sin cambios en variables, la eficiencia en la cobranza, aumento de tarifas y reducción de agua no contabilizada. Por otro lado, García y Mora (2008), estimaron funciones de demanda en el sector urbano de Torreón, Coahuila y Gómez Palacio, Durango, encontraron las elasticidades ingreso y precio de la demanda con las cuales concluyeron que es necesario aumentos en las tarifas para reducir el consumo del bien.

La problemática esbozada anteriormente para el área del municipio de Texcoco hace necesario estimar una función de demanda de agua para esta área, con el fin de cuantificar los beneficios que dicha demanda aporta a los habitantes de la región. Como hipótesis se establece que la demanda del vital líquido es importante en la generación de bienestar para los consumidores de Texcoco.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el municipio de Texcoco. Estado de México. La recolección de datos se obtuvo de 50 entrevistas con consumidores de agua conectados a la red y que además compran agua de pipas cuando este servicio no está disponible, y de 50 consumidores que únicamente adquieren el líquido suministrado por carros tanque.

Se consideró el consumo mensual en metros cúbicos como base para el diseño de un modelo econométrico de regresión lineal para determinar la demanda de agua basado en García y Mora (2008) y Jaramillo (2003), los cuales tomaron en cuenta variables de consumo, precio e ingreso.

El desarrollo de los modelos se realizó a través de datos correspondientes al periodo 2017, utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios, a través del uso del programa estadístico SAS 9.0 (2002) El modelo resultante se validó considerando los coeficientes y consistencia de acuerdo con la teoría económica de la demanda del consumidor. La validación del modelo se realizó a través de tres pruebas estadísticas de acuerdo con Gujarati (2003); prueba de F, prueba de significancia global de la regresión, la prueba de t, prueba de hipótesis de la media y el coeficiente de regresión (R^2), proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión.

Para llevar a cabo el modelo se cuantifico el costo unitario del agua (\$ por m^3) a través de los cuestionarios realizados (Ecuación 1).

$$CUEA = CTFP + CE + CMO \quad \text{Ec. 1)}$$

Donde: CUEA, representa el costo unitario de extracción de agua expresada en pesos por metro cubico, CTFP es el costo total de funcionamiento del pozo de agua, CE es el costo de electricidad y CMO el costo de mano de obra. Todas las variables son expresadas en pesos por metro cubico (\$ por m^3).

Una vez determinado el costo unitario se estimó la función de demanda para medir los beneficios que genera el consumo de agua de la población ubicada en zonas que no cuentan con el servicio de agua potable, la función de demanda propuesta es la siguiente: (Ecuación 2).

$$QPCA_i = \beta_0 + \beta_1 PA + \beta_2 ING + u_i \quad \text{Ec.2)}$$

donde para el consumidor i , $QPCA$ es el consumo de agua por consumidor en m^3 ; PA es el precio del agua en \$ por m^3 ; según la teoría económica la demanda de un bien o servicio puede determinarse por el nivel de ingreso de los consumidores, a mayor ingreso mayor demanda y viceversa, ING es el ingreso del consumidor y; u_i es el término de error aleatorio.

A partir de la función de demanda estimada y considerando al ingreso como constante, se calculará el beneficio (B) que obtienen los consumidores por el consumo de agua potable abastecida a través del proyecto de inversión esto es (Ecuación 3):

$$B = \int_{p.min}^{p.max} (\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 PA) dPA \quad \text{Ec. 3)}$$

se tomará la integral definida de esta función, donde el intervalo de integración será el precio mínimo (0) y el precio máximo de venta por m^3 .

Una vez que se obtiene los costos y los beneficios se obtendrá la relación Beneficio- Costo.

Cuadro 1. Indicadores estadísticos de los consumidores de agua.

Variable	Promedio aritmético	Moda	Mediana	Valor mínimo	Valor máximo
<i>Consumidores de agua de pipa</i>					
Consumo de agua	10.78	10.00	10.00	7.00	16.00
Precio	46.02	40.00	40.00	32.00	75.00
Ingreso	6678.57	6500.00	6500.00	6500.00	11500.00
<i>Consumidores de agua conectados a la red</i>					
Consumo de agua	22.25	21.962	21.96	18.49	24.28
Precio	1.98	2.1	2.10	1.17	3.50
Ingreso	7541.88	6500	6500	6500.00	11501.00

Fuente: Elaborado con información del modelo estimados. QPCA = consumo promedio por consumidor; PA= precio real del agua; ING= ingreso del consumidor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan algunos indicadores relacionados con los consumidores de agua. Los resultados reflejan que al tener un menor precio el consumo de agua es mayor como en el caso de los consumidores conectados a la red, y si el precio se incrementa el consumo será menor como en el caso de los consumidores de agua por pipa, lo que hace consistente el modelo con la teoría de la demanda (Cuadro 1).

Los resultados del modelo econométrico se evaluaron a través de las pruebas de F, R² y t asintótica. La estimación de la función de demanda arrojó una ordenada al origen de 20.72, un coeficiente asociado al precio de -0.23 y un coeficiente asociado al ingreso de 0.0002. La función de demanda es la siguiente: (Ecuación 6)

$$QPCA = 20.72 - 0.23PA + 0.0002ING \quad \text{Ec. 6)}$$

El valor Prob, cuando se obtuvo F fue prácticamente cero ($P \leq 0.0001$), es decir, las variables explicativas son significativas en el modelo para poder determinar la variación de la demanda de agua por consumidor. En el caso de la prueba de bondad de ajuste (R^2) se obtienen un ajuste de la recta de regresión con una R^2 de 0.83. Finalmente, el modelo arroja en todas las variables un valor t mayor a 1, por lo que el modelo resulta con un ajuste apropiado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros estadísticos del modelo.

	Variable dependiente	Variables explicativas		R^2	Ft	Prob > F
	QPCA	PA	ING	0.83	190.34	<.0001
Coefficiente	20.72	-0.23	0.00021			
Error Estándar	1.24	0.012	0.00015			
Valor de t	16.62	-18.58	1.34			
P	<.0001	<.0001	0.1833			
Elasticidad		-0.23	0.08			

Fuente: Elaborado con información de los modelos estimados. QPCA = consumo promedio por consumidor; PA= precio real del agua; ING= ingreso del consumidor y valores medios de las variables.

Los resultados del modelo confirman lo establecido por la teoría económica, respecto a la demanda, esto se puede confirmar al observar los signos de los coeficientes estimados (García Mata *et al.*, 2003). Es decir, el precio del agua es inversamente proporcional a la cantidad demandada de agua, esto implica que a un mayor precio la cantidad demandada será menor. Por otra parte, el ingreso es una variable que tiene una relación proporcional directa con el consumo, lo que implica que a un mayor nivel de ingreso el consumo aumenta.

La elasticidad precio propia arroja que la demanda es inelástica en el punto medio de la serie de datos con un coeficiente de -0.23. Al tratarse de un bien necesario el consumo responde en menor medida ante un cambio en el precio del agua. El coeficiente de elasticidad precio propia implica que un incremento del 10% en el

precio, y si se mantiene todo lo demás constante (*ceteris paribus*), el consumo de agua disminuirá en 2.3 por ciento. El coeficiente de elasticidad precio propia es ligeramente mayor a los estimados por García y Mora (2008), quienes obtuvieron elasticidades inelásticas para las ciudades de Torreón y Gómez-Palacio con valores de -0.21 y -0.18, respectivamente, mientras que en el presente estudio respecto a la ciudad de Texcoco la elasticidad fue de -0.23. Por otra parte, los resultados del presente trabajo concuerdan también con lo establecido por Jaramillo (2003), quien determinó un coeficiente de elasticidad precio entre -0.22 y -0.58 en los hogares mexicanos. El resultado del presente estudio varía notablemente con el trabajo realizado por Salazar y Pineda (2010), quienes determinaron un coeficiente de elasticidad precio de -0.027.

La elasticidad ingreso obtenida fue de 0.08, es decir, que se trata de un bien normal, lo cual implica que ante un aumento en el ingreso real la cantidad demandada aumentara en una proporción menor. Así, si el ingreso real aumenta en un 10%, la demanda de agua promedio aumentara en un 0.8%, en este caso se necesitaría un incremento significativo en el ingreso para generar un cambio importante en la cantidad demanda.

Finalmente, se obtuvo la integral definida de la función de demanda estimada, evaluada en el intervalo de integración (Ecuación 7).

$$20.72PA - \frac{0.23PA^2}{2} \Big|_0^{75} \quad \text{Ec. 7)}$$

Esto arroja un bienestar del consumidor de \$ 907.13, es decir, que los consumidores están dispuestos a pagar hasta esa cantidad por el consumo de 18 m³, que fue el promedio base del cálculo. A diferencia Narvárez y Meza (2010), quienes estimaron bienestar a través del excedente del consumidor para Nicaragua en C\$316.55, es decir \$189.93 pesos mexicanos, la diferencia con este estudio se debe a las diferentes variables en la estimación de la demanda, así

como los datos que utilizaron respecto a diferentes alternativas de abastecimiento (puestos, ríos, manantiales, pipas, carreteras y pozos).

Por otra parte, Tobarra-González (2013) menciona que se necesita aumentar un 10% la tarifa de agua para reducir el consumo, lo cual implicaría una pérdida de bienestar de entre 8 y 9.5 euros, es decir, \$176 pesos mexicanos.

CONCLUSIONES

La demanda de agua es inelástica con respecto a su precio (0.23). Y la elasticidad ingreso clasifica a este bien como normal (0.08); dado el coeficiente de elasticidad ingreso se observa que ante un aumento en el ingreso real la demanda del agua aumentara en una proporción mucho menor.

Los resultados obtenidos muestran, también que el beneficio de la implementación de un proyecto de servicio de agua potable en las zonas donde no existe, sería mayor a los costos en los que se incurriría por llevar a cabo el proyecto.

LITERATURA CITADA

Aboites, L. 2004, De bastión a amenaza. Agua, políticas públicas y cambio institucional en México, 1947-2001. En B. Graizbord y J. Arroyo (coords.), El futuro del agua en México, México, pp. 89-113

Barkin, D., y D. Klooster. 2006, Estrategia de la Gestión del Agua Urbana en México: un análisis de su evolución y las limitaciones del debate para su privatización. En D. Barkin (coord.), La gestión del agua urbana en México, retos, debates y bienestar México, pp. 1-45

CONAGUA- Comisión Nacional del agua 2011, Diario Oficial de la Federación que aparece en CONAGUA. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México (En línea) Disponible en <http://www.cna.org.mx>.

CONAGUA- Comisión Nacional del Agua 2006, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Córdova- Tapia F., A. Straffon, G. Abisaya, K. Levy, O. Arellano, C. Ayala, L. Zambrano, D. Sanchez, Sh. Acosta. 2015, Análisis del resolutivo SGPA/DGIRA/DG/09965 del proyecto “Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, S.A. de C. V. Grupo de Análisis de Manifestaciones de Impacto Ambiental. Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad. México

Duarte C. M. 2006, Cambio global Impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp.165

García Mata R., J.A. García Salazar y R.C. García Sánchez. 2003, Teoría del mercado de productos agrícolas. Colegio de Postgraduados, Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, Programa de Postgraduados en Economía. Montecillo, Estado de México

García- Salazar, J.A. y J.S. Mora-Flores, 2008, Tarifas y consumo de agua n el sector residencial de la Comarca Lagunera, Región Soc. 42: pp. 119-132

Gujarati, D. N. 2003, Econometría. McGraw Hill, México.

H. Ayuntamiento de Texcoco. 2016. Plan municipal de desarrollo del municipio de Texcoco 2016-2018.

H. Ayuntamiento de Texcoco. 2003. Plan municipal de desarrollo del municipio de Texcoco 2003-2006.

IGCEM- Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del estado de México. 2014, Agenda Regional, Secretaría de Finanzas, México.

INEGI- Instituto Nacional de Estadística Geografía. 2015, (En línea) Disponible en <http://www.inegi.org.mx/>

INEGI-Instituto Nacional de Estadística Geografía. 2011, Área Metropolitana de la Ciudad de México—Síntesis de Resultados—X Censo General de Población y Vivienda 2010. México

Jaramillo- Mosqueira, L.A. 2003, Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental, México.

ONU- Organización de las Naciones Unidas. 2016, Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos hídricos en el Mundo 2016 Agua y Empleo UNESCO, París.

Salazar- Adams A. y N. Pineda-Pablos. 2010, Escenarios de demanda y políticas para la administración del agua potable en México: el caso de Hermosillo, Sonora. *Región Soc.* 47: pp. 105-122.

Shiklomanov, I. 1993, *World Water Resources*. In: Gleick, P., Ed., *Water in Crisis*, New York

Soares, D. 2007. Crónica de un fracaso anunciado: la descentralización en la gestión del agua potable en México, *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 1(4) pp. 19-37

Torraba- González, M.A. 2013. Factores explicativos de la demanda municipal de agua y efectos en el bienestar de la política tarifaria. Una aplicación a la cuenca del Segura. Universidad Politécnica de Cartagena, Facultad de CC.EE., c/ Real, 3, 30201 Cartagena, España.

UNEP- United Nations Environment Programme. 2002, UNEP Annual Report for 2002 (En línea) Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.11822/8556>

ANEXOS

Anexo I. Programa de SAS para el modelo de demanda.

```
data consumo;  
input consumo pa ing;  
cards;  
7.00 52.86 6500  
8.00 75.00 6500  
10.00 37.00 6500  
10.00 45.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 32.00 6500  
10.00 48.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 45.00 6500  
10.00 37.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 40.00 6500  
10.00 35.00 6500  
10.00 40.00 6500  
12.00 66.67 6500  
12.00 50.00 6500  
12.00 66.67 6500  
12.00 66.67 6500  
14.00 57.14 6500  
14.00 57.14 6500  
15.00 40.00 11501  
16.00 37.50 6500  
18.49 3.50 6500  
18.49 3.50 6500  
18.49 3.50 6500  
20.23 2.80 11501  
20.66 2.63 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500  
21.96 2.10 6500
```

```
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 11501
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 11501
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 11501
21.96 2.10 6500
21.96 2.10 11501
22.21 2.00 6500
22.83 1.75 6500
22.83 1.75 11501
23.70 1.40 6500
23.70 1.40 6500
23.70 1.40 6500
23.70 1.40 6500
23.70 1.40 6500
23.70 1.40 11501
23.70 1.40 11501
23.70 1.40 11501
23.70 1.40 6500
23.70 1.40 6500
23.70 1.40 6500
23.92 1.31 6500
24.28 1.17 11501
24.28 1.17 6500
;
proc print;
proc means;
var consumo pa ing;
proc reg;
  model consumo=pa ing;
run;
```

Anexo II. Salida de SAS modelo de demanda

Sistema SAS

Procedimiento MEANS

Variable	Número de observaciones	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
consumo	76	18.0311842	5.7943784	7.0000000	24.2800000
pa	76	18.2069737	22.4320680	1.1700000	75.0000000
ing	76	7223.82	1771.19	6500.00	11501.00

Sistema SAS

Procedimiento REG

Modelo: MODEL1

Variable dependiente: consumo

Analysis of Variance

Fuente	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	2112.93338	1056.46669	190.34	<.0001
Error	73	405.17821	5.55039		
Total corregido	75	2518.11159			

Root MSE	2.35593	R-cuadrado	0.8391
Media dependiente	18.03118	Adj R-Sq	0.8347
Coeff Var	13.06584		

Parámetros estimados

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Valor t	Pr > t
Término i	1	20.72167	1.24643	16.62	<.0001
paependie	1	-0.23206	0.01249	-18.58	<.0001
ing	1	0.00021243	0.00015815	1.34	0.1833

CAPITULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

CONCLUSIÓN GENERAL

La situación con la que se enfrenta el Valle de México en general, respecto a la demanda, distribución y comercialización de agua, aunado a la escases del vital líquido, ha generado un mercado no regulado en el que se extrae el agua de

pozos profundos y se comercializa a través de pipas, para que este recurso pueda llegar a los consumidores que no cuentan con conexión a la red de agua potable o en los casos donde este servicio es inconsistente. Los márgenes de ganancia son amplios; tanto de los piperos quienes tienen un mayor margen absoluto, como del dueño de los pozos. Sin embargo, cuando estos márgenes son ponderados entre los costos en que incurren, tanto los distribuidores como el dueño de los pozos, la tasa de ganancia más amplia corresponde a los poceros, debido a que sus costos son menores.

El modelo estimado de la función de demanda en función de las variables precio tuvo una explicación estadística significativa, y se pudo concluir que la demanda de agua responde inelásticamente al precio, es decir, que al tratarse de un bien de primera necesidad el consumo no responde en gran medida ante un cambio en los precios; por otra parte la elasticidad ingreso, permite inferir que se trata de un bien normal, debido al coeficiente obtenido de 0.08, lo cual implica que un aumento en el ingreso real la cantidad demandada aumentara en una proporción mucho menor.

Finalmente se comprobó que el beneficio de la implementación de un proyecto de servicio de agua potable en las zonas donde no existe, sería mayor a los costos en los que se incurriría por llevar a cabo el proyecto, dado a que el beneficio del consumidor es de \$ 907.13.

RECOMENDACIONES GENERALES

La presente investigación arroja resultados respecto a los amplios márgenes de ganancias con los que cuenta cada uno de los agentes participantes en la comercialización de agua a través de pipas, lo que infiere el lucro con la necesidad

de la población por el recurso hídrico, como respuesta a esta situación se propondría la intervención del gobierno estableciendo un marco regulador a través de políticas públicas, de esta forma las ganancias de los agentes disminuirían beneficiando con ello a los consumidores.

Además, la escasez del recurso implica tensiones, volviéndose cada vez más necesario un adecuado conocimiento de la demanda de agua y su evolución. En caso contrario no será posible una óptima gestión hídrica.

Es necesario aplicar una política tarifaria reforzada con campañas de educación y sensibilización para que exista un ahorro en el consumo de agua sin que los consumidores se vean afectados.