

RESEARCH / INVESTIGACIÓN

# Valoración contingente del recurso hídrico: Caso Reserva Ecológica de Cuxtal, Yucatán

## Contingent valuation of the hydric resource: Case of the Ecological Reserve of Cuxtal, Yucatán

Francisco Iván Hernández Cuevas<sup>1</sup>, Alejandra Vázquez Bracho Illescas<sup>2</sup>, Katya Giovanna Loranca Rodríguez<sup>3</sup>, María Pía Mc Manus Gómez<sup>4</sup>.

**Resumen:** La Reserva Ecológica de Cuxtal (REC) provee de servicios ambientales a la ciudad de Mérida, Yucatán, uno de ellos, es la provisión de agua. El crecimiento demográfico ha amenazado la estabilidad de la reserva, es por ello que, a través del método de valoración contingente, fue estimada la disponibilidad a pagar sobre la conservación del recurso hídrico proveniente de la REC. El estudio aborda un enfoque cuantitativo y de corte transversal, utilizó una muestra de 298 hogares de distintas zonas de la ciudad de Mérida. Para el análisis de los datos fue utilizada estadística descriptiva y un modelo de regresión para variables censuradas. Los resultados indican que el 64% de la población está dispuesta a pagar para la conservación del recurso con un monto bimestral estimado de \$151.00 MXN, siendo las variables edad, tamaño de familia, tamaño de la vivienda y ubicación de la vivienda las que mayor influencia tienen sobre la DAP.

**Palabras clave:** Valoración contingente, reserva ecológica, recurso hídrico, disponibilidad a pagar, tobit.

**Abstract:** *The Ecological Reserve of Cuxtal (REC) provides environmental services to the city of Mérida, Yucatán, one of which is the provision of water. In recent years problems of pollution and demographic growth have threatened the stability of the reserve, which is why, through the contingent valuation method, the availability to pay on the conservation of water resources from the REC was estimated. The study was a quantitative and cross-sectional approach used a sample of 298 households from different areas of the city of Merida, Yucatan. For the analysis of the data, descriptive statistics and a regression model for censored variables were used. The results indicate that 64% of the population is willing to pay for the conservation of the resource with an estimated monthly amount of \$ 151.00 MXN, being the variables age, family size, size of the house and geographical house's location the most influential They have about the willingness to pay.*

**Keywords:** *Contingent valuation, ecological reserve, hydric resource, tobit, willingness to pay.*

(Presentado: 21 de marzo de 2019. Aceptado: 06 de abril de 2019)

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias Sociales. Profesor asociado a la Escuela de Recursos Naturales de la Universidad Marista de Mérida, México. ivanhernandezcuevas@gmail.com

<sup>2</sup> Alumno de la licenciatura en Administración de Recursos Naturales. Universidad Marista de Mérida, México. a\_vazquezbracho@hotmail.com

<sup>3</sup> Alumno de la licenciatura en Administración de Recursos Naturales. Universidad Marista de Mérida, México. katyaloranka7@gmail.com

<sup>4</sup> Profesor asociado a la Escuela de Recursos Naturales de la Universidad Marista de Mérida, México. mcmanus@marista.edu.mx

## INTRODUCCIÓN

El acceso, disponibilidad y calidad del agua a nivel internacional forman parte de los principales desafíos que enfrenta la sociedad del siglo XXI. Debido a que el recurso hídrico está estrechamente relacionado con la salud humana, la estabilidad de los ecosistemas, la producción de alimentos y el crecimiento económico (UNESCO, 2015). La relevancia de este tema se ha dado por sentado al ser incluido en la Agenda 2030 y en los Objetivos del Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, particularmente en objetivo 6 que se centra en garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos (PNUD, 2016).

Dentro del marco del desarrollo sostenible se hace referencia a aquel desarrollo que es capaz de satisfacer necesidades presentes sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de hacer lo mismo. Adicionalmente, es esencial contemplar que la integración de las dimensiones ambientales, sociales y económicas de manera armónica son la base para alcanzar el bienestar humano.

En este orden de ideas y en el contexto local, debido a las condiciones del suelo de tipo kárstico de la península de Yucatán, el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Mérida, Yucatán depende íntegramente del agua subterránea (pozos de abastecimiento), lo cual supone un potencial impacto negativo en el bienestar general de la población por el incremento de la contaminación de éstos por la filtración de contaminantes de la superficie (Pacheco, Calderón y Cabrera, 2004). En particular, en la ciudad de Mérida, aproximadamente 50% del agua que se extrae para distribución en el sur de la ciudad provienen de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Cuxtal (REC), siendo esta reserva natural uno de los principales focos de atención para garantizar al abastecimiento y calidad del agua potable.

Contemplando lo anteriormente descrito, se estableció en 1993 la REC, con miras a crear una zona de protección que proteja los recursos naturales y servicios ambientales que ofrece, por una parte, como fuente de alimentación para especies de fauna silvestre (gracias a la recuperación de la flora por el abandono de las zonas de henequenales), fuente de conservación de biodiversidad, pero también por ser parte de la principal zona de recarga del acuífero que abastece de agua a prácticamente el 50% de la ciudad de Mérida (Pinkus, Pacheco y Lugo, 2013; Ayuntamiento de Mérida, 2018).

No obstante a lo anterior, estudios realizados en la REC (Ortíz, Celis y García, 2016; Bautista, Aguilar y Batllori-Sam-

pedro, 2011) exponen la situación alarmante en la que se encuentra la reserva debido a la presión demográfica, el impacto de las actividades económicas que se realizan y la falta de educación ambiental. En específico, Bausita, Aguilar y Batllori-Sampedro (2011) mencionan que en la península de Yucatán, los usos del suelo que más influyen en la contaminación de las aguas subterráneas son: urbano industrial, urbano habitacional, agrícola con agroquímicos y pecuarios con granjas porcícolas y avícolas, además de las aguas residuales (por su magnitud).

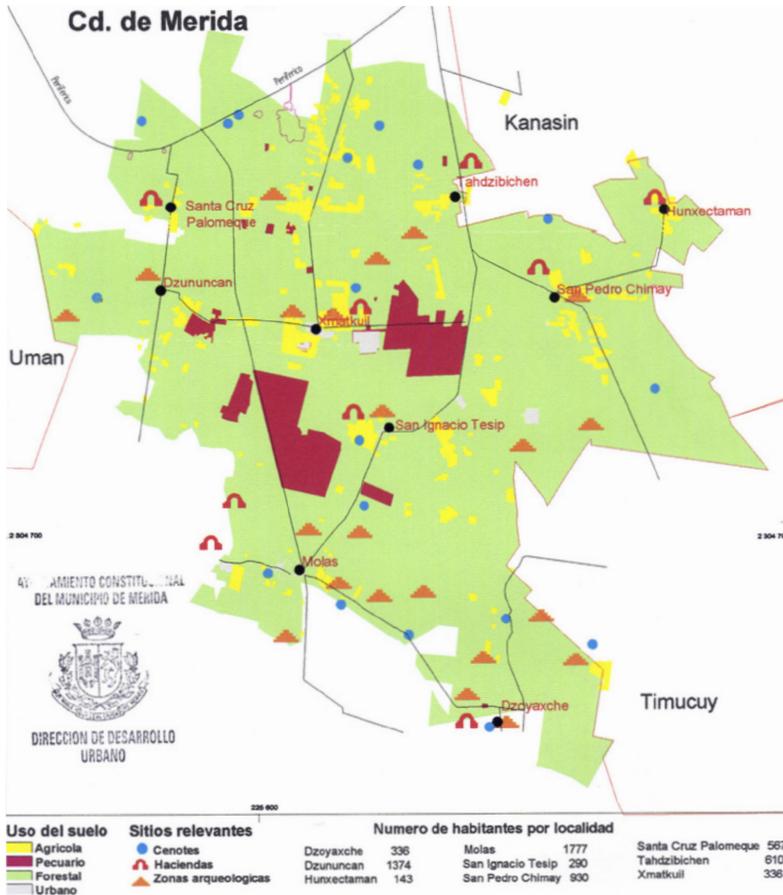
Teniendo en consideración lo anterior, el objetivo principal del presente estudio es calcular la disponibilidad a pagar de la ciudad de Mérida, Yucatán por la conservación del recurso hídrico proveniente de la Reserva Ecológica de Cuxtal a través del método de valoración contingente y determinar qué variables inciden en la misma.

La estructura del artículo contempla la presente estructura, además de otros cinco apartados, siendo la siguiente enfocada en describir lo que caracterizan a la REC, como su ubicación, extensión y aspectos sociales y económicos. Posteriormente, la tercera sección está enfocada a la explicación teórica del modelo económico, en el cual se basa la presente investigación, es decir, el método de valoración contingente y cómo éste puede ser especificado en el modelo econométrico. La sección cuatro versa sobre los materiales y métodos que fueron utilizados para llevar a cabo la investigación, como la composición de la muestra y el software utilizado para los cálculos. La sección cuatro está centrada en los resultados de la investigación, primeramente con los análisis de estadística descriptiva y, posteriormente los resultados de los modelos logit y probit censurado. Finalmente, en la última sección se realiza una discusión general sobre los datos obtenidos comparándolos con literatura existente, así como también se exponen las conclusiones del documento.

### La Reserva Ecológica de Cuxtal

La llamada zona sujeta a Conservación Ecológica Cuxtal fue constituida en 1993 en el Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán, en la cual se decretó como área rural protegida en la modalidad de zona sujeta a conservación ecológica. Cuenta con una superficie de 10,757 hectáreas y se localiza al sur del municipio de Mérida. Comprende dentro de su territorio a las comisarías de: Dzununcán, Molas, San Ignacio Tesip, Xmatkuil, Santa Cruz Palomeque, San Pedro Chimay, Hunxectaman, Dzo-yaxché y Tahdzibichen (Ayuntamiento de Mérida, 2004).

**Figura N° 1.** Reserva Ecológica de Cuxtal.



Fuente: Ayuntamiento de Mérida (2001-2004).

La finalidad de la REC es crear un cinturón verde que brinde servicios ambientales al municipio de Mérida y funcione como un regulador del crecimiento urbano, así como también funja como un área de recreación “verde” (Ayuntamiento de Mérida, 2018).

- Conservación y promoción de la biodiversidad al proteger los ecosistemas de la región.
- Belleza escénica a través de la promoción del ecoturismo y turismo de naturaleza.

En este orden de ideas, la REC ofrece los siguientes servicios ambientales a la sociedad:

- Protección de la zona de captación de agua para el suministro de la ciudad de Mérida.

Para contextualizar la situación social de la población perteneciente a la REC se tiene en Cuadro 1, en donde se puede observar que el 100% de las localidades está en un estado de marginación alto, existiendo población sin saber leer y escribir y sin acceso a agua entubada en la vivienda, siendo la localidad de Dzoyaxché con los indicadores más altos.

**Tabla N° 1. Características Sociodemográficas de la REC (2010).**

Localidad de la REC	Población total	% de población de ≥15 años analfabeta	Viviendas habitadas	Viviendas sin % agua entubada	Grado de marginación
Dzununcán	1,802	15.99	397	2.58	Alto
Dzoyaxché	454	24.19	108	20.56	Alto
Hunxectaman	156	10.66	38	16.22	Alto
Molas	2,014	10.34	504	3.99	Alto
San Ignacio Tesip	359	15.23	84	0.00	Alto
Xmatkuil	526	17.76	122	12.30	Alto
Santa Cruz Palomeque	835	17.13	190	5.32	Alto
San Pedro Chimay	1,241	17.48	276	12.68	Alto
Tahdzibichen	724	11.17	164	5.49	Alto

Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas Nacional de Riesgo (2018).

Valoración económica de los servicios ambientales y el método de valoración contingente

La ciencia económica ha estudiado los problemas ambientales a través de sus diferentes subdisciplinas, una de ellas, la economía ambiental, la cual se centra en identificar las variaciones en el nivel de bienestar que los individuos experimentan ante un cambio, ya sea positivo o negativo de algún determinado bien ambiental. Las herramientas de análisis propuestas a través de la economía neoclásica son diversas, no obstante, una de las más utilizadas para analizar el recurso hídrico es el Método de Valoración Contingente (MVC).

El MVC pertenece a la clasificación de método directo de la valoración, es decir, tratan de descubrir el valor que los individuos conceden a los distintos recursos ambientales, simulando un mercado hipotético. Su objetivo se centra en averiguar la valoración económica que el individuo tiene sobre un determinado recurso ambiental, en donde se le es planteada una situación relativa a lo que la persona estaría dispuesta a pagar para mantenerlo, mejorar su calidad o cualquier otra modificación positiva que se proponga, o sobre la compensación exigida para renunciar a ello (Azqueta et al., 2007).

Como el enfoque central de este método es la obtención satisfactoria de la máxima disponibilidad a pagar, la base operativa del mismo reside en el adecuado diseño del cuestionario que será aplicado, de tal forma que sea capaz de identificar las valoraciones personales de los encuestados frente al crecimiento o la reducción de la cantidad de un bien dado, un contingente, en un mercado hipotético (Sánchez, 2008).

El modelo económico detrás del MVC reside como se ha comentado con anterioridad que el consumidor que tiene una función de preferencias por la cual ordena combinaciones de bienes alternativas según sea el bienestar recibido con estas combinaciones, de tal forma que el problema consiste en maximizar la utilidad o satisfacción, sujeta a la restricción presupuestaria disponible para el consumo. De tal forma que la solución del problema de maximización de la utilidad puede representarse por la función indirecta de utilidad, la cual se define como el nivel de utilidad máximo que un individuo puede adquirir dado el vector de precios y la renta monetaria disponible. De acuerdo con Labaideira, León y Vázquez (2007), la función indirecta de utilidad puede expresarse como:

$$V = V(p, y; z, S) \dots (1)$$

Donde p es el precio de un bien compuesto, y es la renta monetaria, z es la calidad del bien medioambiental, y S un vector de características socioeconómicas del individuo. En el caso del presente estudio se tiene una situación en donde el consumidor está ante una reducción de la calidad de un bien ambiental (recurso hídrico de la REC).

Teniendo en consideración lo anterior, es posible estimar el excedente equivalente EE, el cual puede ser definido como la cantidad de dinero que el individuo estaría dispuesto a pagar para evitar la reducción de la calidad, esto es:

$$V(p, y - EE; z^0, S) = V(p, y; z^1, S) \quad z^1 < z^0 \dots (2)$$

Para la variación compensada de cambios positivos en la calidad ambiental, la función de valor se conoce como la función de disposición a pagar (DAP), esto es:

$$DAP = G(p, z^0, z^1, y, S) \dots (3)$$

Esta función también se ha denominado función de compensación de renta, y tiene las propiedades de una función de gasto (Labandeira, León y Vázquez, 2007).

**Especificación del modelo de regresión probabilístico dicotómico sobre DAP**

La teoría menciona que el hogar hace el cálculo del beneficio/costo marginal basado en las utilidades monetarias que está dispuesto a pagar por un determinado bien o servicio ambiental. Para modelar lo anterior se tiene una variable no observable denominada  $y^*$  que puede ser denotada como:

$$y^* = x'\beta + \varepsilon \dots (4)$$

Se supone que  $\varepsilon$  tiene como media cero y proviene de una distribución logística estandarizada con varianza  $\pi^{2/3}$  o una distribución normal estándar con varianza 1, u otra distribución específica con varianza desconocida (Greene, 2012). En este caso, no es posible observar el beneficio neto de la elección (DAP), solamente se puede observar cuando es hecha o no, por lo tanto, las observaciones pueden ser expresadas como:

$$\begin{aligned} y &= 1 \text{ si } y^* > 0, \\ y &= 0 \text{ si } y^* \leq 0, \end{aligned}$$

En esta notación,  $x'\beta$  es nombrada como una función índice en donde la información de la varianza de los datos no puede ser estimada. Por lo tanto, el vector  $\beta$  en el modelo solo se identifica a escala (Greene, 2012). De tal forma que la ecuación de probabilidad en donde  $y=1$  es la siguiente:

$$Prob(y^* > a \mid x) = Prob(\alpha + x'\beta + \varepsilon > a \mid x) = Prob[(\alpha - a) + x'\beta + \varepsilon > 0 \mid x] \dots (5)$$

En donde  $a$  es el umbral supuesto distinto a 0 y  $\alpha$  es el término constante desconocido, donde  $x'\beta$  contienen el resto del índice sin incluir el término constante. Como  $\alpha$  es desconocido, la diferencia entre  $(\alpha - a)$  permanece como un parámetro desconocido. De lo anterior, el resultado final es que si el modelo contiene un término constante, no cambia con la elección del umbral que contiene 1 y 0, por lo tanto, la elección de cero es una normalización sin importancia. Con las dos normalizaciones se tiene que:

$$Prob(y^* > 0 \mid x) = Prob(\varepsilon > -x'\beta \mid x) \dots (6)$$

Un elemento restante en el modelo es la elección de la distribución específica para  $\varepsilon$ , en donde la literatura converge en la distribución normal o logística, de tal forma que si la distribución es simétrica, entonces:

$$Prob(y^* > 0 \mid x) = Prob(\varepsilon < x'\beta \mid x) = F(x'\beta) \dots (7)$$

Donde  $F(t)$  es la función de distribución acumulativa o función de densidad de la variable aleatoria,  $\varepsilon$ . Es importante mencionar que es posible enunciar un modelo funcional a partir de probabilidad lineal, no obstante, dichos modelos no es posible restringir  $x'\beta$  en el intervalo 0-1, lo cual arroja probabilidades que carecen de sentido, así como varianzas negativas, es por ello que utilizar el modelo de probabilidad lineal no es adecuado (Greene, 2012).

Como el requerimiento es establecer un modelo que produzca predicciones consistentes en los intervalos dados, para un vector regresor dado se espera que:

$$\begin{aligned} \lim_{x'\beta \rightarrow +\infty} Prob(Y = 1 \mid x) &= 1 \\ \lim_{x'\beta \rightarrow -\infty} Prob(Y = 1 \mid x) &= 0 \end{aligned}$$

Teniendo en consideración lo anterior, cualquier distribución de probabilidad adecuada y continua definida sobre la línea real será suficiente, siendo la distribución normal una de las más populares en muchos análisis econométricos y que da lugar al modelo "probit":

$$Prob(Y = 1 \mid x) = \int_{-\infty}^{x'\beta} \phi(t) dt = \Phi(x'\beta) \dots (8)$$

En donde  $\Phi(t)$  es una notación común para la función de distribución normal. Ahora bien, la estimación de modelos con variable binaria está basada de manera general en el método de máxima verosimilitud (Maximum likelihood), en donde cada observación se trata como un solo "sorteo" de una distribución de Bernoulli. Donde el modelo de probabilidad de éxito es  $F(x'\beta)$  y las observaciones independientes conducen a la probabilidad conjunta, o función de verosimilitud siguiente:

$$Prob(Y_1 = y_1, Y_2 = y_2, \dots, Y_n = y_n \mid X) = \prod_{y_i=0} [1 - F(x_i'\beta)] \prod_{y_i=1} (x_i'\beta) \dots (9)$$

**Especificación del modelo de regresión censurado Tobit para DAP(\$)**

Adicionalmente, se obtuvieron los valores monetarios de

la disponibilidad a pagar de las personas entrevistadas, no obstante, esta variable dependiente presenta una característica particular al estar censurada en 0 para todas las respuestas de los individuos que decidieron no estar dispuestos a pagar y al no existir un cobro por esta situación, es decir, la DAP no puede tomar valores negativos.

La solución a esta situación particular consiste en plantear un modelo híbrido que utilice la especificación Probit para identificar el por qué algunas observaciones toman valor 0 y otras no y, para aquellas observaciones tales que  $y_i^* > 0$ , un modelo de regresión que cuantifique la relación. El modelo Tobit es el indicado en este caso, debido a que atienden a las condiciones antes descritas, en donde la regresión se obtiene haciendo que la media en el precedente corresponda a un modelo de regresión clásico (Greene, 2012). La formulación general se da comúnmente en términos de una función de índice como la ecuación (4). Dada una distribución para  $u_i$ , la probabilidad de observar un dato censurado es:

$$\Pr(y_i = 0 | x_i) = \Pr(y_i^* \leq 0 | x_i) = \Pr(u_i \leq -x_i'\beta) = \Phi(-z_i) = 1 - \Phi(z_i) \dots(10)$$

Siendo la probabilidad de las observaciones no censuradas:

$$f(y_i) = \frac{1}{\sigma} \cdot \phi\left(\frac{y_i - x_i'\beta}{\sigma}\right) \dots(11)$$

De tal forma que el método tobit estima el modelo incorporando a todos los hogares de la muestra mediante la utilización de una función de verosimilitud (Avilés-Polanco, et al. 2010; Greene, 2012), en donde los parámetros que se eligen son aquellos que hacen máxima la probabilidad conjunta de que los hogares que no están dispuestos a pagar por conservar el recurso hídrico de la REC no lo hagan, y que los que estén dispuestos a pagar lo hagan en el monto máximo de disponibilidad a pagar:

$$\text{Con: } y = \frac{\beta}{\sigma} \text{ y } \theta = \frac{1}{\sigma}$$

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} [\ln(2\pi) - \ln\theta^2 + (\theta y_i - x_i'\beta)^2] + \sum_{y_i = 0} \ln[1 - \Phi(x_i'\beta)] \dots(12)$$

Para obtener los parámetros originales a través de los efectos marginales es necesario utilizar el método delta utilizando la matriz de covarianza asintótica para las estimaciones, en donde  $\sigma = 1/\theta$  y  $\beta = \gamma/\theta$ .

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es de enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de corte transversal, debido a que los datos fueron recolectados en un solo período de tiempo que estuvo comprendido entre noviembre de 2017 y marzo de 2018.

Con respecto a la población y muestra, de acuerdo con el INEGI (2015), el municipio de Mérida, Yucatán posee un total 564,613 viviendas particulares habitadas, a partir de este dato fue calculada la muestra con un 95% de confianza, un error del 6% con un porcentaje de respuesta positivo y negativo de 50% respectivamente, resultando en un total de 267. No obstante, se consideró agregar un adicional 10% de la muestra para compensar situaciones en donde los informantes clave no quisieran participar en la encuesta. En total fueron recabadas 298 entrevistas en la ciudad de Mérida, Yucatán las cuales fueron suministradas electrónicamente y hechas de forma presencial a través de los formularios de Google Docs®.

El diseño el estudio contempló tener representatividad de las zonas de la ciudad de Mérida, por lo cual, ésta se dividió en 6 zonas:

1. Norte (Montes de Amé, Villas la Hacienda, Col México, Altabrisa, Montecristo, México Norte.)
2. Centro (Catedral, Paseo de Montejo, García Ginerés, Itzimná, Villas la Macarena)
3. Oriente/este (Brisas, San Pedro Cholul, Pinos, San Pablo Oriente)
4. Poniente/oeste (Fco. de Montejo, Pensiones, Chuburná, Juan Pablo)
5. Sur (Aeropuerto, Venustiano Carranza, Santa Rosa, Dolores Otero)
6. Posterior a los límites del anillo periférico

No obstante, debido a las limitaciones económicas no fue posible tener información abundante correspondiente a la zona sur. De tal forma que la muestra entrevistada en la encuesta quedó estructurada de la siguiente forma:

**Tabla N° 2. Distribución de la muestra de estudio.**

Zona de Mérida	Frecuencia	Porcentaje	Acumulado
Centro	46	15.44	15.44
Norte	77	25.84	41.28
Oriente	47	15.77	57.05
Poniente	86	28.86	85.91
Sur	6	2.01	87.92
Posterior al periférico	36	12.08	100.00
Total	298	100.00	

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó un cuestionario que comprendió un total de 37 preguntas divididas en cuatro secciones: Datos sociodemográficos, vivienda, percepción sobre la calidad de agua y la disponibilidad a pagar sobre el recurso hídrico.

Los datos recabados fueron almacenados en una hoja de cálculo y, posteriormente, fueron importados a STATA®, software estadístico en el cual se realizaron los cálculos de estadística descriptiva y los modelos de re-

gresión logística (Logit) y censurada (Tobit).

**RESULTADOS**

Como se puede observar en el Cuadro 3, las personas entrevistadas fueron 48% hombres y 52% mujeres, los cuales tienen una edad promedio conjunta de 35 años, poseen familias promedio de casi cuatro integrantes. En lo que respecta a sus viviendas, en promedio las casas poseen casi 5 habitaciones con 2.77 baños.

**Tabla N° 3. Datos sociodemográficos.**

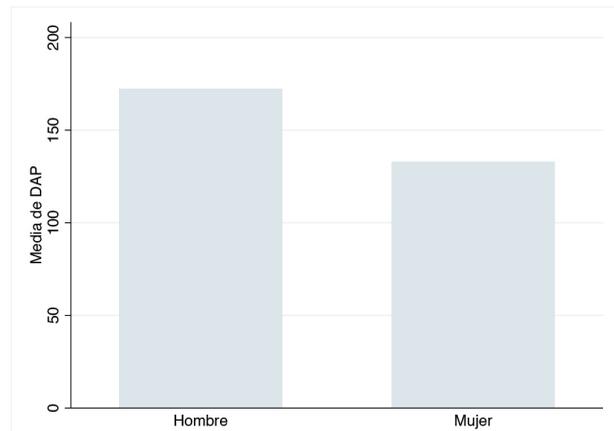
Concepto	Frecuencia	Media	Desv. Est.
Hombre	146	0.48	0.50
Edad	298	35.04	13.67
Tamaño de familia	298	3.81	1.47
Habitaciones de la vivienda	298	4.98	2.20
Baños de la vivienda	298	2.77	1.72
Disponibilidad a pagar	192	150.99	181.89

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta.

El objetivo principal de la investigación es calcular la DAP, del mismo Cuadro 2 se puede observar que de los 298 entrevistados, solo el 64.42% estuvo dispuesto a pagar para la conservación del recurso hídrico proveniente de la REC, siendo la disponibilidad a pagar promedio bimestral de \$150.99 MXN con un mínimo de \$5.00 MXN y un máximo de \$1,000.00 MXN.

Para tener una idea más clara de la DAP, se presenta la gráfica 1 la cual está agrupada por sexo, en donde a simple vista, el sexo masculino en promedio tiende a tener una DAP mayor que el sexo femenino.

**Gráfico N° 1. Disponibilidad a Pagar por Sexo.**



Fuente: Elaboración propia con STATA®

**Tabla N° 4. Diferencia de medias entre la DAP y el Sexo.**

Disponibilidad a pagar promedio	DAP promedio		t / 1.50
	Hombre \$172.34	Mujer \$132.93	

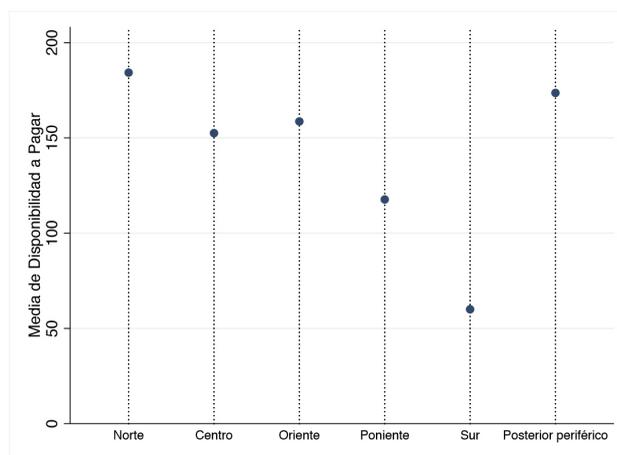
Fuente: Elaboración propia con STATA®

A pesar de que la gráfica 1 muestra una tendencia favorable en la cantidad monetaria dispuesta a pagar por la conservación del recurso hídrico proveniente de la REC, la prueba de diferencia de medias del cuadro 3 no puede confirmar esta diferencia al no resultar estadísticamente significativa ( $t < 1.69$ ).

De las respuestas positivas sobre la disponibilidad a pa-

gar, la gráfica 2 ilustra los promedios de DAP por zona de la ciudad de Mérida, los datos corroboran una menor DAP para la zona sur de la ciudad, la cual se ha caracterizado por tener mayores índices de pobreza y marginación. La DAP promedio mayor se encuentra en la zona norte, seguida por el área correspondiente a los fraccionamientos que están posterior al anillo periférico de la ciudad.

**Gráfico N° 2.** Disponibilidad a pagar por zona de la ciudad de Mérida.



Fuente: Elaboración propia con STATA®

Para caracterizar un poco más la DAP encontrada, se decidió realizar una prueba de diferencia de medias a través de

la t de student, en donde se compararon los grupos que estuvieron dispuestos a pagar y los que no.

**Tabla N° 5. Prueba de diferencias de medias por DAP (n=298).**

Concepto	Disponibilidad a pagar		t
	No	Si	
Sexo (1=hombre)	0.54	0.46	1.24
Edad	37.20	34.14	<b>1.76</b>
Años estudio	13.40	13.42	0.04
Tamaño de la familia	3.64	3.88	1.27
Niveles de la vivienda	1.56	1.68	1.34
Número de habitaciones	5.03	4.97	0.22
Número de baños	2.80	2.75	0.20
Piscina (1=Si)	0.28	0.30	0.27
Lavadora (1=Si)	0.87	0.87	0.02
Conoce el Origen del agua Cuxtal (1=Si)	0.20	0.27	1.29
Ingreso mensual promedio del hogar	\$25,351.16	\$29,959.33	1.08
Pago promedio por agua bimestral	\$222.10	\$273.93	0.77

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta.

Los resultados del cuadro 4 muestran que únicamente los años de estudio son un elemento estadísticamente significativo entre las personas que están dispuestas a pagar por el recurso hídrico y las que no, siendo el grupo más joven con una edad promedio de 34.14 años la que sí está dispuesta.

Ahora bien, para determinar la probabilidad de que una persona está dispuesta a pagar (variable dependiente), se llevó a cabo un análisis de regresión probabilístico (probit) con 18 variables independientes y sus respectivos efectos marginales, mismos que se pueden observar en los Cuadros 5 y 6.

**Tabla N° 6. Parámetros del modelo de regresión probabilístico (probit).**

Variable	Coef.	Error Est.	z	P> z
Sexo (1=hombre)	-0.3055	0.1717	-1.78	0.075*
Edad (años)	-0.0090	0.0064	-1.39	0.165
Educación (años)	0.0107	0.0258	0.41	0.678
PEA del hogar	0.1233	0.0921	1.34	0.181
Estudiantes del hogar	0.1695	0.0800	2.12	0.034**
Niveles de la vivienda	0.2822	0.1414	2.00	0.046**
Habitaciones de la vivienda	-0.0250	0.0420	-0.59	0.552
Número de baños	-0.1405	0.0735	-1.91	0.056*
Riega (1=Si)	0.1869	0.1893	0.99	0.324
Tinaco (1=Si)	0.2251	0.3107	0.72	0.469
Piscina (1=Si)	-0.0106	0.2294	-0.05	0.963
Vive zona norte (1=Si)	-0.1862	0.3149	-0.59	0.554
Vi zona poniente (1=Si)	-0.7286	0.2984	-2.44	0.015**
Vive zona oriente (1=Si)	-0.6175	0.3197	-1.93	0.053*
Vive zona sur (1=Si)	-0.9927	0.5983	-1.66	0.097*
Vive zona centro (1=Si)	-0.5801	0.3236	-1.79	0.073*
Origen del agua Cuxtal (1=Si)	0.3630	0.1951	1.86	0.063*
Pago de agua bimestral (\$MXN)	0.0001	0.0002	0.50	0.619
Constante	0.4925	0.5710	0.86	0.388

n=298; LR chi2 (18) =29.62; Prob<chi2=0.0413; Pseudo R2= 0.0819; \*, \*\* Fuente: Elaboración propia en STATA®

**Tabla N° 7. Efectos marginales sobre la variable DAP (n=298).**

Variable	dy/dx	Error Est.	z
Sexo (1=hombre)	-0.1021	0.05702	-1.79*
Edad (años)	-0.0030	0.00217	-1.39
Educación (años)	0.0035	0.00864	0.41
PEA del hogar	0.0412	0.03081	1.34
Estudiantes del hogar	0.5669	0.02673	2.12**
Niveles de la vivienda	0.0943	0.04717	2.00**
Habitaciones de la vivienda	-0.0083	0.01408	-0.59
Número de baños	-0.0469	0.02451	-1.92*
Riega (d)	0.0633	0.06481	0.98
Tinaco (d)	0.0792	0.11412	0.69
Piscina (d)	-0.0035	0.07695	-0.05
Vive zona norte (d)	-0.0638	0.11039	-0.58
Vi zona poniente (d)	-0.2592	0.10878	-2.38**
Vive zona oriente (d)	-0.2117	0.12257	-1.84*
Vive zona sur (d)	-0.3779	0.22153	-1.71*
Vive zona centro (d)	-0.2117	0.12401	-1.71*
Origen del agua Cuxtal (d)	0.1143	0.05729	2.00**
Pago de agua bimestral (\$MXN)	0.0000	0.00008	0.50*

(d) dy/dx es para el cambio discreto de la variable dummy de 0 a 1; Sig. 0.90\*, Sig. 0.95 \*\*

Fuente: Elaboración propia con STATA®.

El cuadro 7 es bastante revelador, en primera instancia se observa que el sexo masculino reduce las probabilidades de estar dispuesto a pagar por la conservación de la REC ( $p < 0.10$ ; por otra parte, el signo negativo de la variable "edad", sugiere que a mayor edad de los individuos se reduce la probabilidad de DAP, desafortunadamente esta variable no resultó estadísticamente significativa. Una variable que resultó significativa con  $p < 0.05$  fue número de estudiantes en el hogar, indicando que a mayor número de personas vivan en el hogar, incrementan las probabilidades de que contribuya al DAP; en este mismo orden de ideas, la variable niveles de la vivienda resultó estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ), no así el número de baños de la vivienda ( $p < 0.05$ ), la cual con el signo negativo reduce la probabilidad de elección de DAP.

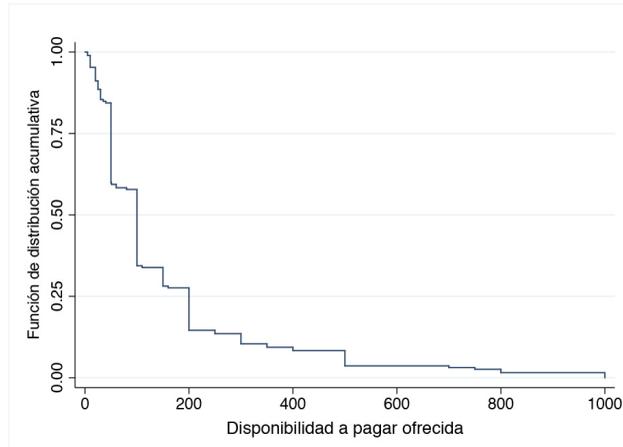
Una variable de suma importancia es el "origen del agua", los resultados del modelo son contundentes y estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ), indicando que mientras

más personas tengan conocimiento de la procedencia del recurso hídrico, aumenta las probabilidades de DAP sobre la conservación del recurso hídrico de la REC.

En lo que respecta al análisis por zona de residencia, las cinco zonas estudiadas poseen signo negativo y estadísticamente significativas con excepción de la zona norte y centro, estos resultados, contribuyen al debate teórico entre la mejora en las condiciones de vida y la inversión o contribución para mejoras en el medio ambiente, a pesar de que todas resultaron con el signo negativo, se observa mayor fuerza en la probabilidad de no escoger DAP en las zonas sur, poniente y oriente de la ciudad, catalogadas como zonas de ingreso bajo-medio.

Aunado a lo anterior, los cálculos de los efectos marginales confirman los resultados anteriormente descritos, validando el modelo econométrico robusto y estadísticamente significativo.

**Gráfico N° 3.** Supervivencia de la DAP



Fuente: Elaboración propia con STATA®

Adicionalmente, al contar con las cantidades monetarias declaradas por los individuos entrevistados sobre su disponibilidad a pagar, se decidió realizar un modelo regresión censurado Tobit para poder identificar los efectos de las variables anteriormente analizadas con el modelo Probit sobre la DAP. El modelo Tobit es adecuado debido a que hubo parte de la muestra que no estuvo dispuesta a pagar por la conservación del recurso hídrico, por lo tanto, varias respuestas para esta variable fueron de \$0.00 MXN. En total fueron utilizadas 18 variables independientes, los resultados del modelo son expuestos en el Cuadro 8.

**Tabla N° 8.** Parámetros del modelo de regresión Tobit DAP (\$).

Variable	Coef.	Error Est.	z	P> z
Sexo (1=hombre)	-9.9861	25.6320	-0.39	0.697
Edad (años)	-0.5581	1.0064	-0.55	0.580
Educación (años)	0.7262	3.8448	0.19	0.850
PEA del hogar	18.5178	13.9088	1.33	0.184
Estudiantes del hogar	31.8742	12.0810	2.64**	0.009***
Niveles de la vivienda	34.5316	20.1459	1.71	0.088*
Habitaciones de la vivienda	-8.1017	6.4285	-1.26	0.209
Número de baños	0.5516	10.9582	0.05	0.960
Riega (1=Si)	5.7036	28.7265	0.20	0.843
Tinaco (1=Si)	73.5980	47.9578	1.53	0.126
Piscina (1=Si)	-54.1472	34.8744	-1.55	0.122
Vive zona norte (1=Si)	-68.5228	43.3597	-1.58	0.115
Vi zona poniente (1=Si)	-162.9022	42.2739	-3.85**	0.000***
Vive zona oriente (1=Si)	-97.7466	45.9924	-2.13**	0.034**
Vive zona sur (1=Si)	-175.5178	99.7746	-1.76	0.080*
Vive zona centro (1=Si)	-79.9426	46.2306	-1.73*	0.085*
Origen del agua Cuxtal (1=Si)	53.7804	28.0845	1.91*	0.057*
Pago de agua bimestral (\$MXN)	0.0873	0.0162	5.38**	0.000***
Constante	-40.8990	86.3533	-0.47	0.636

n=298; LR chi2(189) =63.29 Pro > chi2 = 0.000; Pseudo R2=0.227; \* Sig. 90; \*\* Sig. 95; \*\*\* Sig.99

Fuente: Elaboración propia en STATA® con datos de la encuesta.

Los parámetros del modelo Tobit ofrecen resultados que amplían la comprensión de la disposición a pagar en términos monetarios, en primera instancia, a pesar de que el signo de la variable Sexo (1=hombre) es congruente con los resultados previamente obtenidos con el modelo logit,

en este caso, no resultó estadísticamente significativo. No obstante, la variable número de estudiantes en el hogar resultó estadísticamente significativo al igual que el modelo anterior, evidencia fehaciente de la posible influencia en la concientización sobre la importancia del recurso

hídrico en los hogares. En este orden de ideas, los hogares con mayores niveles en su vivienda también afectan de manera positiva a la DAP monetaria, así como también quienes realizan un mayor volumen de pago bimestral por el agua potable, en este sentido, los resultados permiten dilucidar que la mejora material de la vivienda está asociada a mayores índices de consumo, pero también en la

retribución y valorización monetaria del mismo. Este último escenario plantea un área de oportunidad importante ante la hipótesis de la curva de Cuznets ambiental, la cual argumenta que a medida que se de el crecimiento en el ingreso per cápita, los niveles de contaminación reducirán, solo que enfocado en este escenario particular, se espera que el consumo sea eficiente y menor.

### Cuadro N° 9. Efectos marginales del modelo Tobit sobre la variable DAP(\$).

Variable	dy/dx	Error Est.	z	P> z
Sexo (1=hombre)	-5.7492	14.7514	-0.39	0.697
Edad (años)	-0.3213	0.5789	-0.56	0.579
Educación (años)	0.4180	2.2130	0.19	0.850
PEA del hogar	10.6611	8.0015	1.33	0.183
Estudiantes del hogar	18.3507	6.9349	2.65	0.008**
Niveles de la vivienda	19.8806	11.5807	1.72	0.086*
Habitaciones de la vivienda	-4.6643	3.6979	-1.26	0.207
Número de baños	0.3175	6.3093	0.05	0.960
Riega (d)	3.2837	16.5356	0.20	0.843
Tinaco (d)	42.3720	27.6238	1.53	0.125
Piscina (d)	-31.1738	20.0722	-1.55	0.120
Vive zona norte (d)	-39.4501	24.9569	-1.58	0.114
Vi zona poniente (d)	-93.7864	24.1798	-3.88	0.000**
Vive zona oriente (d)	-56.2749	26.4131	-2.13	0.033**
Vive zona sur (d)	-101.049	57.3968	-1.76	0.078*
Vive zona centro (d)	-46.0247	26.5508	-1.73	0.083*
Origen del agua Cuxtal (d)	30.9625	16.1288	1.92	0.055*
Pago de agua bimestral (\$MXN)	0.0503	0.0094	5.32	0.000**

n=298; (d) dy/dx es para el cambio discreto de la variable dummy de 0 a 1; Sig. 0.90\*, Sig. 0.95 \*\*

Fuente: Elaboración propia con STATA®.

## CONCLUSIONES

La implementación de dos modelos de regresión para determinar en primera instancia, la probabilidad estar dispuesto a pagar por el recurso hídrico DAP (logit) y en segundo término, para determinar sus efectos en la cantidad monetaria dispuesta a pagar (tobit), permiten comprender de mejor forma el comportamiento de los consumidores que demandan un bien público como lo es el agua potable. El recurso hídrico, a pesar de ser necesario para la vida, el cual no excluye y no rivaliza en su mismo consumo, y por las condiciones geofísicas favorables que posee la península de Yucatán, puede estar siendo infravalorado y, por ende, haciendo un uso ineficiente del mismo limitando su disponibilidad en el futuro.

En este sentido, los resultados sobre la disponibilidad a pagar son reveladores y alarmantes, en el sentido que únicamente el 64% de la muestra entrevistada, realizaría un pago por mejorar las condiciones actuales de la REC, esta situación es muy diferente a los resultados obtenidos por Sánchez (2005), en donde encontraron resultados muy favorables con un 99% en la cuenca de Botánamo en Venezuela y muy similares a los reportados por Chávez (2008) en una cuenca en Tempisque en Costa Rica con un 71%. Estos elementos denota la inminente invisibilidad del problema de contaminación del recurso hídrico y el desgargo de la responsabilidad a terceros, en este caso, las autoridades estatales.

Alcanzar del desarrollo sustentable supone un gran reto para las administraciones municipales y estatales, tanto en el adecuado diseño de políticas públicas que incidan en el comportamiento de los agentes económicos, pero también es requerida la participación de los consumidores en la visualización e importancia de los servicios ambientales, en específico el recurso hídrico que se analiza en el presente documento.

**AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro agradecimiento al Lic. Giovanni Loranca por su colaboración en el diseño del cuestionario final. También agradecemos a Elizabeth G. Cantón, Krista Cáceres, Andrea Villanueva, Rodrigo Alvarado, Andrés Lixa y Laisha Pereira alumnos de la Escuela de Recursos Naturales de la Universidad Marista de Mérida, quienes contribuyeron activamente en el período de recolección de información, así como también al personal del Programa Aprender Sirviendo (PAS) de la universidad por vincularnos con la REC. Por último, una especial mención a todas las personas que amablemente destinaron tiempo para responder el cuestionario.

**REFERENCIAS**

**Atlas Nacional de Riesgos (2018).** Atlas de riesgos estatales: Yucatán. Obtenido de: [http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM\\_ENT=Yucatán&CVE\\_ENT=31](http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/AtlasEstatales/?&NOM_ENT=Yucatán&CVE_ENT=31)

**Ayuntamiento de Mérida (2001-2004).** Reserva Ecológica de Cuxtal. Dirección de Desarrollo Urbano publicado en el Diario Oficial del Estado de Yucatán 2004.

**Ayuntamiento de Mérida (2018).** Acuerdo por el cual se aprueba la Modificación del Programa de Manejo de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Reserva Cuxtal. Gaceta Municipal. Órgano Oficial de Publicación del Municipio de Mérida, Yucatán, México.

**Avilés-Polanco, G., Huato Soberanis, L., Troyo-Díez, E., Murillo Amador, B., García Hernández, J., y Beltrán-Morales, L. (2010).** Valoración económica del servicio hidrológico del acuífero de La Paz, B.C.S.: Una valoración contingente del uso de

agua municipal. *Frontera norte*, 22(43), 103-128. Recuperado en 24 de julio de 2018, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73722010000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722010000100005&lng=es&tlng=es).

**Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L., y O’Ryan (2007).** “Introducción a la economía ambiental”. McGrall Hill, Segunda Edición; Madrid. España.

**Bautista, F., Aguilar, Y., y batlori, E., (2011).** Amenazas, vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en la Península de Yucatán. *Teoría y Praxis* (9) p.9-31.

**Greene, W. H. (2012).** *Econometric analysis*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.

**INEGI (2015).** Encuesta intercensal 2015. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

**Labandeira, X., León, Carmelo y Vázquez, M. (2007).** “Economía Ambiental”. Pearson Prentice Hall. Madrid, España.

**Ortiz, R., Celis, H., y García, G. (2016).** “Impacto de las actividades productivas y de la expansión urbana sobre una reserva ecológica; el caso de Cuxtal, Yucatán; México. *Revista Noésis* ISSN-E: 2395-8669; DOI: <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2017.2.1>

**Pacheco Ávila, J., Calderón Rocher, L., & Cabrera Sanoes, A. (2004).** Delineación de la zona de protección hidrogeológica para el campo de pozos de la planta Mérida I, en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. *Ingeniería*, 8 (1), 7-16.

**Pinkus Rendón, M., Pacheco Castro, J., y Lugo Pérez, J. (2013)** “Corredores biológicos. Áreas prioritarias de conservación y servicios ambientales: Reserva Cuxtal del municipio de Mérida, Yucatán. Capítulo de libro en Pacheco

**Castro, J., Lugo Pérez, J., Tzuc Canché, L. y Ruíz Piña, H.** “Estudios multidisciplinares de las enfermedades zoonóticas y ETVs en Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán.

**PNUD (2016)** “Apoyo del PNUD a la implementación del objetivo del desarrollo sostenible 6. Gestión Sostenible del agua y el saneamiento. One United Nations Plaza, Nueva York.

**Sánchez, J. (2008).** “Valoración contingente y costo de viaje aplicados al área recreativa laguna

de Mucubaj”. Revista Economía, XXXIII, 26, pp. 119-150.

**UNESCO (2015).** “Iniciativa Internacional sobre la calidad del agua”. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia.

---

<sup>i</sup> Población Económicamente Activa se refiere a personas mayores a 15 años que reportaron tener trabajo o al menos haber buscado uno durante el período de entrevista.

<sup>ii</sup> Población Económicamente Activa se refiere a personas mayores a 15 años que reportaron tener trabajo o al menos haber buscado uno durante el período de entrevista.

<sup>iii</sup> Población Económicamente Activa se refiere a personas mayores a 15 años que reportaron tener trabajo o al menos haber buscado uno durante el período de entrevista.

<sup>iv</sup> Población Económicamente Activa se refiere a personas mayores a 15 años que reportaron tener trabajo o al menos haber buscado uno durante el período de entrevista.