

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Economic Valuation of Water in the Industrial Sector

Ramón Valdivia Alcalá^{1‡}, Juan Hernández Ortiz¹, Rubén Monroy Hernández¹,
Juan E. Rubiños Panta², Marisol Reyes Reyes¹ y Damaris Amaya Pérez³

RESUMEN

En los últimos años el incremento de la población ha provocado la sobreexplotación y la contaminación de los aprovechamientos de agua generando diversos problemas a nivel mundial, ocasionando con ello una mayor competencia de la demanda de los recursos hídricos entre los diferentes usuarios del mismo, produciendo una disminución de su disponibilidad. El objetivo de esta investigación fue determinar el valor económico del agua en el sector industrial en la cuenca del río Amajac, en el estado de Hidalgo mediante el método de valoración contingente. Este método simula un mercado a través de encuestas a los usuarios de agua del sector industrial, en el que se les pregunta a estos por la máxima cantidad de dinero que estarían dispuestos a pagar (DAP) por el agua y la cantidad que estarían dispuestos a ser compensados (DAC) por dejar de usar el agua que requieren para sus actividades. De ahí se determina el valor económico que tiene el agua para el consumidor. Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico que arrojó los siguientes resultados: la DAP de los usuarios de agua en el sector industrial en la cuenca del río Amajac, Hidalgo es de \$703.47 m⁻³ y la DAC es de \$7031.31m⁻³, es decir, la DAP representa el 10% de la DAC.

Palabras clave: *disponibilidad a pagar, disponibilidad a ser compensado.*

SUMMARY

In the last years, the increase of the population has generated the overexploitation and the pollution of water

^{1‡} División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, estado de México. Autor responsable (ramval@correo.chapingo.mx)

² Programa de Hidrociencias, ³ Programa de Economía, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

Recibido: marzo de 2011. Aceptado: agosto de 2011.
Publicado en Terra Latinoamericana 29: 459-466.

resources, generating serious problems worldwide, causing a strong competition of the demand of the water resources among the different users, producing a decrease of the availability of the resource. The objective of this research was to determine the economic value of the water in the industrial sector in the Amajac river basin in Hidalgo, by means of the contingent valuation method. This method simulate a market by surveying water users of the industrial sector; asking them about the maximum amount of money that they would be willing to pay (WTP) for the water and the quantity that they would be willing to accept (WTA) in compensation for not using the water required for their activities. From these surveys, the economic value that water has for the consumer was deduced. An analysis of the results revealed that the WTP of consumers of the industrial sector in Amajac river basin; Hidalgo, Mexico is \$703.47 m⁻³ and the WTA is \$7031.31 m⁻³, that is to say, the WTP represents 10% of WTA.

Index words: *willingness to pay, willingness to be compensated.*

INTRODUCCIÓN

En México se enfrentan actualmente graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua, siendo el sector industrial el que consume menos volúmenes de este recurso, 9.2%, sin embargo, este valor crece si se considera que dentro del abastecimiento público, también se considera el uso industrial (CONAGUA, 2011); sin embargo, es uno de los principales agentes contaminadores de los ríos, lagos y lagunas y uno de los principales competidores por el uso de este vital líquido ya que en los procesos de industrialización este recurso es indispensable. Cabe señalar, que el agua es un bien público por lo que tiene un valor económico, social y ambiental en todos los usos a los que se destina (Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sustentable, 1998) y por tanto, su análisis, administración, planificación y, en general, la gestión integrada de este recurso debe contemplar

las relaciones existentes entre economía, sociedad y medio ambiente en el marco geográfico de las cuencas que son los espacios físicos donde se verifica el ciclo hidrológico. Un 70% de la superficie de la tierra es agua pero solo 3% de ésta es dulce. Por esta razón, el agua debe considerarse como un recurso limitado que debe captarse y distribuirse con eficiencia. La fuente de agua dulce más importante es la lluvia que puede captarse directamente en cisternas y embalses o indirectamente a través de pozos. Se dispone en el mundo de entre 12.5 y 14 millones de m³ de agua por año para uso humano. Se estima que el crecimiento demográfico llevará a que 17 países con una población aproximada de 357 millones de habitantes sufran de escasez del vital líquido (UNESCO, 2003). El agua dulce es un recurso natural no renovable que hay que cuidar principalmente en zonas que debido a su situación geográfica se ven con constantes problemas de escasez de este vital líquido. Gran parte del territorio mexicano es árido por lo que existen zonas que presentan graves problemas hídricos. En 1990, la disponibilidad per cápita era de 4 m³ en promedio al día pero conforme ha ido creciendo la población se han venido presentando problemas de disponibilidad de agua potable en zonas urbanas o industriales ubicadas en zonas áridas. Hasta hace unas décadas se pensaba que el agua potable era un recurso natural renovable y por ello se hacía un uso irracional de éste; incluso hasta estos días no se le asigna un valor, el precio que se paga es tan solo por el servicio de tener agua tanto en nuestros hogares como en las industrias. El incremento en la demanda de agua se debe en gran medida al crecimiento demográfico de los últimos años. La población no sólo demanda agua para ser usada en sus domicilios, sino que el crecimiento poblacional provoca un aumento de la demanda de agua para uso agrícola, industrial y demás servicios que demanda la población.

Anteriormente se solucionaban los problemas de escasez de agua aumentando la oferta o invirtiendo en infraestructura pero en la medida en que las reservas de agua se han ido agotando o disminuyendo, como respuesta a cambios en los factores como crecimiento poblacional, calidad de agua, etc., los gobiernos han tenido que tomar medidas para contrarrestar el problema a que se enfrentarán en pocos años sino se empieza a hacer uso racional del agua.

El sector industrial requiere cada día más agua en un escenario de oferta limitada y gran competencia con

otros usuarios, lo que ubica a este vital líquido como un bien cada vez máspreciado. Para conseguirlo se requiere comprar derechos de uso a otros usuarios (rurales), hacer inversiones para aprovechar mejor la que se tiene y evitar desperdicios o inversiones en obras hidráulicas (pozos y plantas de tratamiento) que permitan abastecer a la industria con un costo considerable; en tal sentido, es necesario e importante tener estudios de caso con metodologías apropiadas y probadas para tener un valor de referencia del valor económico del agua, que sirva para el análisis económico y financiero de posibles compras de derechos de agua e inversiones para abastecerse mejor. Por esta razón, la presente investigación es importante.

La cuenca del río Amajac se localiza en la subcuenca alta del río Pánuco dentro de la región Hidrológica No. 026 río Pánuco donde se forman los principales afluentes de los ríos Tulancingo, Amajaque, Claro, Arroyo Tortugas y Barranca Seca; las coordenadas geográficas que delimitan esta cuenca son de 19° 46' a 21° 25' N y 98° 01' a 99° 26' O. La cuenca del río Amajac se encuentra entre las regiones hidrográficas administrativas IX Golfo Norte y la XIII Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala.

El área de la cuenca es de 6826.466 km² de la cual el 94.9% (6 476.20 km²) se encuentra en el estado de Hidalgo, el 2.6% en el estado de Veracruz, 1.4% en San Luis Potosí y 1% en el estado de Puebla. La precipitación media anual es de 934.4 mm y un volumen de precipitación anual de 6 709 740 m³.

El objetivo de la presente investigación fue determinar el valor económico del agua en el sector industrial, en municipios pertenecientes a la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México; en lo particular, obtener la disponibilidad a pagar por recibir agua con las características y en las cantidades necesarias para realizar las actividades productivas industriales relacionadas con el agua y la disponibilidad a ser compensado por dejar de usar el agua que utilizan las diferentes industrias.

Las hipótesis planteadas en este trabajo son que los empresarios del sector industrial están dispuestos a pagar por recibir agua en función de las variables giro de la empresa, ingreso, escolaridad, edad, volumen mensual consumido y costo mensual del agua; asimismo, están dispuestos a ser compensados por dejar de usar el agua en función del giro de la empresa, costo mensual del agua, ingreso, escolaridad y edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el método de valoración contingente (MVC), el cual para este caso busca que una persona revele directamente la valoración económica que le da al agua de uso industrial, mediante encuestas. Existen diversos métodos que pueden utilizarse para implementar la encuesta que permita llegar al objetivo del MVC, algunos de ellos son: entrevistas personales, entrevistas telefónicas, cuestionarios o encuestas por correo y experimento de laboratorio (Azqueta, 1999). El método se llama valoración contingente porque intenta hacer que las personas expresen como actuarían si estuvieran en determinadas situaciones contingentes.

El MVC requiere una muestra representativa de la población considerada que haga explícita, en términos de su disponibilidad a pagar, la intensidad de su deseo por tener acceso al bien ambiental frente a la alternativa de no poder disfrutarlo o incluso de que el bien como tal dejara de existir.

El MVC es una de las técnicas para estimar el valor de bienes para los que no existe mercado, o sea, trata de simular un mercado mediante la aplicación de encuestas a los consumidores potenciales, preguntándoles la máxima cantidad de dinero que pagarían por el bien si tuvieran que comprarlo. De ahí se deduce el valor que para el consumidor medio tiene el bien en cuestión. El mismo también permite valorar cambios en el bienestar de las personas antes de que se produzcan.

Para esta investigación se utilizaron entrevistas personales ya que tienen la ventaja de que permiten obtener información detallada y responder las dudas que surgen a lo largo de la entrevista y controlar el tiempo de la misma, aunque el entrevistador nunca debe proporcionar su propia opinión, introducir respuesta *ad hoc*, responder a las preguntas del entrevistado con otra información que no sea la contenida, estrictamente, en el cuestionario (Mitchell y Carson, 2005). El cuestionario se diseña para hacer que las personas consideren y manifiesten su máxima disponibilidad a pagar por determinada característica del ambiente, en este caso, el agua que requieren las empresas pertenecientes al sector industrial para llevar a cabo sus actividades productivas. Este cuestionario tiene tres componentes esenciales: un planteamiento claro para que las personas conozcan exactamente lo que se va a evaluar con relación a la característica ambiental, un

conjunto de preguntas que harán una descripción del encuestado en formas económicamente relevantes, por ejemplo, ingreso, municipio, edad, giro de la empresa, escolaridad y una pregunta o agrupación de preguntas, diseñada para deducir la disponibilidad a pagar del encuestado de acuerdo con las respuestas. El propósito central del cuestionario consiste en deducir el valor de lo que importan las características ambientales para los encuestados a partir de sus respuestas. En términos económicos, esto significa hacer que ellos den a conocer la cantidad máxima que estarían dispuestos a pagar en vez de renunciar al beneficio referido (Field, 1995). Existen diversos tipos de preguntas tales como, formato abierto, formato "subasta" (bidding games), formato múltiple, formato binario y formato iterativo. Para esta investigación, los cuestionarios se diseñaron con preguntas abiertas (excepto de los datos personales del encuestado), con este tipo de formato el entrevistador simplemente espera la respuesta a la pregunta formulada aunque tiene la desventaja del elevado número de respuestas que arroja ante el simple desconocimiento. Se utiliza este tipo de formato con la idea de permitir al informante expresar abiertamente sus ideas acerca del valor económico que estaría dispuesto a pagar por el agua y a la cantidad que estaría dispuesto a recibir por dejar de usar este recurso. Los datos personales del encuestado como edad, ingreso, escolaridad, cantidad de agua que usa, etc., se manejaron como variables explicativas para ver las posibles relaciones que puede haber entre éstas y las variables dependientes (disponibilidad a pagar por el agua y la disponibilidad a ser compensado por dejar de usar el agua) y así comprobar o rechazar algunas de las hipótesis de esta investigación.

Para la determinación de la muestra en esta investigación se utilizó el muestreo estratificado donde la variable utilizada para llevar a cabo la estratificación fue el giro de la empresa. En este caso los elementos de la muestra son seleccionados al azar o por método sistemático de cada estrato (Scheaffer *et al.*, 1987). La siguiente expresión proporciona estratos proporcionales con diferente n_i e iguales S^2 .

$$n = \frac{N * \sum_{i=1}^K * N_i S_i^2}{N^2 * V + \sum_{i=1}^K N_i S_i^2} \quad (1)$$

El tamaño de la muestra para los estratos es:

$$n_i = \frac{N_i}{N} * n \quad (2)$$

donde:

n = tamaño de la muestra

ni = tamaño del i-ésimo estrato

N = tamaño de la población

V = error estándar deseado

Si² = varianza de la población en el i-ésimo estrato.

La muestra se determina con un índice de confiabilidad del 95% y se considera un límite de error de \$1108.00, así como una desviación estándar de \$4702.12 en la disponibilidad a pagar. La agrupación de las unidades de muestras se hace con el fin de que la variación de las mismas elimine su efecto en el tamaño de la muestra y para conocer la disposición a pagar por estratos. La población objetivo corresponde a los usuarios de agua del sector industrial de la cuenca del río Amajac, Hidalgo, que comprende alrededor de 520 empresas, de las cuales 77% corresponden a comercio, 19% a servicios y 4% a la industria (calculada a partir de información proporcionada por el Sistema Empresarial Mexicano del Estado de Hidalgo en la fase de campo. Cabe señalar que para este análisis los estratos se definieron de acuerdo a las empresas que utilizan más agua en sus procesos de producción como son la industria textil, de la construcción, la purificadora de agua, la de la masa y la tortilla y la industria de la panificación.

El muestreo se calculó a partir de la lista que proporcionó el Sistema de Información Empresarial Mexicano del estado de Hidalgo (SIEM), del cual se hizo una selección de las empresas que en sus actividades y procesos utilizaban más agua además de la Cámara Industrial a la que pertenecían para generar los cinco estratos que se señalan a continuación:

Los estratos resultantes fueron construcción con un total de 8 usuarios, panificadora con 17, purificadora con 6, textil con 5 y tortillería con 24.

El análisis tiene como objetivo principal el estudio de la valoración económica que se le da al agua en el sector industrial en la cuenca del río Amajac en Hidalgo. Primero se realizó un análisis de estadísticas descriptivas de la DAP por recibir el agua que requieren al mes y la DAC por dejar de emplear el vital líquido de uso industrial al mes, también, la cantidad de agua que requieren para sus actividades y el monto que pagan por el volumen que utilizan (\$ m⁻³) al mes, así como del ingreso

que obtienen por las actividades que realizan del nivel de escolaridad y del giro de la empresa. Mediante el análisis econométrico de las variables se correrán modelos de regresión estocásticos para la aceptación o rechazo de las hipótesis establecidas y reforzar las conclusiones.

Modelo Estocástico o Econométrico

En la estimación se utilizó el proc reg del programa computacional Statistical Analysis System (SAS Institute, 2006). El proc reg tiene diferentes opciones para realizar un proceso de selección de variables propuestas, de tal manera que en el modelo final pueden quedar incluidas sólo algunas de ellas o todas, dependiendo del nivel de significancia con que se trabaje y del aporte que cada variable independiente propuesta tenga en el fenómeno estudiado (Rebolledo, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presenta el análisis de los resultados obtenidos mediante las encuestas aplicadas en la fase de campo en la cuenca del río Amajac.

La industria de la construcción y la industria textil son las que registran mayores ingresos brutos ya que están arriba de los \$150 000.00 mensuales; sin embargo, la de construcción es la que utiliza cantidades enormes de agua en sus actividades, arriba de los 200 m³ de agua al mes, es decir, cerca de 20 pipas de agua al mes. Las empresas purificadoras de agua en promedio tienen ingresos por ventas de \$22 500.00 al mes y son las que pagan un precio menor por m³ de agua, pagan en promedio \$8.74 pesos por m³ al mes, notándose que la industria textil es la que tiene un costo por m³ al mes de \$1032.25 debido a que requiere agua purificada para cada máquina planchadora y cada garrafón de aproximadamente 20 litros cuesta \$28.00 y necesita de más de un garrafón al día para las maquinas planchadoras además del agua que utiliza para teñir y lavar las prendas y textiles que producen.

La industria de la panificación también requiere de agua purificada debido a que el líquido potable que sale de la toma no tiene la calidad y características necesarias para elaborar productos como pan y pasteles, por lo que se ven en la necesidad de comprar garrafones de agua, que en promedio cuestan \$14 y contienen aproximadamente 20 litros, mismos que usan para sus actividades diarias.

Cuadro 1. Principales características del sector industrial.

Giro de la empresa	Ingreso mensual promedio en pesos	Consumo mensual promedio en m ³	Costo total promedio por mes del agua potable en pesos	Costo promedio en pesos por m ³ al mes
Construcción	151 250.00	291.38	6033.75	37.91
Panificadora	9423.53	1.21	270.91	493.81
Purificadora	22 500.00	90.17	462.50	8.74
Textil	159 400.00	13.61	617.00	1032.25
Tortillería	16 804.35	18.52	254.78	20.89

Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta.

El Cuadro 2 muestra que la DAP por el agua con las características, calidad y cantidad necesarias en promedio es de \$708.35 por m³ y que la DAC en promedio es de \$1314.03 por m³, dichos resultados se obtuvieron tomando en cuenta el volumen de agua mensual que consumen las empresas del sector industrial para realizar sus actividades, lo que refleja que la DAP corresponde al 54% de lo que estaría dispuesto a recibir como compensación por dejar de usar el agua que requiere para sus labores. También muestra que el sector que valora mayormente al recurso líquido es el textil debido a que requiere de agua purificada para el manejo de la maquinaria que utiliza, por ejemplo las planchadoras; le sigue en importancia de valoración las panificadoras que necesitan de agua limpia, potable y de ser necesario purificada, porque elaboran productos comestibles y el líquido que llega de suministro público no cumple con la calidad necesaria, por lo que su DAP también es elevada y la comparan con los gastos que tienen por comprar agua de garrafón. La industria purificadora de agua es la que se encuentra en tercer lugar debido a que el agua es su principal materia prima (DAP de \$64.85 y \$78.55 de DAC); la industria de la construcción es la que se

Cuadro 2. La disponibilidad a pagar (DAP) y a ser compensado (DAC) por m³ de agua de acuerdo con la percepción de los usuarios del agua en el sector industrial.

Giro de la empresa	DAP	DAC
	\$ m ⁻³	\$ m ⁻³
Construcción	34.10	151.93
Panificadora	389.12	471.32
Purificadora	64.85	78.55
Textil	3028.71	5833.33
Tortillería	24.96	35.02
Promedio	708.35	1314.03

Fuente: elaboración propia con base en los datos de las encuestas.

encuentran en penúltimo lugar ya que a esta no le interesa la calidad solo requiere agua limpia y no necesita que lleve algún proceso de purificación, sin embargo, su DAC es tres veces mayor a su DAP, dicho valor es de \$34.10 m⁻³ y su DAC de \$151.93; por último, la que menos valora al agua y por lo tanto su DAP es menor, es la tortillería ya que tiene una DAP de \$24.96, y su DAC de \$35.02, la diferencia entre estas no es tan notoria debido a que dicen, si el agua se les vende a peso el litro, entonces, su DAC es de \$1.00 también.

Es importante tomar medidas de política en la asignación del recurso agua, uno de los referentes es el valor que esta población le da al vital líquido, así se pueden construir políticas de conservación.

Análisis Econométrico de los Modelos Empleados en este Trabajo

En este apartado los resultados se juzgan de acuerdo a su validez económica y estadística basados en la teoría económica. En la realización del análisis econométrico se tomó en cuenta el coeficiente de determinación (R²) para la elección del mejor modelo y la razón de t. El coeficiente R² muestra la bondad de ajuste de las ecuaciones de regresión, el valor de este coeficiente varía entre cero y uno (Gujarati, 2003). Por su parte, la razón de t es el estadístico de prueba para cada uno de los parámetros del modelo.

Modelo Econométrico Lineal de la DAP

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + e_i$$

Donde: los betas son parámetros a estimar; Y_i = disponibilidad a pagar (DAP); X_1 = giro de la empresa (G); X_2 = ingreso mensual (\$mes⁻¹, Y); X_3 = volumen de agua consumida (m³ mes⁻¹, VC); X_4 = costo mensual

por consumo de agua (\$ mes⁻¹, CM); X_5 = nivel de escolaridad (años, E); X_6 = edad (años, A) y e_i = término de error.

Modelo econométrico lineal de la DAC

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + e_i$$

Donde: los betas son los parámetros a estimar; Y_i = disponibilidad a ser compensado (DAC); X_1 = giro de la empresa; X_2 = ingreso mensual ((\$ mes⁻¹); X_3 = costo mensual por consumo de agua ((\$ mes⁻¹); X_4 = nivel de escolaridad (años); X_5 = edad y e_i = término de error.

Por lo tanto, el modelo que mejor se ajusta a la evaluación, según el programa SAS, es el modelo cuadrático tanto para la DAP como para la DAC, debido a que son los que tienen una R² ajustada mayor (Cuadro 3).

En el análisis de los modelos de regresión se tiene que: el modelo cuadrático para la DAP tiene un valor de F de 301.50 con un nivel de significancia del 95%, un

coeficiente de correlación de 98.72% como se muestra en el Cuadro 4.

Para el modelo de la disponibilidad a pagar, la prueba de hipótesis se realizó utilizando el estadístico t, las hipótesis con mayor significancia estadística fueron: Y, Y², CM y CM² (con un índice de confianza del 95%); por lo tanto, el modelo de regresión lineal para este estudio se explica de la siguiente forma:

$$DAP = - 881.86627 - 0.02053*Y + 5.91E-08*Y^2 + 1.90664*CM - 0.0000578*CM^2 + e_i$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 Y^2 + \beta_3 CM + \beta_4 CM^2 + e_i$$

Por lo tanto, de forma más específica tenemos que la DAP se expresa de la siguiente manera:

$$DAP = - 881.86627 - 0.02053*Y + 5.91E-08*Y^2 + 1.90664*CM - 0.0000578*CM^2 + e_i$$

$$DAP = - 881.86627 - 0.02053*15000 + 5.91E-08*15000^2 + 1.90664*250 - 0.0000578*250^2 = \$703.47 \text{ m}^3$$

Cuadro3. Modelos obtenidos con el programa SAS.

Tipo de modelo	Modelo	R ²	R ² ajustada
Disponibilidad a pagar			
Lineal	$DAP = 199.78496 - 247.58395 X_1 + 0.00438 X_2 + 10.33126 X_3 + 0.91459 X_4 - 15.07619 X_5 + 8.07866 X_6 + e_i$	0.9679	0.9643
Cuadrático	$DAP = - 881.86627 - 33.85529 X_1 - 5.37486 X_1^2 - 0.02053 X_2 + 5.91E-08 X_2^2 + 5.10533 X_3 + 0.00557 X_3^2 + 1.90664 X_4 - 0.0000578 X_4^2 + 157.56744 X_5 - 6.45928 X_5^2 + 8.57907 X_6 - 0.16078 X_6^2 + e_i$	0.9872	0.9839
Logarítmico	$DAP = 2240.87451 - 998.91947 X_1 + 2203.89063 \text{ LOG}(X_1) + 0.00695 X_2 - 211.11111 \text{ LOG}(X_2) + 9.84168 X_3 - 169.833 \text{ LOG}(X_3) + 0.98024 X_4 + 18.32185 \text{ LOG}(X_4) - 584.85793 X_5 + 6191.64063 \text{ LOG}(X_5) + 117.57975 X_6 - 3445.07237 \text{ LOG}(X_6) + e_i$	0.9747	0.9683
Disponibilidad a ser compensado			
Lineal	$DAC = - 4191.11949 + 903.02493 X_1 - 0.00043416 X_2 + 3.69413 X_3 - 557.35696 X_4 - 82.72569 X_5 + e_i$	0.6188	0.5835
Cuadrático	$DAC = -2040.10831 + 1841.04038 X_1 - 451.29732 X_1^2 - 0.32176 X_2 - 8.22E-07 X_2^2 - 1.66023 X_3 + 0.00032239 X_3^2 + 1162.41025 X_4 - 47.76071 X_4^2 - 570.38314 X_5 + 7.93328 X_5^2 + e_i$	0.7612	0.7125
Logarítmico	$DAC = -17145 + 1481.15356 X_1 - 2862.42075 \text{ LOG}(X_1) - 0.01399 X_2 + 1768.59413 \text{ LOG}(X_2) + 3.65124 X_3 - 208.10119 \text{ LOG}(X_3) + 4931.00248 X_4 - 48081 \text{ LOG}(X_4) - 956.7183 X_5 + 26709 \text{ LOG}(X_5) + e_i$	0.6474	0.5755

Fuente: elaboración propia con resultados de las encuestas.

Cuadro 4. Indicadores estadísticos del modelo de regresión para la disponibilidad a pagar (modelo cuadrático).

Variable independiente	$P > t $
Giro de la empresa (G)	0.9227
Giro de la empresa (G^2)	0.9275
Ingreso mensual (Y)	0.0004
Ingreso mensual (Y^2)	0.0002
Volumen de agua consumida (VC)	0.0669
Volumen de agua consumida (VC^2)	0.0729
Costo mensual por consumo de agua (CM)	0.0001
Costo mensual por consumo de agua (CM^2)	0.0001
Escolaridad (E)	0.5244
Escolaridad (E^2)	0.5599
Edad (A)	0.8678
Edad (A^2)	0.8237
Valor de F = 301.50, $R^2 = 0.9872$ y R^2 ajustada = 0.9839	

Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el programa SAS 9.13. 2006. * Se analiza este modelo por su mayor nivel de significancia o bondad de ajuste con sus respectivas variables (lineales y cuadráticas), ver Cuadro 3.

Para darle tratamiento a los problemas de asimetría, se calculó la mediana en sustitución de la media aritmética.

El modelo de regresión para la DAC tiene un valor de F de 15.62 con un nivel de significancia del 95%, un coeficiente de correlación de 76.12% como se muestra en el Cuadro 5.

Para el modelo de la disponibilidad a ser compensado, la prueba de hipótesis se realizó utilizando

Cuadro 5. Indicadores estadísticos del modelo de regresión para la disponibilidad a ser compensado (modelo cuadrático).

Variable independiente	$P > t $
Giro de la empresa (G)	0.7101
Giro de la empresa (G^2)	0.5917
Ingreso mensual (Y)	0.0001
Ingreso mensual (Y^2)	0.0002
Costo mensual por consumo de agua (CM)	0.4452
Costo mensual por consumo de agua (CM^2)	0.0132
Escolaridad (E)	0.7353
Escolaridad (E^2)	0.7566
Edad (A)	0.4262
Edad (A^2)	0.4269
Valor de F = 15.62, $R^2 = 0.7612$ y R^2 ajustada = 0.7125	

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos con el programa SAS. * Se analiza este modelo por su mayor nivel de significancia o bondad de ajuste con sus respectivas variables (lineales y cuadráticas), ver Cuadro 3.

el estadístico t, las hipótesis con mayor significancia estadística fueron: Y, Y^2 y CM^2 (con un índice de confianza del 95%), por lo tanto, el modelo de regresión lineal para este estudio se explica de la siguiente forma:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Y + \beta_2 Y^2 + \beta_3 CM^2 + e_i$$

$$DAC = -2040.11 - 0.32176 * 15000 - 8.22E-07 * 15000^2 + 0.00032239 * 250^2 + e_i = \$7\,031.31 \text{ por m}^3 \text{ de agua.}$$

CONCLUSIONES

- En primer lugar se concluye que la metodología de valoración contingente permite obtener datos cuantitativos para la valoración económica del agua en el sector industrial.

- La valoración económica del agua en el sector industrial está en función principalmente de variables ingreso de la empresa, nivel de escolaridad, calidad deseada y volumen de agua que se consume para la realización de las actividades productivas de las empresas.

- La disponibilidad a pagar por recibir agua está en función principalmente de las variables tales como giro de la empresa, ingreso, volumen mensual consumido, costo mensual del agua y nivel de escolaridad de los usuarios.

- La disponibilidad a pagar además de reflejar los gustos y preferencias de una persona también refleja su nivel de ingreso.

- La disponibilidad a ser compensado por dejar de usar el agua que utilizan las diferentes industrias está en función principalmente de las variables costo mensual del agua y nivel de escolaridad.

- Del análisis de resultados se concluye que en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, la disponibilidad a pagar (DAP) por obtener agua con las características, calidad y cantidad necesarias, en el sector industrial, en promedio, es de $\$703.47 \text{ m}^{-3}$, aproximadamente 70 centavos por litro de agua.

- La disponibilidad a ser compensado (DAC) por dejar de usar el agua que requieren las empresas que pertenecen al sector industrial para realizar sus actividades en promedio, es de $\$7031.31 \text{ m}^{-3}$, aproximadamente diez veces la DAP.

- También muestra que el ramo que valora mayormente al recurso líquido es el textil (DAP de $\$3028.71$) debido a que requiere de agua purificada para el manejo de la maquinaria que utiliza, le sigue en importancia de valoración económica, las panificadoras (DAP

de \$389.12) ya que requieren de agua limpia, potable y de ser necesario purificada porque elaboran productos comestibles y el líquido que llega de suministro público no cumple con la calidad necesaria, por lo que su DAP también es elevada y la comparan con los gastos que tienen por comprar agua de garrafón. La industria purificadora de agua es la que se encuentra en tercer lugar debido a que el vital líquido es su principal materia prima (DAP de \$64.85 y \$78.55 de DAC) en promedio. La industria de la construcción es la que se encuentran en penúltimo lugar ya que a esta no le interesa la calidad, solo requiere agua limpia y no necesita que lleve algún proceso de purificación; sin embargo, su DAC es 78% mayor a su DAP, por lo que su DAP es de \$34.10 m³ y su DAC de \$151.93. Por último, la que menos valora al agua, y por lo tanto su DAP es menor, es la tortillería ya que tiene una DAP de 24.96 pesos y su DAC de \$35.02, la diferencia entre estas no es tan notoria debido a que dicen que si por ejemplo, el agua se les vende a peso el litro, entonces, su DAC es de \$1.00 también.

LITERATURA CITADA

- Azqueta O., D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill. Madrid, España.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). Disponible en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/SINA/Capitulo_3.pdf, (consulta: septiembre 29, 2011).
- Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sustentable. 1998. Información disponible en: <http://www.waternunc.com/esp/decfinsp.htm>. (Consulta: marzo 24, 2010).
- Field, B. C. 1995. Economía ambiental, una introducción. McGraw-Hill. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- González G., P. y R. Valdivia A. 2009. Valoración económica de servicios ambientales percibidos en Guanajuato y Silao. *Rev. Mex. Econ. Agríc. Rec. Nat.* 2: 163-178.
- Greene, W. H. 2006. Análisis econométrico. Prentice Hall. Madrid, España.
- Gujarati D., N. 2003. Econometría. McGraw-Hill. México, D. F.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243-1248.
- Martínez D., M. A. y A. Martínez G. 2006. Métodos econométricos intermedios. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- McKittrick, R. 2007. Environmental economics. University of Guelph, Department of Economics. Guelph, ON, Canada.
- Mitchell R., C. and R. T. Carson. 2005. Using surveys to value public goods: The contingent valuation method. Resources for the future. Washington, DC, USA.
- Rebolledo R., H. 2002. Manual SAS por computadora. Análisis estadístico de datos experimentales. Trillas. México, D.F.
- SAS Institute. 2006. Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide. Cary, NC, USA.
- Scheaffer, R. L., W. Mendenhall y L. Ott. 1987. Elementos de muestreo. Grupo editorial Iberoamérica. México, D.F.
- Tudela M., J. W., M. A. Martínez D., R. Valdivia, M. Portillo V. y J. L. Romo L. 2009. Modelos de elección discreta en la valoración económica de áreas naturales protegidas. *Rev. Mex. Econ. Agríc. Rec. Nat.* 2: 7-29.
- UNESCO (Organización de las naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2003. Problemática del agua. www.unesco.org. (Consulta: mayo 26, 2007).