

# VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SERVICIO AMBIENTAL HIDROLÓGICO EN UNA RESERVA DE LA BIOSFERA

## An Economic Valuation of the Hydrological Environmental Service in a Biosphere Reserve

Rubén Monroy Hernández<sup>1</sup>, Ramón Valdivia Alcalá<sup>1‡</sup>, Manuel Sandoval Villa<sup>2</sup> y  
Juan E. Rubiños Panta<sup>2</sup>

### RESUMEN

La presente investigación aborda la valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos (SAH) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM). La RBBM se localiza en el estado de Hidalgo y fue decretada como Área Natural Protegida con la categoría de Reserva de la Biosfera el 27 de noviembre del año 2000. El problema planteado es que los usuarios de los SAH no están pagando por la recarga del manto freático, por lo que se hace necesaria la estimación de la valoración ya que de no atenderse este asunto muy pronto no se tendrá la cantidad suficiente de agua para cubrir las necesidades de la población. Se usó el método de valoración contingente (MVC) para conocer la disposición a pagar (DAP) por los SAH de los habitantes de la RBBM. Se aplicó una encuesta para recabar los datos que se utilizaron para probar un modelo logarítmico y otro lineal. El modelo que mejor se ajustó fue el lineal en el ingreso. Las variables que fueron aceptadas de acuerdo a la prueba global del modelo; la de Wald, Score y Ratio Likelihood y las pruebas de hipótesis particulares son la edad y la calidad percibida del servicio de agua. La disponibilidad a pagar por la recarga de agua es de \$5.40 por mes por toma y el valor anual para la zona es de \$116 640.

**Palabras clave:** servicios ambientales hidrológicos, método de valoración contingente, modelo lineal en el ingreso.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, estado de México.

<sup>‡</sup> Autor responsable (ramval@correo.chapingo.mx)

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

Recibido: marzo de 2011. Aceptado: agosto de 2011.  
Publicado en Terra Latinoamericana 29: 315-323.

### SUMMARY

The present research deals with the economic evaluation of the hydrological environmental services (HES) at the Barranca de Metztitlan Biosphere Reserve (BMBR). The BMBR is located in the state of Hidalgo and was decreed as a natural protected area with the category of Biosphere Reserve on November 27, 2000. An existing problem here is that users of the HES are not paying for the re-charging of the water table, which makes the present evaluation necessary; if the problem is not solved shortly, there will not be enough water to meet the needs of the population. The contingent evaluation method (CEM) was used to learn about the willingness of local residents of the BMBR to pay (WTP) for the HES. A survey was applied to collect data to test a logarithmic model and a linear model. The model which was most suitable was the linear income model. The variables accepted according to the global test of the model were: Wald, Score and Ratio Likelihood, while tests related to the hypothesis were age and the perceived quality of the water service. The willingness to pay for re-charging the water is \$5.40 per month per water intake and the annual value for the zone is \$116 640.

**Index words:** hydrological environmental services, contingent valuation method, linear model of income.

### INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda la valoración económica de los Servicios Ambientales Hidrológicos (SAH) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. La RBBM se localiza en el estado de Hidalgo, fue decretada como Área Natural Protegida con la categoría de Reserva de la Biosfera el 27 de noviembre del año 2000 (CONANP, 2003). En la zona de estudio se producen un gran número

de servicios ambientales como la conservación de especies, captación de carbono y liberación de oxígeno, belleza escénica, contribución a la estabilidad del clima y servicios hidrológicos, sin embargo, el servicio que interesa en este trabajo es el hidrológico, por la importancia que tiene en el desarrollo de las actividades humanas y económicas de la región.

### **Planteamiento del Problema**

De acuerdo con Hardin (1968) el planeta tierra es un sistema finito, por lo que los recursos naturales también lo son. Al ser finitos existe una capacidad máxima de carga. El problema de agotar los recursos naturales y aumentar los niveles de contaminación, obliga a tomar medidas para lograr su conservación y su uso óptimo. A través de los activos naturales se generan servicios ambientales, por lo que su conservación es vital, para la sociedad. En este proceso, una forma de contribuir es estimar el valor de los bienes y servicios del medio ambiente, para generar instrumentos de administración de los activos naturales.

Sin embargo, la calidad o los servicios de recarga del agua es un asunto más local, es decir, el agua en un río no suele afectar a la calidad de los sistemas fluviales o los mantos freáticos de forma generalizada, salvo que estén conectados.

Según Hardin (1968) la tragedia de los comunes (bienes comunales), también reaparece en los problemas de contaminación, por ejemplo, residuales, químicos, radiactivos y desechos usados y depositados en el agua. El hombre racional descubre que el costo de descargar los desechos en los bienes comunes es menor que el costo de purificar sus desechos antes de liberarlos.

Los recursos naturales generan SAH, como la recarga a mantos freáticos, es decir, la producción o acumulación de volúmenes de agua. Con la característica de la no exclusión en el consumo de los bienes y servicios producidos en la RBBM, debido a su comportamiento como un bien público y a no tener definidos los derechos de propiedad, no existe un mercado en el cual se tenga un precio para los mismos, por tanto no existe tampoco información para la toma de decisiones con relación a la cantidad ofrecida y demandada.

El problema es que los usuarios del SAH están pagando por extracción y distribución del agua, sin embargo, no se está pagando por su producción o recarga, por lo que el pago del SAH por parte del

usuario doméstico es el objeto de estudio de esta investigación ya que de no atenderse este asunto muy pronto no se tendrá la cantidad suficiente de agua para cubrir las necesidades de la población.

El objetivo de la presente investigación fue estimar el valor económico del SAH, es decir, el pago por la recarga a los mantos freáticos que hacen los recursos naturales, también conocido como el precio sombra en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, por el método de valoración contingente (MVC). Los objetivos específicos fueron: a) estimar la disposición a pagar (DAP), por demandantes del servicio ambiental hidrológico que generan los recursos naturales de la RBBM; b) generar un modelo econométrico de valoración y analizar la influencia de variables explicativas, comparar resultados de signos esperados con la regresión logística y; c) diagnosticar la factibilidad de generar un fondo verde para la RBBM, de acuerdo a los objetivos anteriores.

Las hipótesis del estudio fueron las siguientes: a) existe un valor económico total del SAH en la RBBM; b) la DAP por los SAH está afectada de manera negativa por las variables explicativas edad y cuota determinada, por lo que se espera un signo negativo en el modelo; c) la DAP por los SAH está afectada de manera positiva por las variables explicativas escolaridad, calidad percibida del servicio de agua, ingreso individual o familiar, sector de empleo, sexo y estado civil, por lo que se espera un signo positivo para las primeras tres variables, o positivo a favor del sector servicios contra el sector primario, favorable para las mujeres frente a los hombres y también a favor de los casados contra los solteros y; d) es factible constituir un fondo verde en la RBBM de acuerdo al valor económico de los SAH del lugar para administrar estos activos naturales.

### **Características de la Zona**

La representatividad de varios ecosistemas terrestres como el matorral xerófilo, matorral submontano, bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio, su biodiversidad con el endemismo presente en la biosfera, son las características naturales de acuerdo al programa de manejo de la CONANP.

La reserva cuenta con una extensión de 96 042.94 ha, se ubica en la región hidrológica No. 26 del río Pánuco. El principal rasgo hidrológico superficial de la Reserva, lo conforma un río que a lo largo de sus 100 km en la reserva toma el nombre de acuerdo a la región;

el primero a la entrada al sur de la barranca con el nombre de río Grande Tulancingo; el segundo, en la unión con el río San Sebastián como el río Venados y el tercero donde inicia el Distrito 08 Metztlán con el nombre de río Metztlán. Otra característica hidrológica es la laguna de Metztlán que tiene un volumen de 650 millones de metros cúbicos (CONANP, 2003).

Es imperativo mencionar que de los municipios que pertenecen a la biosfera, sólo algunas de sus comunidades están ubicadas en la reserva. Sin embargo, la reserva tiene una relación al menos administrativa con aproximadamente 123 301 habitantes de los municipios que considera la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (INEGI, México en cifras, 2005; Cuadro 1).

En el área de la reserva todos los municipios cuentan con el servicio básico de agua potable de pozo o manantial que se distribuye entubada a la población, dicha infraestructura no es suficiente para proporcionar el servicio en todas las viviendas de los municipios. Del total de las viviendas en el área de la reserva, el 62% de ellas tiene agua potable y existe una demanda insatisfecha del 38% (CONANP, 2003).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada para la realización de esta investigación, comprende la utilización del método de valoración contingente (MVC), que representa una herramienta útil para responder a la pregunta de investigación ¿Cómo medir los valores asociados a los recursos naturales con ayuda de entrevistas directas? (Azqueta, 1994). En la recolección de información se aplicaron cuestionarios a usuarios domésticos de agua potable; con la aplicación del muestreo aleatorio simple

(MAS). El modelo de estimación de los parámetros utilizado fue la regresión logística.

### Método de Valoración Contingente (MVC)

El MVC se ubica dentro de los métodos directos/hipotéticos que trata de conocer la valoración que hacen las personas de los cambios en el bienestar, producidos por un cambio cualitativo o cuantitativo en la oferta de un bien ambiental, lo que se logra a través de la aplicación de cuestionarios, en donde, se realizan preguntas directas bajo el supuesto de la existencia de un mercado propio para estos bienes, esto es, se trabaja un mercado hipotético. Se considera que el manejo de estos mercados es completamente comparable con las respuestas individuales que se hacen en los mercados reales (Mitchell y Carson, 1989).

De acuerdo con Vásquez *et al.* (2007) el método de valoración contingente, se conoce también con el nombre de modelo hipotético, debido a la forma en que los investigadores obtienen el valor económico que los individuos le asignan a un bien. El procedimiento estándar consiste en el diseño de un cuestionario en el cual se describe a los entrevistados un determinado bien ambiental. Además, se construye un escenario donde se provee el bien por valorar, definiendo claramente las distintas alternativas y los derechos de propiedad.

Luego se les pregunta a los individuos (Vásquez *et al.*, 2007) por su máxima disponibilidad a pagar (DAP) por una mejora en la calidad o en la cantidad del recurso. También se les puede preguntar por su disposición a aceptar (DAA) una compensación monetaria para renunciar a un cambio favorable, desde la perspectiva de la utilidad del individuo, o por su DAA una compensación para aceptar un cambio desfavorable.

**Cuadro 1. Población de los municipios relacionados con la RBBM.**

| Municipio                  | Población total | Población masculina | Población femenina | Porcentaje |
|----------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------|
| Acatlán                    | 17 914          | 8591                | 9323               | 15         |
| Atotonilco el Grande       | 23 823          | 10 911              | 12 912             | 19         |
| Eloxochitlán               | 2417            | 1122                | 1295               | 2          |
| Huasca de Ocampo           | 15 201          | 7155                | 8046               | 12         |
| Metepc                     | 9278            | 4347                | 4931               | 8          |
| San Agustín Metzquitlán    | 8558            | 3971                | 4587               | 7          |
| Metztlán                   | 20 123          | 9367                | 10 756             | 16         |
| Zacualtipan de los Ángeles | 25 987          | 12 220              | 13 767             | 21         |
| Total                      | 123 301         | 57 684              | 65 617             | 100        |

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2005, México en cifras.

Los mercados hipotéticos se pueden diseñar de modo que se puedan utilizar en una amplia variedad de problemas de valoración, algunos de los cuales parecen no prestarse a los métodos de inferencia. No es necesario identificar algún bien comercializado cuyos mercados ofrezcan evidencia que permita inferir el valor del bien sin mercado. De modo que las técnicas de valoración contingente tienen una flexibilidad que permite valorar posibilidades no disponibles por el momento y estimar los valores de opción y existencia (Randall, 1985).

El método proporciona en forma directa la valoración del recurso y además, es compatible con las medidas de bienestar hicksianas, ampliamente aceptadas en la literatura económica como estimaciones correctas del cambio en el bienestar de los individuos (Vásquez *et al.*, 2007). Es decir, la valoración se obtiene directamente de las respuestas de los entrevistados, usando la variación compensada o la variación equivalente, dependiendo de los derechos de propiedad y de la naturaleza del cambio del bien.

### Diseño del Cuestionario

El cuestionario tiene las siguientes características:

En el apartado I, se encuentra la fecha y el folio para llevar un orden de la información; el municipio, la población y el nombre del entrevistado.

El apartado II, se comienza preguntando una variable cualitativa del interés por la mejora del agua y en ella se agregan la cantidad, calidad y la frecuencia o cualquier combinación. Con relación al valor, se considera que el entrevistado pondrá valor a cualquiera de las primeras tres opciones, si elige dos o más combinaciones de las tres opciones se le da un valor mayor, y luego la muestra da como resultado la importancia de cada variable, de tal forma se agrega a la matriz de información y así se ejecuta el modelo planteado.

Posteriormente se le informa de acontecimientos en la zona con relación al problema planteado: “Actualmente existen problemas de contaminación del agua, agotamiento de las reservas hídricas (reducción del volumen de los mantos freáticos) y disminución de la vegetación que es la que captura el agua y la deposita en el subsuelo, por lo que se hace una necesidad conservar los recursos forestales o invertir en su cuidado para que se mantenga el agua en el mismo volumen o aumente”.

Después de haber informado el problema al usuario de agua potable se le comenta de un posible proyecto de conservación del medio ambiente, para que los recursos naturales sigan recargando a los mantos freáticos:

“Existe la posibilidad de impulsar un proyecto, para generar un fondo verde que consiste en recaudar dinero e invertirlo en plantaciones forestales y obras de conservación del medio ambiente, con lo que se conseguiría mejorar el servicio de agua potable en cuanto a calidad o cantidad, que recibe en su hogar y que al menos se garantice que se siga disfrutando (usando) del agua para lo cual debe aportarse una cantidad (es la disponibilidad a pagar) que financie tal mejora, resultando del proyecto (fondo verde) la disponibilidad del agua, es decir, tener agua siempre en cantidad y calidad igual o mejor”.

Haab y McConnell (2002) dicen que existen muchas formas de obtener la disponibilidad a pagar. Ellos proponen cuatro, para obtener información y estimar las preferencias. De las recomendadas por estos autores, se combinan las tarjetas de pago y la dicotómica o de elección discreta:

En las tarjetas de pago en el MVC, el formato de la pregunta en cada entrevista se les hace que elijan la DAP, en puntos estimados (o rango de estimaciones), a partir de una lista de valores predeterminados y se le muestra al entrevistado para que responda en la tarjeta. En la dicotómica aplicada al MVC el formato de la pregunta se le cuestiona al entrevistado simplemente sí o no de forma estilizada: ¿Estaría usted dispuesto a pagar tantos pesos por...?

En el cuestionario diseñado se elabora la pregunta según lo dicho anteriormente y a cada entrevistado se le cuestiona con cantidades monetarias (estas cantidades deben ser de acuerdo al nivel de ingreso de la zona a estudiar si son exageradas de acuerdo al ingreso de los demandantes puede ocasionar sesgos o incoherencias) distintas, elegidas de manera aleatoria y en la impresión de cada cuestionario se marca el rectángulo (celda) que contiene la cantidad de forma aleatoria. Sin embargo, sólo se consideran cantidades contenidas en la tarjeta de pago de la siguiente manera:

Trejo (2005) utiliza las tarjetas de pago para el MVC, en este sentido se agrega la tarjeta de acuerdo a las condiciones previamente conocidas, dadas las cantidades que incluyan bajos, medios y altos ingresos para captar desde el más pequeño, hasta el más alto valor económico

**Cuadro 2. Tarjeta de pago.**

| Control |     |     |     |                                   |
|---------|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| 1       | 2   | 3   | 4   | 5                                 |
| 10      | 15  | 20  | 25  | 30                                |
| 35      | 40  | 45  | 50  | 55                                |
| 60      | 65  | 70  | 75  | 80                                |
| 85      | 90  | 95  | 100 | 105                               |
| 110     | 115 | 120 | 125 | más o menos<br>especifique: _____ |

Fuente: elaboración propia.

elegidos aleatoriamente, de la siguiente manera (son cantidades en pesos mexicanos y pueden repetirse):

Se pretende conocer el vehículo de pago, por el cual se emitirá el pago por recarga de agua y por eso se pregunta por la satisfacción de consumidor con respecto al sistema de agua municipal. También se les pregunta por la cuota de agua que pagan por el servicio de distribución del agua de uso público-urbano.

En el apartado III se les pregunta sobre las características socioeconómicas: la edad, años de escolaridad, sexo, estado civil, su actividad económica, el ingreso individual y el ingreso familiar.

**Muestreo y Tamaño de Muestra**

El método estadístico que se utilizó para extraer el tamaño de muestra en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, fue el Muestreo Aleatorio Simple (MAS), el cual se muestra a continuación con sus respectivas propiedades.

**Muestreo aleatorio simple.** El muestreo aleatorio simple (MAS) es un método de selección de n unidades en un conjunto de N de tal modo que cada una de las  ${}^N C_n$  muestras distintas tengan la misma oportunidad de ser elegidas. En la práctica, un muestreo aleatorio simple se realiza unidad por unidad (Cochran, 1984).

El MAS es el esquema más simple de muestreo y en rigor es el que sirve de base para todos los demás. La selección de estas unidades de muestreo se hace extrayendo aleatoriamente una a una las unidades de la población. La mejor manera de lograr esta condición de aleatoriedad en la selección de la muestra es mediante el uso de las tablas de números aleatorios (Santos *et al.*, 2003).

**Tamaño de la muestra.** El tamaño de la muestra se representa con la letra n, que esta sujeta la varianza, índice de confianza y el error.

$$n = \frac{z^2 * \sigma^2}{d^2}$$

donde:

n = tamaño de la muestra

z = índice de confiabilidad

$\sigma^2$  = varianza

d = límite de error de muestreo, precisión deseada (error estándar)

Dado que la varianza de la DAP por servicios ambientales hidrológicos, es desconocida, se procedió a hacer una estimación con una muestra piloto. La varianza resultante de la muestra piloto mostró el un valor de,  $s^2 = 1820.127$ , que es el estimador de  $\sigma^2$  de la DAP por SAH.

En la fórmula también se debe sustituir el valor de Z, el cual se determina a partir del índice de confianza de la muestra, por lo que se procede a las tablas de probabilidades acumuladas (Infante y Zarate, 2003), de la distribución normal estándar, la tabla muestra el área a la izquierda de un valor de Z o sea

$$\int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt$$

el valor de Z, es el siguiente:

$$\alpha = 0.05 \rightarrow 1$$

$$1 - \alpha = 0.095 \rightarrow 2$$

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.095 \rightarrow 3$$

$$Z = 1.96 \rightarrow 4$$

La muestra se estimó con índice de confiabilidad del 95%, por lo que el valor de Z resultó de 1.96, se consideró un límite de error de \$9 pesos, y la desviación estándar resultante de la varianza estimada muestra el valor de 42.66.

$$n = \frac{(1.96)^2 (1820.127)}{9^2} = 86.32$$

La población objetivo fueron las viviendas con servicio de agua potable de la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. El tamaño de la muestra es el siguiente, n = 87 encuestas a usuarios de agua potable, para la valoración ambiental hidrológica, en lo que corresponde

a la recarga que efectúa la vegetación en los mantos freáticos.

### Modelación

Se aplican dos modelos para ver cuál es el más apropiado para esta investigación: el modelo logarítmico y el lineal.

Modelo general logístico se presenta a continuación:

$$P(S_i) = \alpha_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \varepsilon$$

donde:

$P(S_i)$  = es la probabilidad de una respuesta positiva de la DAP

$X_1$  = es la cuota determinada

$X_2$  = escolaridad

$X_3$  = edad

$X_4$  = sexo

$X_5$  = estado civil

$X_6$  = ingreso, familiar o individual

$X_7$  = sector de empleo

$X_8$  = calidad percibida

$\varepsilon$  = error

Modelo lineal usado en SAS:

$$DAP_{(sino)} = \beta_0 + \beta_1 BID2 + \beta_2 CUOTA + \beta_3 ESC + \beta_4 EDAD + \beta_5 SEX + \beta_6 EC + \beta_7 IF + \beta_8 II + \beta_9 SE + \beta_{10} CP + \varepsilon$$

donde:

$DAP_{(sino)}$  = es la probabilidad de una respuesta positiva de la DAP

$\beta$  = parámetros a estimar

$BID2$  = es el donativo pero se genera en el programa lineal en SAS la variable negativa porque representa la función demanda y en teoría económica la demanda tiene pendiente negativa

$CUOTA$  = cuota determinada y elegida aleatoriamente

$ESC$  = escolaridad

$EDAD$  = edad de los entrevistados

$SEX$  = sexo de los entrevistados

$EC$  = estado civil

$IF$  = ingreso familiar

$II$  = ingreso individual

$SE$  = sector de empleo

$CP$  = calidad percibida del agua y servicio

$E$  = error

### Signos Esperados

Los signos esperados en cada variable se muestran en el Cuadro 3 (los signos significan el tipo de relación que existe entre la variable dependiente y las independientes: positiva o inversa).

### El Modelo logit

El modelo teórico, según Osorio y Correa (2009), se puede especificar que la probabilidad de una respuesta positiva al escenario de valoración está dada por

**Cuadro 3. Variables incluidas en el modelo empírico.**

| Variable / parámetros | Definición                 | Unidades / escala  | Signo esperado |
|-----------------------|----------------------------|--|----------------|
| BID2                  | Subasta                    | Pesos seleccionados aleatoriamente                                     | Negativo       |
| CUOTA                 | Donativo                   | Pesos por mes por toma   | Negativo       |
| ESC                   | Escolaridad                | Años cursados a partir de la primaria                                  | Positivo       |
| EDAD                  | Edad                       | Años cumplidos   | Negativo       |
| SEX                   | Sexo                       | Hombre = 0, mujer = 1  | Positivo       |
| EC                    | Estado civil               | Casado = 1, soltero = 0  | Positivo       |
| IF                    | Ingreso familiar           | Pesos por mes por hogar  | Positivo       |
| II                    | Ingreso individual         | Pesos por mes por persona  | Positivo       |
| SE                    | Sector empleado            | servicios = 1, agrícola = 0  | Positivo       |
| CP                    | Calidad percibida          | Cantidad = 1, calidad = 2, frecuencia = 3, dos o más combinaciones = 4 | Positivo       |
| $\beta_i$             | Parámetros a estimar       |  |                |
| $\varepsilon$         | Término de error aleatorio |  |                |

Fuente: Elaboración propia en base al modelo.

la función de distribución de probabilidad acumulada evaluada en la diferencia entre las utilidades marginales  $\Delta V$ , que para el caso del modelo logit se asume que sigue una distribución logística de la siguiente forma:

$$\Pr(P=1) = f(\Delta V) = \frac{1}{1 + e^{-\Delta V}}$$

El método utilizado para estimar el modelo anterior y sus parámetros es el método de máxima verosimilitud (MV). Este método estima los parámetros del modelo a partir de la maximización de la función de verosimilitud. Si en el MV se asume que  $f$  sigue la función Logit, el logaritmo de la función de verosimilitud (L) sobre la totalidad de la muestra, en donde cada individuo tiene la opción de escoger  $P = 0, 1$ ; está dada por:

$$L = \text{Log} \left( \prod_{P_i=1} f(\Delta V) \prod_{P_i=0} (1-f(\Delta V)) \right)$$

$$L = \text{Log} \left( \prod_{P_i=1} \frac{1}{1+e^{-\Delta V}} \prod_{P_i=0} \frac{e^{-\Delta V}}{1+e^{-\Delta V}} \right)$$

$$L = \sum_{\text{all } P_i} P_i * \text{Log} \left( \frac{1}{1+e^{-\Delta V}} \right) + \sum_{\text{all } P_i} (1-P_i) * \text{Log} \left( \frac{e^{-\Delta V}}{1+e^{-\Delta V}} \right)$$

Donde  $\Delta V$  es reemplazado dependiendo de la función, es decir si la forma funcional es lineal o semi-logarítmica. En términos generales se desea estimar la siguiente ecuación:  $P(S_i) = f(\text{const}, P_j, S, \varepsilon)$ . Donde,  $\text{const}$  es la constante en el modelo,  $P_i$  el vector independiente de precios (estos precios son compensaciones ofrecidas a los individuos o la disponibilidad a pagar presentada en el escenario de valoración),  $S$  las variables ambientales y socio económicas y  $\varepsilon$  el término de errores estocásticos.

**Cuadro 4. Análisis de máxima verosimilitud.**

| Parámetro  | Grados de libertad | Estimador | Error estándar | Chi cuadrada de Wald | Pr > Chi cuadrada |
|------------|--------------------|-----------|----------------|----------------------|-------------------|
| Intercepto | 1                  | 3.5456    | 1.3712         | 6.6856               | 0.0097            |
| BID2       | 1                  | -0.0308   | 0.0101         | 9.3938               | 0.0022            |
| EDAD       | 1                  | -0.0477   | 0.022          | 4.7172               | 0.0299            |
| CP         | 1                  | -0.6299   | 0.388          | 3.4733               | 0.0624            |

BID2 = subasta, EDAD = edad, CP = calidad percibida. Fuente: elaboración propia con base en la encuesta y SAS 9.1.3 (2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se desarrolla el análisis de la encuesta, por medio de modelación con el modelo lineal para explicar los resultados del valor económico del servicio ambiental hidrológico.

### Modelo General de la DAP Lineal en el Ingreso por Regresión Logística

El modelo lineal en el ingreso fue consistente con las pruebas de ajuste de la salida de un procedimiento logístico, expresa “Model Convergente Status” indica que el método de solución numérica convergió. Por lo que los resultados del análisis no son cuestionables en este sentido. También manifestó la leyenda “ModelFitStatistics” indica el buen ajuste del modelo.

El modelo lineal en el ingreso pasó las pruebas globales de likelihood ratio, Store y Wald; en lo que corresponde a las pruebas individuales para cada parámetro estimado y se fue modelando hasta encontrar el modelo que se justificara estadísticamente, es decir, a llegar a tener valores menores a 0.05 para cada parámetro estimado, también en las pruebas globales, por lo que el modelo desarrollado se justifica tanto estadísticamente y de acuerdo a la teoría económica.

Los parámetros estimados se presentan en el Cuadro 4.

A continuación se presentan las medias de los parámetros, mismas que son usadas para estimar el valor económico (Cuadro 5).

El Cuadro 6 contiene la fórmula que se utiliza para encontrar la DAP por la recarga de agua, cambia con respecto a las fórmulas de la DAP si esta fuera logarítmica. El valor se encontró por medio de Excel y el dato es consistente en términos económicos y estadísticos.

El Cuadro 7, donde se calcula la DAP se genera en Excel con apoyo en la información de los parámetros

**Cuadro 5. Medias de subasta (BID2), edad (años) y calidad percibida (CP).**

| Variable | Grados de libertad | Media       | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|----------|--------------------|-------------|---------------------|--------|--------|
| BID2     | 1                  | -46.5172414 | 40.4448698          | -200   | 0      |
| EDAD     | 1                  | 39.5632184  | 14.5167915          | 16     | 83     |
| CP       | 1                  | 2.8965517   | 0.9154295           | 1      | 4      |

Fuente: elaboración propia con base en la encuesta y SAS 9.1.3 (2006).

**Cuadro 6. Medidas paramétricas de la disponibilidad a pagar.**

| Tipo de modelo de utilidad aleatoria | Media            | Mediana          |
|--------------------------------------|------------------|------------------|
| Lineal en el ingreso                 | $\alpha / \beta$ | $\alpha / \beta$ |

Fuente: elaboración propia con base en Valdivia *et al.* (2009).

estimados y medias obtenidos de SAS 9.13 publicado en el año 2006.

Con base en los resultados la DAP por la recarga de agua es de \$5.40 por mes por toma. De acuerdo al encargado de agua existen alrededor de 1800 tomas por lo que se estima \$9720 mensuales para invertir en obras de conservación del medio ambiente o \$116 640 anuales. Este dato también es conocido como variación compensatoria.

Un estudio realizado en el Molino de Flores, municipio de Texcoco por Tudela (2010), muestra también, un valor relativamente bajo, para las mejoras en la cobertura vegetal, el cálculo fue de \$12.18, por visita al paraje. Aunque el precio sombra estimado en Texcoco es superior al de Metztlán, se debe tomar en cuenta que el primero representa variables con niveles superiores al de una zona rural (segundo), por ejemplo el nivel de ingresos, educación, el PIB, o el mismo sector de empleo, el de Metztlán tiende al sector primario y el de Texcoco al sector servicios.

La variación compensatoria es un incremento en la cuota de agua que puede observarse en la tercera

**Cuadro 7. Estimación y modelo final.**

| Modelo lineal |            |          |             |
|---------------|------------|----------|-------------|
| Parámetros    | Estimación | Medias   | Productos   |
| Intercepto    | 3.5456     |          | 3.5456      |
| BID2          | -0.0308    | -46.5172 |             |
| Edad          | -0.0477    | 39.5632  | -1.88716464 |
| CP            | -0.6299    | 2.8965   | -1.82450535 |
| Alfa          |            |          | -0.16606999 |

Fuente: elaboración propia con base en SAS 9.1.3 (2006).

columna del Cuadro 8, si el pago fuera por este medio por lo que se le sumaría a las cuotas que actualmente se pagan en el municipio.

## CONCLUSIONES

- El modelo que mejor se ajustó de acuerdo a la teoría económica y que cumplió cabalmente con las pruebas estadísticas fue el modelo lineal en el ingreso. Las variables que fueron aceptadas de acuerdo a la prueba global del modelo; la de Wald, Score y Ratio Likelihood y las pruebas de hipótesis particulares son la edad y la calidad percibida del servicio de agua.

- La probabilidad de una respuesta negativa a la disposición a pagar (DAP) está en función de la edad, ya que entre más años tenga el entrevistado es más probable la respuesta en ese sentido y entre menos años tenga está más dispuesto a cooperar. Si el entrevistado percibe un mal servicio de agua potable menos probabilidad existe de que responda positivamente a la DAP y entre mejor observe el servicio de agua potable más probabilidad existe de responder positivamente a la DAP por pago de recarga.

- Las demás variables del modelo no fueron significativas de acuerdo al modelo lineal por lo que es probable que la explicación al fenómeno sea de otra naturaleza matemática.

**Cuadro 8. Cuotas mensuales del agua potable en el municipio de Metztlán.**

| Tipo de servicio          | Cuota                 | Cuota + VC |
|---------------------------|-----------------------|------------|
|                           | - - - - Pesos - - - - |            |
| Comercial                 | 160                   | 165.4      |
| Semi-comercial            | 85                    | 90.4       |
| Intermedia                | 65                    | 70.4       |
| Doméstica                 | 45                    | 50.4       |
| Doméstica mayoría de edad | 35                    | 40.4       |

Fuente: elaboración propia con base al sistema de agua municipal de Metztlán. VC = variación compensatoria.

- La DAP por la recarga de agua es de \$5.40 por mes por toma y el valor anual es de \$116 640.00 pesos. La recaudación anual del dinero debe servir para aplicar políticas relacionadas con la conservación del medio ambiente y que afecta el bienestar de la población de la zona.

- Se recomienda que la recaudación sea mediante el recibo de agua potable o mediante un impuesto municipal y el municipio entregue de forma íntegra este financiamiento al fondo verde y que los administradores de este recurso sean personas del mismo municipio con una pequeña gratificación por su trabajo.

- Se recomienda que el recurso se aplique de forma eficiente en la conservación del ambiente y en la zona, acompañada de un proyecto de diseño de paisaje para que genere otros valores.

Sólo se recomienda un fondo verde en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hgo. (RBBM) en la ciudad ya que es el lugar donde se justifica por el monto y cantidad de ciudadanos o demandantes, para que opere dicho fondo.

- De constituirse un fondo verde se recomienda buscar también, otras fuentes de financiamiento como ONG's, asociaciones o fundaciones nacionales, al gobierno federal con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) o el programa PROARBOL, al gobierno estatal y municipal para lograr mejores impactos e incentivar a los usuarios.

- También se recomienda que el servicio de agua municipal mejore en cantidad, calidad y frecuencia, para incentivar al usuario a donar la cantidad que manifestó.

## LITERATURA CITADA

- Cochran, W. G. 1984. Técnicas de muestreo. CECSA. México, D. F.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2003. Programa de manejo reserva de la biosfera Barranca de Metztlán. México, D. F. [http://www.metztitlan.com.mx/\\_ReservaBiosfera/ProgramaManejoRBM.pdf](http://www.metztitlan.com.mx/_ReservaBiosfera/ProgramaManejoRBM.pdf) (Consulta: mayo 23, 2007).
- Haab, T. C. and K. E. McConnell. 2002. Valuing environmental and natural resources: The econometrics of non-market valuation. Edward Elgard. Northampton, MA, USA.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243-1248.
- Infante G, S y G. Zarate L. 2003. Métodos estadísticos un enfoque interdisciplinario. Trillas. México, D. F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. México en cifras. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=13> (Consulta: junio 6, 2008).
- Mitchell, R. C. and R. T. Carson. 1989. Using surveys to value public goods: The contingent valuation method. Resources for the future. The Johns Hopkins University Press. Washington, DC, USA.
- Osorio M., J. D. y F. J. Correa R. 2009. Un análisis de la aplicación empírica del método de valoración contingente. *Semestre Económico* 12: 11-30.
- Randall, A. 1985. Economía de los recursos naturales y política ambiental. LIMUSA. México, D. F.
- SAS Institute. 2006. Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide. Cary, NC, USA.
- Trejo, J. 2005. Valuing marine protected areas (MPAs) in Belize. A case study using contingent valuation methodology (CVM) to determine tourists' willingness to pay (WTP). The faculty of the Center for International Studies of Ohio University. Athens, OH, USA.
- Tudela M., J. W. 2010. Experimentos de elección en la priorización de políticas de gestión en áreas naturales protegidas. *Desarrollo y Sociedad* segundo semestre de 2010: 183-217.
- Valdivia A., R., C. M. Cuevas A., M. Sandoval V. y J. L. Romo L. 2009. Estimación econométrica de la disponibilidad a pagar por los consumidores de servicios turísticos recreativos. *Terra Latinoamericana* 27: 227-235.
- Vásquez L., F., A. Cerda y S. Orrego. 2007. Valoración económica del ambiente, fundamentos económicos, econométricos y aplicaciones. Thomson Learning. Buenos Aires, Argentina.