

## Willingness to pay for hydrological ecosystem services in Xalapa, Veracruz, Mexico

### Disposición a pagar por servicios ecosistémicos hidrológicos en Xalapa, Veracruz, México

Gabriel Chablé-Rodríguez<sup>1</sup>; Manuel de J. González-Guillén<sup>1\*</sup>;  
Armando Gómez-Guerrero<sup>1</sup>; Teresa M. González-Martínez<sup>1</sup>;  
Demetrio S. Fernández-Reynoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Posgrado en Ciencias Forestales, Campus Montecillo. Carretera México-Textcoco, km 36.5, Montecillo. C. P. 56230. Textcoco, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Posgrado en Hidrociencias, Campus Montecillo. Carretera México-Textcoco, km 36.5, Montecillo. C. P. 56230. Textcoco, Estado de México, México.

\*Corresponding author: [manuelg@colpos.mx](mailto:manuelg@colpos.mx); tel.: +52 595 952 0200 ext. 1464.

#### Abstract

**Introduction:** The city of Xalapa, Veracruz, faces a drinking water supply problem that increases every year due, among other factors, to deforestation and population growth.

**Objective:** To determine the willingness to pay (WTP) of domestic water users for forest conservation, taking into account the recharge zones of the Pixquiatic sub-basin.

**Materials and methods:** A structured survey was designed and randomly applied to a representative sample of 113 households in Xalapa. The information was analyzed using an econometric model identifying the main social, economic and environmental aspects related to WTP for hydrological service for domestic use.

**Results and discussion:** The potential annual WTP amounts to 17 243 032.08 MXN by domestic water service users in Xalapa, Veracruz; 92.04 % of the population has an average monthly WTP of 10.23 MXN for the conservation of forest areas. This value is considered high in relation to other studies whose average contribution per person is 5.00 MXN and may be due to the high level of awareness that exists in the region about the importance of forests. Income, source of income, educational level and age are significant variables positively related to WTP.

**Conclusion:** There is WTP by users that can be used to encourage forest conservation in water recharge zones in the study area.

**Keywords:** drinking water; econometric model; Pixquiatic; hydrological sub-basin; contingent valuation.

#### Resumen

**Introducción:** La ciudad de Xalapa, Veracruz, enfrenta un problema de abastecimiento de agua potable que incrementa cada año debido, entre otros factores, a la deforestación y al incremento poblacional.

**Objetivo:** Determinar la disposición a pagar (DAP) de los usuarios de agua de uso doméstico para la conservación de bosques, considerando las zonas de recarga de la subcuenca Pixquiatic.

**Materiales y métodos:** Se diseñó y aplicó aleatoriamente una encuesta estructurada a una muestra representativa de 113 hogares en Xalapa. La información se analizó a través de un modelo econométrico que identificó los principales aspectos sociales, económicos y ambientales, relacionados con la DAP por el servicio hidrológico de uso doméstico.

**Resultados y discusión:** El potencial de la DAP anual asciende a 17 243 032.08 MXN por parte de usuarios del servicio de agua potable a nivel doméstico en Xalapa, Veracruz; 92.04 % de la población tiene una DAP mensual promedio de 10.23 MXN para la conservación de las áreas forestales. Este valor se considera alto en relación con otros estudios cuyo promedio de aportación por persona oscila en 5.00 MXN y puede deberse al alto nivel de concientización que existe en la región sobre la importancia de los bosques. El ingreso, la fuente de ingresos, el nivel educativo y la edad son variables significativas que se relacionan positivamente con la DAP.

**Conclusión:** Existe la DAP por parte de los usuarios que puede aprovecharse para incentivar la conservación forestal en las zonas de recarga de agua en el área de estudio.

**Palabras clave:** agua potable; modelo econométrico; Pixquiatic; subcuenca hidrológica; valoración contingente.

## Introduction

Communities in Mexico have environmental and biological wealth within their ecosystems that can be used to enhance social and economic development (Carrie et al., 2022; Wang et al., 2017), for landscape conservation (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Leija & Mendoza, 2021) and to maintain the cultural value of the surrounding environment (Clarke et al., 2021; Ko & Son, 2018). However, one of the main problems, derived from the uncontrolled demographic increase, is the decrease and deterioration of such wealth disturbing the functionality of forest areas and deteriorating their ecosystem services (Taye et al., 2018), leading to the reduction of water supply (Monroy Hernández, 2020), loss of biodiversity (Dib et al., 2020) and soil degradation (Pereira et al., 2018).

Currently, drinking water scarcity in Mexico is a growing problem (Martínez-Austria et al., 2019); approximately 32 % of the population is estimated to face some degree of scarcity in supply (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2019). Therefore, corrective and proactive measures are required to achieve the conservation and optimal use of ecosystems (Börner et al., 2020).

In the city of Xalapa, Veracruz, water supply depends mainly on the Huitzilapan and Pixquiac sub-basins (García-Cool, 2019), both belonging to the upper basin of La Antigua River. The Pixquiac sub-basin is considered of greater importance because of its proximity to the city and the quality of water it provides. In the region, the conversion of land from forestry to agricultural and residential use reduces both the capacity for groundwater recharge and other ecosystem services, mainly due to the lack of economic incentives for their conservation. This, together with the increase in the quantity demanded, causes an imbalance between consumption and supply, resulting in a shortage of drinking water for the city. In recent years, the supply has gradually decreased, limiting the supply to only a few days a week. In the past, this restriction was only applied during the dry season; however, municipal authorities are now considering permanent rationing to guarantee supply to the entire population.

Increasing and ensuring the supply of drinking water in the city requires strategies and actions for integrated management and protection of forest areas, as well as the strengthening of public policies aimed at water catchment areas. In this sense, it is necessary to generate a payment scheme for ecosystem services, so it is important to know if there is economic potential to contribute to the implementation of these efforts.

## Introducción

Las comunidades en México poseen riqueza ambiental y biológica en sus ecosistemas que puede ser utilizada para impulsar el desarrollo social y económico (Carrie et al., 2022; Wang et al., 2017), para la conservación del paisaje (Arroyo-Rodríguez et al., 2017; Leija & Mendoza, 2021) y para mantener el valor cultural del medio que las rodea (Clarke et al., 2021; Ko & Son, 2018). No obstante, uno de los problemas principales, derivados del aumento demográfico no controlado, es la disminución y deterioro de tal riqueza que altera la funcionalidad de las zonas forestales y deteriora sus servicios ecosistémicos (Taye et al., 2018), implicando la reducción de la provisión de agua (Monroy Hernández, 2020), pérdida de biodiversidad (Dib et al., 2020) y degradación del suelo (Pereira et al., 2018).

Actualmente, la escasez de agua potable en México es un problema creciente (Martínez-Austria et al., 2019); se estima que 32 % de la población enfrenta cierto grado de escasez en la provisión (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2019). En consecuencia, se requiere la aplicación de medidas correctivas y proactivas para lograr la conservación y el uso óptimo de los ecosistemas (Börner et al., 2020).

En la ciudad de Xalapa, Veracruz, la provisión de agua depende principalmente de las subcuencas Huitzilapan y Pixquiac (García-Cool, 2019), ambas pertenecen a la cuenca alta del río La Antigua. La subcuenca Pixquiac se considera de mayor importancia por su cercanía a la ciudad y la calidad de agua que provee. En la región, la conversión de terrenos de uso forestal a usos agropecuarios y residenciales disminuye tanto la capacidad de recarga de agua al subsuelo como en los demás servicios ecosistémicos, principalmente por la falta de incentivos económicos para su conservación. Esto, aunado al incremento en la cantidad demandada, causa desbalance entre el consumo y la provisión ocasionando escasez de agua potable para la ciudad. En los últimos años, el suministro ha decrecido paulatinamente, lo que limita el abastecimiento a solo algunos días a la semana. Anteriormente, esta restricción solo se aplicaba en épocas de estiaje; sin embargo, actualmente, las autoridades municipales plantean que los racionamientos sean permanentes para garantizar la provisión a toda la población.

El incremento y aseguramiento del suministro de agua potable en la ciudad requieren estrategias y acciones de manejo integrado y protección a zonas forestales, así como el fortalecimiento de las políticas públicas orientadas hacia las áreas captadoras de agua. En este sentido, es necesario generar un esquema de pago por servicios ecosistémicos, por lo que se requiere saber si se cuenta con potencial económico que contribuya a la aplicación de estos esfuerzos.

Economic valuation, viewed from the environmental economic approach, provides tools assigning monetary values to the ecosystem services provided by the natural environment (Tinch et al., 2019). These assigned values incorporate negative and positive externalities to land management (Bleeker & Vos, 2019) together with the preservation of natural resources (Liu & Kontoleon, 2018).

There are various techniques and methods for valuing ecosystem services (Cristeche & Penna, 2008), from those based on market values to those using stated or revealed preferences (Izko & Burneo, 2003). One of the most widely used because of its versatility is the contingent valuation method (CVM), which aims to estimate people's maximum willingness to pay for the provision or improvement of a good that does not have a market price, or to estimate the minimum willingness to receive compensation for a loss or reduction in the enjoyment of that good (Girma et al., 2021; Navrud & Strand, 2018).

Historically, the valuation of public goods through surveys has an important reference value. During the second half of the 1960s, several studies were conducted that primarily applied the CVM to environmental goods and recreational uses. In the 1970s, Randall et al. (1974) played an important role in increasing reliability and acceptance of the method with rigorous theoretical and applied work. These advances, combined with a maturing process and social needs of environmental economics as a discipline, especially in the United States, have given a clear impetus to CVM. In the second half of the 1980s, Cummings et al. (1986) and Mitchell and Carson (1989) analyzed the development of the probability valuation method and contributed decisively to its popularization in many countries, including the United States. Recently, several studies have addressed the CVM to determine the willingness of users to pay for the conservation of forest ecosystems (Resende et al., 2017), ecological protection of forest areas that provide hydrological ecosystem services (HES; Chu et al., 2020) or restoration of degraded areas in watersheds. The broad use of CVM is based on its versatility, adaptability and relative simplicity to the topic under study, allowing direct analysis of the information collected (Bergstrom & Loomis, 2017).

The objective of this research was to determine the willingness to pay (WTP) of domestic water users in Xalapa, Veracruz, to conserve forest recharge areas and promote a better condition of the current situation or prevent it from worsening. This was achieved through quantitative analysis and generation of an econometric model, including environmental and socioeconomic variables. The hypothesis is that water users are willing to pay a sufficient contribution to conserve the required quality and supply of drinking water, taking into account the past, present and future situation in the city.

La valoración económica, vista desde el enfoque económico ambiental, provee herramientas que asignan valores monetarios a los servicios ecosistémicos proporcionados por el medio natural (Tinch et al., 2019). Estos valores asignados incorporan externalidades negativas y positivas a la gestión del territorio (Bleeker & Vos, 2019) en conjunto con la preservación de los recursos naturales (Liu & Kontoleon, 2018).

Existen diversas técnicas y métodos de valoración de los servicios ecosistémicos (Cristeche & Penna, 2008), desde aquellos que se basan en valores de mercado hasta los que usan preferencias declaradas o reveladas (Izko & Burneo, 2003). Uno de los más utilizados por su versatilidad es el método de valoración contingente (MVC), el cual tiene como objetivo estimar la máxima disposición a pagar de las personas por el suministro o mejora de un bien que no cuenta con un precio de mercado, o bien, estimar la mínima disposición a recibir compensación por una pérdida o reducción en el disfrute de ese bien (Girma et al., 2021; Navrud & Strand, 2018).

Históricamente, la valoración de los bienes públicos a través de encuestas tiene un valor de referencia importante. Durante la segunda mitad de la década de 1960 se realizaron varios estudios que aplicaron principalmente el MVC a los bienes ambientales y usos recreativos. En la década de 1970, Randall et al. (1974) jugaron un papel importante en el aumento de la confiabilidad y aceptación del método a través de un riguroso trabajo teórico y aplicado. Estos avances, combinados con el proceso de maduración y las necesidades sociales de la economía ambiental como disciplina, especialmente en Estados Unidos, han dado un claro impulso al MVC. En la segunda mitad de la década de 1980 aparecieron los trabajos de Cummings et al. (1986) y Mitchell y Carson (1989), quienes analizaron el desarrollo del método de valoración probabilística y contribuyeron decisivamente a su popularización en muchos países, incluido Estados Unidos. Recientemente, diversos estudios han abordado el MVC para determinar la disposición de los usuarios a pagar por la conservación de los ecosistemas forestales (Resende et al., 2017), protección ecológica de áreas forestales que brindan servicios ecosistémicos hidrológicos (SEH; Chu et al., 2020) o la restauración de áreas degradadas en cuencas hidrológicas. El uso amplio del MVC se basa en su versatilidad, adaptabilidad y relativa sencillez al tema que se investiga, permitiendo un análisis directo de la información recabada (Bergstrom & Loomis, 2017).

El objetivo de la presente investigación fue determinar la disposición a pagar (DAP) de los usuarios de agua de uso doméstico en Xalapa, Veracruz, para conservar las áreas forestales de recarga y promover una mejor condición de la situación actual o evitar que esta empeore. Lo anterior, a través del análisis cuantitativo y generación de un modelo econométrico, considerando

## Materials and Methods

### Study area

The city of Xalapa, capital of the state of Veracruz, Mexico, is located between parallels 19° 29' and 19° 36' N and 96° 48' and 96° 58' W with an elevation ranging between 700 and 1600 m (Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave [SIEGVER], 2020). The city has an area of 124.38 km<sup>2</sup> and is home to a population of 488 531 inhabitants (INEGI, 2020). Annually, the volume supplied with drinking water is 32.3 million m<sup>3</sup>; the Pixquiac sub-basin contributes 9.69 million m<sup>3</sup> and the Huitzilapan sub-basin contributes 22.61 million m<sup>3</sup> (SIEGVER, 2020). The municipal agency in charge of administering drinking water services and contracting tapping rights for domestic, commercial and industrial use is the CMAS (Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento). Water tariffs range from 14.59 to 167.07 MXN, depending on the consumption range (m<sup>3</sup>) and the classification on usage rights (CMAS, 2021).

### Basic principles of the model used

The CVM is based on a formulation, developed by Hanemann (1984), which uses a direct function that compares the result of two utility functions. Positive responses focus on WTP, to obtain the good or service under study and achieve a higher utility than that obtained without paying for or accessing that service. The formulation of the economic utility model is centered on the assumption that there is a welfare function ( $B$ ), given by the equation  $B = WTP + I + Bi + S$ ; where:  $I$  = income,  $Bi$  = goods and services, and  $S$  = vector of socioeconomic characteristics of the respondent. In this study,  $Bi = 0$ ; that is, it will be kept constant assuming that the welfare given by the HES does not depend on the goods and services paid by the consumer, therefore the function is represented as  $B = DAP + I + S$ .

If WTP is considered as a dichotomous variable where the value 1 represents an amount  $M$  for the conservation of forests that provide HES, then the function of  $B$  would be given by:  $1 + (I-M) + S$ , which must be greater than  $B = 0 + 1 + S$ , where  $B = 0$  for a negative response to WTP. The above indicates that the respondent prefers a decrease in his income on the condition that it improves his welfare, so the probability of a positive WTP depends on  $WTP = \text{Probability of } \Delta B > 0$ ; where:  $\Delta B = (1 + (I - M) + S) - (0 + 1 + S) > 0$ .

If WTP is considered as a function of income it could be represented as  $WTP = \alpha_0 + \beta_1 I + \beta_2 S + \varepsilon_j$ ; where,  $\alpha_0$  = intercept,  $\beta_1$  = coefficient associated with income;

variables ambientales y socioeconómicas. La hipótesis es que los usuarios de agua están dispuestos a pagar una contribución suficiente para conservar la calidad y suministro de agua potable requerida, considerando la situación pasada, presente y futura en la ciudad.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La ciudad de Xalapa, capital del estado de Veracruz, México, se localiza entre los paralelos 19° 29' y 19° 36' LN y los meridianos 96° 48' y 96° 58' LO con una elevación que oscila entre 700 y 1600 m (Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave [SIEGVER], 2020). La ciudad cuenta con una extensión de 124.38 km<sup>2</sup> y alberga una población de 488 531 habitantes (INEGI, 2020). Anualmente, el volumen suministrado de agua potable es de 32.3 millones de m<sup>3</sup>; la subcuenca Pixquiac aporta 9.69 millones de m<sup>3</sup> y la subcuenca Huitzilapan contribuye con 22.61 millones de m<sup>3</sup> (SIEGVER, 2020). El organismo municipal encargado de la administración de los servicios de agua potable y la contratación de derechos de tomas para uso doméstico, comercial e industrial es CMAS (Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento). Las tarifas de agua oscilan entre 14.59 y 167.07 MXN, en función del intervalo de consumo (m<sup>3</sup>) y la clasificación sobre los derechos de uso (CMAS, 2021).

### Fundamentos del modelo usado

El MVC se basa en una formulación, desarrollada por Hanemann (1984), que utiliza una función directa que compara el resultado de dos funciones de utilidad. Las respuestas positivas se enfocan en la DAP, para obtener el bien o servicio objeto de estudio y lograr una utilidad mayor a la que se obtiene sin pagar ni acceder a ese servicio. La formulación del modelo económico de utilidad se centra en el supuesto de que existe una función de bienestar ( $B$ ), dada por la ecuación  $B = DAP + I + Bi + S$ ; donde:  $I$  = ingreso,  $Bi$  = bienes y servicios, y  $S$  = vector de características socioeconómicas del encuestado. En este estudio se consideró  $Bi = 0$ ; es decir, se mantendrá constante asumiendo que el bienestar dado por el SEH no depende de los bienes y servicios que paga el consumidor, por lo que la función quedó representada como  $B = DAP + I + S$ .

Si la DAP se considera como variable dicotómica donde el valor 1 representa un monto  $M$  para la conservación de los bosques que proveen SEH, entonces se tendría que la función de  $B$  estaría dada por:  $1 + (I-M) + S$ , la cual debe ser mayor que  $B = 0 + 1 + S$ , donde,  $B = 0$  para una respuesta negativa a la DAP. Lo anterior indica que el encuestado prefiere una disminución en su ingreso



$\beta_2$  = set of coefficients associated with the variables encompassing the socioeconomic-environmental characteristics factor and  $\varepsilon_j$  = error. The coefficients associated with  $\beta$ , together with the intercept  $\alpha$ , can be estimated using a regression model.

### Survey design and development

A structured survey was designed and validated which included social, economic and cultural aspects on WTP for the conservation of forest areas that provide HES. The survey included three scenarios: 1) without scheduled distribution of water (situation that existed 10 years ago), 2) with scheduled distribution of water during the dry season (current situation), and 3) with permanent scheduled distribution of water (near future, under the current trend). Subsequently, for each scenario, a series of related questions were formulated, including WTP ranges for the conservation of forests that capture water in order to promote a better condition or prevent it from getting worse. For example, what would be the maximum WTP to move from the current scenario (scheduled distribution of water during the dry season) to a scenario without scheduled distribution of water? or what would be the maximum WTP to remain in the current situation and avoid moving to a situation with permanent scheduled distribution of water (all year round)?

The surveys were applied personally and directly to the head of household, during the months of June to December 2021, in representative areas of the city of Xalapa. This facilitated the concise explanation of the objective of the survey and clarify doubts related to the questions. The validation was done through several calibrations to the questions during the pilot surveys, so that the biases in the interpretation of questions by the respondents were minimal.

### Design and type of sampling

A simple random sampling was applied through statistical analysis, which indicates that each member of the population (household) has the same probability of being included in the sample (Montesinos-López, 2010). The sample size was calculated from the following equation (Zavaleta et al., 2020):

$$n = \frac{NZ^2 p(1-p)}{d^2(N-1) + Z^2 p(1-p)}$$

where,

$n$  = sample size

$N$  = population size

$Z$  = confidence level

$p$  = proportion of the population with the desired characteristic

con la condición de que mejore su bienestar, por lo que la probabilidad de una DAP positiva depende de  $DAP = 1 = \text{Probabilidad de } \Delta B > 0$ ; donde:  $\Delta B = (1 + (1 - M) + S) - (0 + 1 + S) > 0$ .

Si la DAP se considera como una función del ingreso se podría representar como  $DAP = \alpha_0 + \beta_1 I + \beta_2 S + \varepsilon_j$ ; donde,  $\alpha_0$  = intercepto,  $\beta_1$  = coeficiente asociado al ingreso,  $\beta_2$  = conjunto de coeficientes asociados a las variables que engloba el factor de características socioeconómicas-ambientales y  $\varepsilon_j$  = error. Los coeficientes asociados a  $\beta$ , junto con el intercepto  $\alpha$ , pueden ser estimados mediante un modelo de regresión.

### Diseño y construcción de la encuesta

Se diseñó y validó una encuesta estructurada que incluyó aspectos sociales, económicos y culturales sobre la DAP por la conservación de áreas forestales que proveen SEH. En la encuesta se plantearon tres escenarios: 1) sin tandeos (situación que existía hace 10 años), 2) con tandeos en época de estiaje (situación actual) y 3) con tandeos permanentes (futuro cercano bajo la tendencia actual). Posteriormente, para cada escenario se formuló una serie de preguntas relacionadas, incluyendo intervalos de DAP por la conservación de los bosques que captan agua con el fin de promover una mejor condición o evitar que empeore. Por ejemplo, ¿cuál sería la DAP máxima para pasar del escenario actual (tandeos en época de estiaje) a un escenario sin tandeos? o también ¿cuál sería la DAP máxima para permanecer en la situación actual y evitar pasar a una situación con tandeos permanentes (todo el año)?

Las encuestas se aplicaron de manera personal y directa al jefe o jefa de familia, durante los meses de junio a diciembre de 2021, en zonas representativas de la ciudad de Xalapa. Esto facilitó la explicación concisa del objetivo de la encuesta y la aclaración de dudas relacionadas con las preguntas. La validación se hizo a través de varias calibraciones a las preguntas durante las encuestas piloto, para que los sesgos en la interpretación de preguntas, por parte de los encuestados, fueran mínimos.

### Diseño y tipo de muestreo

A través del análisis estadístico se aplicó un muestreo aleatorio simple, el cual indica que cada miembro de la población (hogar) posee la misma probabilidad de ser incluido en la muestra (Montesinos-López, 2010). El tamaño de muestra se calculó a partir de la ecuación siguiente (Zavaleta et al., 2020):

$$n = \frac{NZ^2 p(1-p)}{d^2(N-1) + Z^2 p(1-p)}$$

$1-p$  = proportion of the population without the desired characteristic

$d$  = absolute precision level.

The data reported by SIEGVER (2020) indicate that there are 152 609 domestic water supplies in the city of Xalapa. By substituting the values in the above formula and taking into account a confidence level of 95 %, estimated error of 10 % and maximum variance of 0.5, a sample size of 113 households was derived.

### Analysis of variables and development of the econometric model

The degree of association between variables was determined by Pearson correlation ( $P \leq 0.05$ ). For each variable, an analysis of variance and Tukey's mean comparison of WTP between categories was performed to determine if the associated values are significant ( $P < 0.0001$ ). Three levels of significance were assigned: a) highly significant values, b) values with medium significance and c) low significance. These values are not mutually exclusive. On the contrary, a variable can be above medium significance but below high significance, which would be represented by two levels in the same variable.

A regression model was developed to determine the probability of WTP considering the socioeconomic and environmental variables as independent variables. Table 1 shows the variables in the model, as well as their categorization. The statistical analysis was performed with R-Studio 4.0.3 software. The proposed regression model is presented in the equation:

$$WTP = \alpha + \beta_1 AGE + \beta_2 GENDER + \beta_3 MARITAL.STATUS + \beta_4 EDUC + \beta_5 S.INCOME + \beta_6 INCOME + \beta_7 DEPEN + \beta_8 AVAILABLE.QUANTITY + \beta_9 WATER + \beta_{10} FEE + \epsilon_j$$

## Results and Discussion

### Econometric model of willingness to pay (WTP) estimation

A total of 113 people were surveyed. Based on the regression model, the adjusted  $R^2$  value (0.3989) indicates that 39.89 % of WTP in the study area can be explained by the combination of the variables included in the model. Although this value could be considered low, it is an acceptable value for contingent valuation analysis (Thapa et al., 2021). In socioeconomic studies, Gupta and Chatterjee (2021) and Irawan (2019) mention that an  $R^2$  value between 0.3 and 0.6 indicates that the proposed model has a satisfactory fit. On the other hand, the standard error 6.3162 represents the variability of WTP that is not explained by the regression. In this regard, Diswandi

donde,

$n$  = tamaño de muestra

$N$  = tamaño de la población

$Z$  = nivel de confianza

$p$  = proporción de la población con la característica deseada

$1-p$  = proporción de la población sin la característica deseada

$d$  = nivel de precisión absoluta.

Los datos reportados por SIEGVER (2020) indican que se tienen 152 609 tomas de agua de uso doméstico en la ciudad de Xalapa. Al sustituir los valores en la fórmula anterior y considerando un nivel de confianza del 95 %, error estimado del 10 % y varianza máxima del 0.5, se obtuvo un tamaño de muestra de 113 hogares.

### Análisis de variables y generación del modelo econométrico

El grado de asociación entre variables se determinó mediante correlación de Pearson ( $P \leq 0.05$ ). Para cada variable se hizo un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de la DAP entre las categorías, a fin de determinar si los valores asociados son significativos ( $P < 0.0001$ ). Se asignaron tres niveles de importancia: a) valores muy significativos, b) valores con significancia media y c) poco significativos. Estos valores no son excluyentes. Por el contrario, una variable puede encontrarse por arriba de una significancia media pero debajo de una significancia alta, lo que se representaría con dos niveles en una misma variable.

Finalmente, se construyó un modelo de regresión para determinar la probabilidad de la DAP considerando las variables socioeconómicas y ambientales como variables independientes. El Cuadro 1 indica las variables del modelo, así como su categorización. El análisis estadístico se realizó con el *software* R-Studio 4.0.3. El modelo de regresión propuesto se presenta en la ecuación siguiente:

$$DAP = \alpha + \beta_1 EDAD + \beta_2 SEXO + \beta_3 EDO.CIVIL + \beta_4 EDUC + \beta_5 F.INGR + \beta_6 INGR + \beta_7 DEPEN + \beta_8 CANT.DISP + \beta_9 AGUA + \beta_{10} CUOTA + \epsilon_j$$

## Resultados y discusión

### Modelo econométrico de la estimación de la disposición a pagar (DAP)

En total se encuestaron 113 personas. Con base en el modelo de regresión, el valor de  $R^2$  ajustada (0.3989) indica que 39.89 % de la DAP en la zona de estudio puede ser explicada por la conjunción de las variables incluidas en el modelo. Aunque este valor

**Table 1. Regression model variables to estimate willingness to pay for hydrological ecosystem services in Xalapa, Veracruz, Mexico.****Cuadro 1. Variables del modelo de regresión para estimar la disposición a pagar por servicios ecosistémicos hidrológicos en Xalapa, Veracruz, México.**

Model representation/ Representación en el modelo	Variable description/ Descripción de la variable	Type/ Tipo
WTP/DAP	Willingness to pay/ Disposición a pagar	1 = yes/sí 0 = no
AGE/EDAD	Age/Edad	Integer/Número entero
GENDER/SEXO	Gender/Género	1 = male/masculino 0 = female/femenino
MARITAL.STATUS/ EDO.CIVIL	Marital status/Estado civil	1 = married/casado 2 = single/soltero 3 = widow/viudo 4 = divorced/divorciado 5 = free union/unión libre
EDUC/EDUC	Level of education/ Nivel de estudios	1 = no schooling/sin escolaridad 2 = elementary/primaria 3 = secondary/secundaria 4 = high school/preparatoria 5 = university/universidad 6 = graduate school/posgrado
S.INCOME/F.INGR	Main source of income/ Principal fuente de ingresos	1 = public sector employee/empleado del sector público 2 = private sector employee/empleado del sector privado 3 = own business/negocio propio 4 = retired-pensioned/jubilado-pensionado
INGR	Income level/Nivel de ingresos	1 = ≤5 000 MXN 2 = between 5 001 and 10 000 MXN/ 2 = entre 5 001 y 10 000 MXN 3 = between 10 001 and 15 000 MXN/ 3 = entre 10 001 y 15 000 MXN 4 = between 15 001 and 20 000 MXN/ 4 = entre 15 001 y 20 000 MXN 5 = between 20 001 and 30 000 MXN/ 5 = entre 20 001 y 30 000 MXN 6 = between 30 001 and 50 000 MXN/ 6 = entre 30 001 y 50 000 MXN 7 = >50 000 MXN
DEPEN	Financial dependents/ Dependientes económicos	Integer/Número entero
AVAILABLE.QUANTITY/ CANT.DISP	Perception of the available drinking water quantity over time/Percepción de la cantidad disponible de agua potable a través del tiempo	1 = decreased/disminuido 2 = remained constant/permanecido constante 3 = increased/aumentado 4 = unknown/no sabe
WATER/AGUA	Main source of drinking water supply in Xalapa/Principal fuente de abastecimiento de agua potable en Xalapa	1 = nearby rivers/ríos cercanos 2 = from another state/de otro estado 3 = from forests/de los bosques 4 = unknown/no sabe
FEE/CUOTA	Monthly fee charged for water service/Cuota mensual que paga por el servicio de agua	Whole number and decimal/ Número entero y decimal

et al. (2021) mention that the better the model fit, the lower the error value. For the analysis performed, the error is considered acceptable because it is low and the adjusted  $R^2$  is within the permissible range. The  $P$ -value determines the significance of the analysis obtained, as long as the  $P$ -value is less than 0.05 (Perni et al., 2021); in this study, the  $P$ -value was close to zero ( $7.057e-10$ ), so the model is considered feasible as a predictor of WTP. Table 2 shows the intercept and coefficient values for each of the variables included in WTP.

Regarding the coefficients, four of the 10 variables evaluated are positively correlated with WTP, while the remaining six are negatively correlated (Table 2). The  $\Pr(>|t|)$  value, for each of the coefficients, indicates that those that are less than 0.05 are considered significant within the model (Desta, 2018); this condition is met by almost all variables except for marital status and gender of the respondents.

The largest positive coefficient in the regression model is income, where WTP has a chance of increasing 1.45 MXN as income is higher in the intervals used. The income source variable indicates that WTP increases on average by 1.17 MXN when the respondent works in a private company or owns a business. The coefficient of educational level shows that as the level of education increases, WTP may increase by 0.95 MXN. Finally, WTP could increase by 0.08 MXN for each year of age of the respondent.

podiera considerarse bajo, es un valor admitido para análisis de valoración contingente (Thapa et al., 2021). En estudios socioeconómicos, Gupta y Chatterjee (2021) e Irawan (2019) mencionan que un valor de  $R^2$  entre 0.3 y 0.6 indica que el modelo propuesto posee un ajuste satisfactorio. Por otra parte, el error típico 6.3162 representa la variabilidad de la DAP que no es explicada por la regresión. Al respecto, Diswandi et al. (2021) mencionan que cuanto mejor sea el ajuste del modelo, menor será el valor del error. Para el análisis realizado, el error se considera aceptable debido a que es bajo y la  $R^2$  ajustada se encuentra dentro del intervalo permisible. El  $P$ -value determina la significancia del análisis obtenido, siempre que el valor de  $P$  sea menor que 0.05 (Perni et al., 2021); en este estudio, el valor  $P$  fue cercano a cero ( $7.057e-10$ ), por lo que el modelo se considera factible como predictor de la DAP. El Cuadro 2 muestra el intercepto y los valores de los coeficientes para cada una de las variables incluidas en la DAP.

Para el caso de los coeficientes, cuatro de las 10 variables evaluadas presentan correlación positiva con la DAP, mientras que las seis restantes presentan correlación negativa (Cuadro 2). El valor  $\Pr(>|t|)$ , para cada uno de los coeficientes, indica que aquellos que sean menores de 0.05 se consideran significativos dentro del modelo (Desta, 2018); esta condición la cumplen casi todas las variables con excepción del estado civil y género de los encuestados.

**Table 2. Regression model results regarding willingness to pay for hydrological ecosystem services in Xalapa, Veracruz, Mexico.**

**Cuadro 2. Resultados del modelo de regresión con respecto a la disposición a pagar por servicios ecosistémicos hidrológicos en Xalapa, Veracruz, México.**

Variables/Variabes	Coefficients/ Coeficientes	Error	t-value	$\Pr(> t )$
Intercept/Intercepto	10.2561	5.0196	2.0431	0.0436
Age/Edad	0.0847	0.0425	1.9905	0.0492
Gender/Sexo	-0.2105	1.2854	-0.1637	0.8702
Marital status/Estado civil	-0.6547	0.4178	-1.5669	0.1202
Education/Educación	0.9588	0.4609	2.0799	0.0400
Source of income/Fuente de ingresos	1.1740	0.4774	2.4587	0.0156
Income/Ingresos	1.4528	0.4039	3.5963	0.0004
Financial dependents/ Dependientes económicos	-1.4908	0.6166	-2.4174	0.0174
Amount available*/ Cantidad disponible*	-1.1420	0.5646	-2.0226	0.0457
Water/Agua	-1.3766	0.5690	-2.4191	0.0173
Fee/Cuota	-0.0290	0.0092	-3.1544	0.0021

\* Perception of the available drinking water quantity over time. For each of the coefficients,  $\Pr(>|t|)$  value less than 0.05 is considered significant.

\* Percepción de la cantidad disponible de agua potable a través del tiempo. Para cada uno de los coeficientes, el valor  $\Pr(>|t|)$  menor de 0.05 se considera significativo.



Regarding the negative coefficients, the coefficient of the variable water indicates that if the person has no knowledge about the sources of supply, then WTP will decrease on average by 1.37 MXN and vice versa. The perception of water availability over the years is a key factor in WTP because, if people consider that the amount of water has increased over time, then the amount they are willing to contribute decreases by 1.14 MXN. The coefficient of financial dependents indicates that the higher this number is, WTP will decrease by 1.49 MXN.

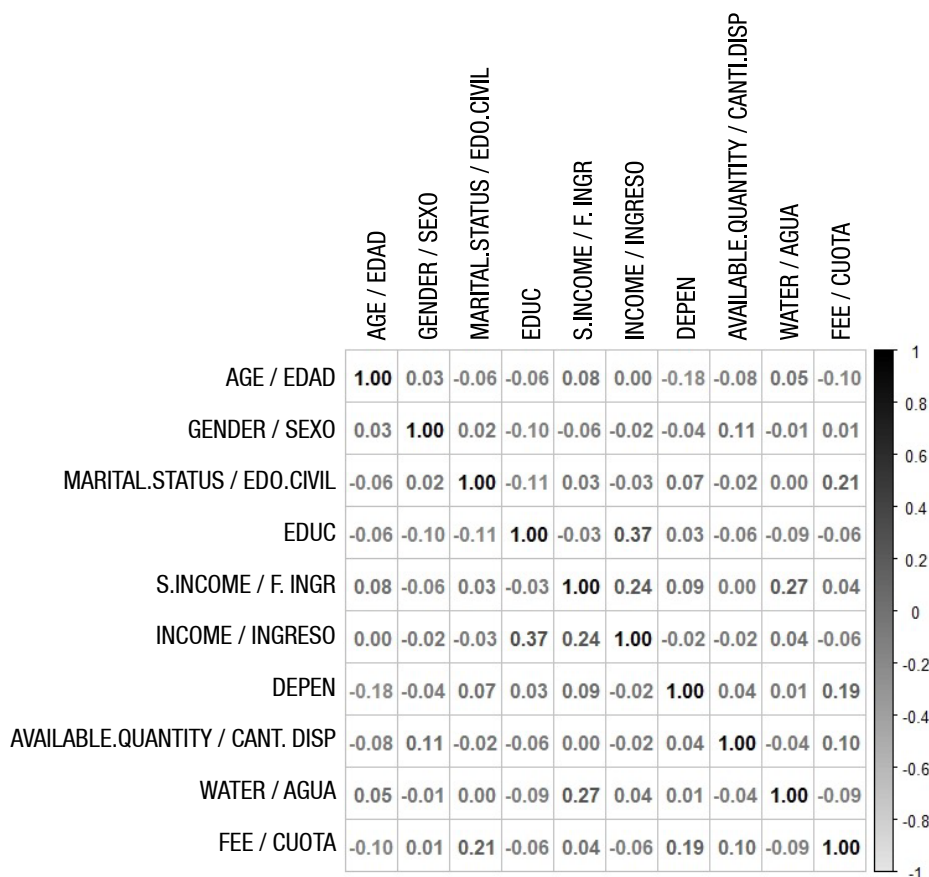
### Model variables evaluation

Based on Figure 1, Pearson's correlation test showed no significant association, either positive or negative between the variables ( $P \leq 0.05$ ).

When comparing the means of WTP with respect to age, it was observed that the values were significant;

El mayor coeficiente positivo en el modelo de regresión es el ingreso, donde la DAP tiene una posibilidad de incrementar 1.45 MXN a medida que el ingreso sea mayor en los intervalos utilizados. La variable fuente de ingresos indica que la DAP incrementa en promedio 1.17 MXN cuando el encuestado labora en una empresa privada o es dueño de un negocio. El coeficiente del nivel educativo demuestra que conforme aumenta el grado de estudios, la DAP puede incrementar 0.95 MXN. Finalmente, la DAP podría incrementar 0.08 MXN por cada año de edad del encuestado.

Respecto a los coeficientes negativos, el coeficiente de la variable agua indica que si la persona no tiene conocimiento sobre cuáles son las fuentes de abastecimiento, entonces la DAP disminuirá en promedio 1.37 MXN y viceversa. La percepción en la disponibilidad de agua a través de los años es un factor fundamental en la DAP ya que, si las personas consideran que la cantidad de agua ha aumentado



**Figure 1. Pearson correlation analysis between independent variables of the regression model to estimate the willingness to pay for hydrological ecosystem services. EDUC: level of education, S.INCOME: source of income, DEPEN: financial dependents, AVAILABLE.QUANTITY: perception of the available quantity of drinking water over time.**

**Figura 1. Análisis de correlación de Pearson entre variables independientes del modelo de regresión para estimar la disposición a pagar por servicios ecosistémicos hidrológicos. EDO.CIVIL: estado civil, EDUC: nivel de estudios, F.INGR: fuente de ingresos, DEPEN: dependientes económicos, CANT.DISP: percepción de la cantidad disponible de agua potable a través del tiempo.**

when grouping the ages (Table 3), the highest significance was found in the interval from 41 to 60 years, as well as in people older than 60 years. This indicates that people older than 40 are more likely to have a higher WTP, followed by people older than 60 years.

According to the level of education (Table 4), the most significant group is the one with postgraduate studies. This is followed, with medium-high significance, by the groups with elementary school, high school and university education. Finally, the least significant groups are those with secondary education and those with no academic training. Therefore, the higher the level of schooling, the greater the probability of payment.

With respect to the source of income, Table 5 shows that the group of people who have their own business differs significantly from the groups of private sector workers and retirees or pensioners, who have a medium-high significance. Finally, the group of public sector workers has a medium significance. This indicates that people who generate their own income are more disposed to WTP.

a través del tiempo, entonces el monto que están dispuestos a aportar disminuye 1.14 MXN. El coeficiente de dependientes económicos indica que mientras mayor sea este número, la DAP disminuirá 1.49 MXN.

#### Evaluación de las variables del modelo

Con base en la Figura 1, la prueba de correlación de Pearson mostró que no existe asociación significativa, ya sea positiva o negativa entre las variables ( $P \leq 0.05$ ).

Al realizar la comparación de medias de la DAP con respecto a la edad, se observó que los valores fueron significativos; al agrupar las edades (Cuadro 3), la mayor significancia se presentó en el intervalo de 41 a 60 años, así como en personas mayores de 60. Esto indica que las personas mayores de 40 son más propensas a tener una DAP mayor, seguidos por las personas mayores de 60 años.

Respecto al nivel de estudios (Cuadro 4), el grupo más significativo es aquel que cuenta con estudios de posgrado. Le siguen, con significancia media-alta, los grupos cuya preparación educativa es de primaria, preparatoria y universidad. Finalmente, los grupos

**Table 3. Respondents' willingness to pay (WTP) according to age classification in Xalapa, Veracruz.**

**Cuadro 3. Disposición a pagar (DAP) de los encuestados por agrupación de edad en Xalapa, Veracruz.**

Age/Edad	Frequency/Frecuencia	Percentage (%)/ Porcentaje (%)	WTP/DAP
20-35	37	32.74	7.75 b
36-40	13	11.50	7.30 b
41-60	46	40.71	12.39 a
>60	17	15.04	12.05 ab
Total	113	100.00	

Different letters indicate significant differences in WTP between age groups, according to Tukey's comparison of means ( $P < 0.01$ ).

Letras distintas indican diferencias significativas de la DAP entre los grupos de edad, de acuerdo con la comparación de medias de Tukey ( $P < 0.01$ ).

**Table 4. Willingness to pay (WTP) of respondents according to level of education in Xalapa, Veracruz.**

**Cuadro 4. Disposición a pagar (DAP) de los encuestados de acuerdo con el nivel de estudios en Xalapa, Veracruz.**

Level of education/ Nivel de estudios	Frequency/Frecuencia	Percentage (%)/ Porcentaje (%)	WTP/DAP
No schooling/Sin escolaridad	3	2.65	1.00 b
Elementary school/Primaria	18	15.93	7.90 ab
Secondary/Secundaria	20	17.70	6.57 b
High school/Preparatoria	23	20.35	13.09 ab
University/Universidad	32	28.32	10.75 ab
Graduate school/Posgrado	17	15.04	14.35 a
Total	113	100.00	

Different letters indicate significant differences in WTP between study categories, according to Tukey's comparison of means ( $P < 0.01$ ).

Letras distintas indican diferencias significativas de la DAP entre categorías de estudio, de acuerdo con la comparación de medias de Tukey ( $P < 0.01$ ).

**Table 5. Respondents' willingness to pay (WTP) based on source of income in Xalapa, Veracruz.****Cuadro 5. Disposición a pagar (DAP) de los encuestados con base en la fuente de ingresos en Xalapa, Veracruz.**

Main source of income/ Principal fuente de ingresos	Frequency/Frecuencia	Percentage (%)/ Porcentaje (%)	WTP/DAP
Public sector worker/ Trabajador sector público	11	9.73	6.54 b
Private sector worker/ Trabajador sector privado	79	69.91	9.70 ab
Own business/ Negocio propio	19	16.81	14.73 a
Retired-Pensioned/ Jubilado-Pensionado	4	3.54	9.50 ab
Total	113	100.00	

Different letters indicate significant differences in WTP based on source of income, according to Tukey's comparison of means ( $P < 0.01$ ).

Letras distintas indican diferencias significativas de la DAP con base en la fuente de ingresos, de acuerdo con la comparación de medias de Tukey ( $P < 0.01$ ).

**Table 6. Respondents' willingness to pay (WTP) based on income level in Xalapa, Veracruz.****Cuadro 6. Disposición a pagar (DAP) de los encuestados con base en el nivel de ingresos en Xalapa, Veracruz.**

Level of income (MXN)/ Nivel de ingresos (MXN)	Frequency/Frecuencia	Percentage (%)/ Porcentaje (%)	WTP/DAP
<5 000	18	15.93	4.83 c
5 001 - 10 000	20	17.70	6.40 c
10 001 - 15 000	19	16.81	8.26 bc
15 001 - 20 000	22	19.47	13.40 ab
20 001 - 30 000	18	15.93	17.22 a
30 001 - 50 000	16	14.16	11.25 b
>50 000	0	0.00	-
Total	113	100.00	

Different letters indicate significant differences in WTP between income categories, according to Tukey's comparison of means ( $P < 0.01$ ).

Letras distintas indican diferencias significativas de la DAP entre categorías de ingresos, de acuerdo con la comparación de medias de Tukey ( $P < 0.01$ ).

According to Table 6, people earning between 20 000 and 30 000 MXN differ significantly from those with an income between 15 000 and 20 000 MXN, who have a high mean significance. People whose income is between 30 000 and 50 000 MXN have a medium significance. The group of respondents with an income level between 10 000 and 15 000 MXN has a low medium significance, while income levels of 10 000 MXN or less have a low significance. Finally, people with a medium-high income have higher WTP.

For financial dependents, which ranged from 2 to 5, the analysis showed that all groups had a similar WTP. Likewise, all groups based on the perception of the amount of water available and knowledge of the main source of drinking water supply (nearby rivers, from another state, from the forests in the highlands, unknown) had a similar WTP.

The monthly payment for drinking water service of the respondents is variable, so it was analyzed as a whole,

menos significativos son los que cuentan con educación secundaria y las personas que no cuentan con alguna formación académica. Por tanto, a mayor escolaridad existe mayor propensión al pago.

En relación con la fuente de ingresos, el Cuadro 5 muestra que el grupo de personas que cuenta con negocio propio se diferencia significativamente de los grupos de trabajadores del sector privado y de los jubilados o pensionados, quienes tienen una significancia media-alta. Finalmente, se encuentra el grupo de los trabajadores del sector público con una significancia media. Esto indica que las personas que generan su propio ingreso son más propensas a la DAP.

De acuerdo con el Cuadro 6, las personas que ganan entre 20 000 y 30 000 MXN se diferencian significativamente de los que tienen un ingreso entre 15 000 y 20 000 MXN, quienes poseen una significancia media alta. Las personas cuyo ingreso se encuentra entre 30 000 y 50 000 MXN tienen una significancia media.

and it was found that, on average, they pay monthly around 172.80 MXN. The lowest value as a water payment was 53.00 MXN and the highest was 278.00 MXN. For this case, the comparison of WTP means showed no significant differences between categories ( $P > 0.05$ ).

Finally, regarding WTP, 92.04 % (104 respondents) expressed an affirmative response for the contribution of economic resources in favor of forest conservation and the provision of HES.

### Willingness to pay for conservation

The potential WTP in the whole municipality amounts to 1434919.34 MXN monthly and 17243032.08 MXN annually. The monthly amount is achieved by considering 152609 domestic water supplies in the city of Xalapa (SIEGVER, 2020), the positive response of 92.04 % of the population and a monthly contribution of 10.23 MXN which is the average WTP of the respondents.

If the annual potential of 17243032.08 MXN for the Payment for Hydrological Environmental Services (PHES) were combined with concurrent funds from the National Forestry Commission (CONAFOR), whose operability consists of contributing a similar amount, and considering a payment of 2000.00 MXN·ha<sup>-1</sup>·yr<sup>-1</sup>, all the forested areas of the Pixquiac sub-basin could be conserved. This amount would exceed the payment of 1200.00 MXN·ha<sup>-1</sup>·yr<sup>-1</sup> allocated by federal entities such as CONAFOR (Secretaría de Gobernación [SEGOB], 2022).

About a third of the respondents (31.86 %) prefer to grant the monetary contribution directly to the owners of the forests; 21.24 % mentioned that through working groups represented by the same inhabitants of the upper parts of the region; 15.04 % believe that it should be carried out through civil associations; 13.27 % determined that the optimal method should be the water bill and, finally, 10.62 % mentioned that it should be through other government institutions.

The preference for making the payment available directly to the owners of forest lands coincides with Talero-Cabrejo and Salcedo-Silva (2020), who consider that the resource would be better used and would arrive in full; in addition, transaction costs would be reduced. In turn, Luna (2018) mentions that society has the perception that the government is not entirely transparent in the management of economic resources so there is distrust to use it as a channel for payment of the WTP, coinciding with that found in this study.

El grupo de encuestados con nivel de ingresos entre 10000 y 15000 MXN tiene una significancia media baja, mientras que los niveles de ingresos de 10000 MXN o inferior poseen una significancia baja. Finalmente, las personas que cuentan con un ingreso medio-alto tienen mayor DAP.

Para el caso de los dependientes económicos, los cuales variaron de 2 a 5, el análisis de mostró que todos los grupos tuvieron una DAP similar. Asimismo, todos los grupos con base en la percepción de la cantidad disponible de agua y respecto al conocimiento sobre la principal fuente de abastecimiento de agua potable (ríos cercanos, de otro estado, de los bosques en la parte alta, no sabe) tuvieron una DAP similar.

La cuota del pago mensual por el servicio de agua potable de los encuestados es variable, por lo que se analizó en conjunto y se obtuvo que, en promedio, se pagan mensualmente alrededor de 172.80 MXN. El valor más bajo como pago de agua fue de 53.00 MXN y el más alto 278.00 MXN. Para este caso, la comparación de medias de la DAP no mostró diferencias significativas entre las categorías ( $P > 0.05$ ).

Finalmente, referente a la DAP, 92.04 % (104 encuestados) manifestó una respuesta afirmativa para la aportación de recurso económico a favor de la conservación de los bosques y la provisión de SEH.

### Disposición a pagar por la conservación

El potencial de la DAP en todo el municipio asciende a 1434919.34 MXN mensual y a 17243032.08 MXN anual. La cantidad mensual se obtiene al considerar 152609 tomas de agua de uso doméstico en la ciudad de Xalapa (SIEGVER, 2020), la respuesta positiva del 92.04 % de la población y una aportación mensual de 10.23 MXN que es la DAP promedio de los encuestados.

Si se conjuntara el potencial anual de 17243032.08 MXN para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) con fondos concurrentes de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), cuya operatividad consiste en aportar una cantidad similar, y considerando un pago de 2000.00 MXN·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, se podrían conservar todas las áreas boscosas de la subcuenca Pixquiac. Este monto superaría el pago de 1200.00 MXN·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> asignado por entidades federales como CONAFOR (Secretaría de Gobernación [SEGOB], 2022).

Alrededor de una tercera parte de los encuestados (31.86 %) prefiere otorgar la aportación económica directamente a los dueños de los bosques; 21.24 % mencionó que a través de grupos de trabajo



Aguilar et al. (2018) mentioned that gender and marital status are significant characteristics in relation to WTP, in contrast to the results in this study since these variables were not significant. On the other hand, Taye et al. (2018) and Khan et al. (2019) agreed that the variables with the highest significance in the econometric model are income, people's perception regarding the amount of water available over time, and the fee paid monthly for the service. Regarding educational level, the significance in the model is not as high as reported by Aguilar et al. (2018), who mention that the main determinant variables in WTP are age, educational level and income.

Although the population is willing to make an economic contribution to the conservation of forest areas that capture water, it is necessary to generate the HES market. Therefore, it is necessary to establish an institutional framework for the project in which the three levels of government, together with the actors and representatives involved (forest owners, consumers, non-governmental organizations and research institutions), establish the regulatory and operational bases for the HES market through a fund similar to the Mexican Forestry Fund.

When creating the HES market, transparent mechanisms should be defined to channel the resource in an effective and efficient manner; however, operationally, this may not be as profitable since it requires additional economic resources to be allocated for its creation. However, a viable alternative is to adapt governmental mechanisms to achieve efficiency and make management more transparent. There are successful cases such as FIDECOAGUA (Fideicomiso Coatepecano para la Conservación del Bosque y el Agua) in Coatepec, whose administration of contributions is managed by the municipal government (Nava-López et al., 2018), but made transparent through a trust integrated by all stakeholders.

The results have crucial relevance in assigning a value to the conservation of forest areas as providers of HES. In the study area, the level of participation in the WTP for the provision of HES is 92.04 %. This percentage is higher than that reported by Ramos-Alvarez et al. (2021), who mention that in Hidalgo there is a WTP of 68 %. The high percentage of WTP participation may be mainly due to the fact that in the state of Veracruz there are campaigns on the importance of forest care and its relationship with water supply (Córdoba et al., 2021). Also due to the influence of the creation of the first PHES market in the municipality of Coatepec, which is still in force and has shown that, through proper land management and the contribution of economic resources for the conservation of forest ecosystems, the water supply is guaranteed (Von Thaden et al., 2021).

representados por los mismos habitantes de las partes altas de la región; 15.04 % opina que se debe realizar por medio de asociaciones civiles; 13.27 % determinó que el canal óptimo debería ser el recibo del agua y, finalmente, 10.62 % manifestó que mediante otras instituciones de gobierno.

La predilección por la aportación de la disponibilidad de pago directamente a los dueños de los terrenos forestales coincide con lo señalado por Talero-Cabrejo y Salcedo-Silva (2020), quienes consideran que sería mejor aprovechado el recurso y llegaría de manera íntegra; además, se reducirían los costos de transacción. A su vez, Luna (2018) menciona que la sociedad tiene la percepción de que el gobierno no es del todo transparente en el manejo de los recursos económicos por lo que existe desconfianza para utilizarlo como canal de pago de la DAP, coincidiendo con lo encontrado en este estudio.

Aguilar et al. (2018) mencionan que el sexo y el estado civil son características de significancia con relación a la DAP, contrapuesto con lo obtenido en este estudio, ya que estas variables no fueron significativas. Por otro lado, Taye et al. (2018) y Khan et al. (2019) coincidieron en que las variables con mayor significancia en el modelo econométrico son el ingreso, la percepción de la gente respecto a la cantidad disponible de agua a través del tiempo y la cuota que se paga mensualmente por el servicio. En cuanto al nivel educativo, la significancia en el modelo no es tan alta como lo reportado por Aguilar et al. (2018), quienes mencionan que las principales variables determinantes en la DAP son la edad, el nivel educativo y el ingreso.

A pesar de que la población tiene la voluntad de brindar una aportación económica para la conservación de áreas forestales captadoras de agua, se requiere generar el mercado de SEH. Para ello, se necesita instalar un marco institucional del proyecto en el que el gobierno en sus tres niveles, en conjunto con actores y representantes involucrados (dueños del bosque, consumidores, organizaciones no gubernamentales e instituciones de investigación), establezcan las bases normativas y operativas del mercado de SEH a través de un fondo similar al Fondo Forestal Mexicano.

En la creación del mercado de SEH se deben definir los mecanismos transparentes que permitan la canalización del recurso de manera eficaz y eficiente; sin embargo, operativamente, esto puede no ser tan rentable ya que requiere que se destinen recursos económicos adicionales para su creación. No obstante, una alternativa viable es adecuar los mecanismos gubernamentales para alcanzar la eficiencia y transparentar el manejo. Existen casos de éxito como el de FIDECOAGUA (Fideicomiso Coatepecano para la

Finally, the research only considered the provision of water for domestic use as the only environmental service provided by forest areas, so that in future research it is suggested to consider the other uses of water and, in addition, the multiple benefits in the provision of environmental services. This would help to include and analyze the benefits of natural resources related to the level of knowledge and awareness of end users but focused on the economic valuation of forests and their WTP for the enjoyment of all these benefits.

## Conclusions

There is a potential willingness to pay 1 434 919.34 MXN per month by users of domestic water service in Xalapa, Veracruz. It is important to link the efforts of different local actors, including businesses and industrial, tourist and agricultural users, to improve the quality of the service by proposing actions to improve the catchment areas, such as the hydrological sub-basins. This study lays the foundations and tools for decision-makers to redirect and enrich public policies to improve the capture and application of resources to forest conservation areas in water recharge zones. There are programs for these areas, but the resources are not adequate to cover the forest cover of the region, which represents an area of opportunity for programs that allow contributions and their direct and transparent channeling to forest landowners with a specific focus on the active conservation of ecosystems.

## Acknowledgments

The authors thank the funding provided by the CONACYT 000104 scholarship program and the Colegio de Postgraduados.

## End of English version

## References / Referencias

- Aguilar, F. X., Obeng, E. A., & Cai, Z. (2018). Water quality improvements elicit consistent willingness-to-pay for the enhancement of forested watershed ecosystem services. *Ecosystem Services*, 30(A), 158–171. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.012>
- Arroyo-Rodríguez, V., Moreno, C. E., & Galán-Acevedo, C. (2017). La ecología del paisaje en México: Logros, desafíos y oportunidades en las ciencias biológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.004>
- Bergstrom, J. C., & Loomis, J. B. (2017). Economic valuation of river restoration: An analysis of the valuation literature and its uses in decision-making. *Water Resources and Economics*, 17, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2016.12.001>

Conservación del Bosque y el Agua) en Coatepec, cuya administración de las aportaciones es manejada por el gobierno municipal (Nava-López et al., 2018), pero transparentado a través de un fideicomiso integrado por todos los actores involucrados.

Los resultados tienen relevancia fundamental al asignar un valor a la conservación de las zonas forestales como proveedoras de SEH. En el área de estudio, el nivel de participación en la DAP para la provisión de SEH es de 92.04 %. Este porcentaje es superior al señalado por Ramos-Álvarez et al. (2021), quienes mencionan que en Hidalgo hay una DAP del 68 %. El porcentaje alto en la participación de la DAP puede deberse principalmente a que en el estado de Veracruz existen campañas sobre la importancia del cuidado de los bosques y su relación con el abasto del agua (Córdoba et al., 2021). También por la influencia de la creación del primer mercado de PSAH en el municipio de Coatepec, el cual sigue vigente y ha mostrado que, a través de la gestión adecuada del territorio y la aportación de recursos económicos para la conservación de los ecosistemas forestales, el abasto de agua está garantizado (Von Thaden et al., 2021).

Finalmente, la investigación solo consideró la provisión de agua de uso doméstico como único servicio ambiental proporcionado por las zonas forestales, por lo que en investigaciones futuras se sugiere considerar los otros usos del agua y, además, los beneficios múltiples en la provisión de servicios ambientales. Esto permitiría englobar y analizar las bondades de los recursos naturales relacionados con el nivel de conocimiento y concientización de los usuarios finales, pero enfocado hacia la valoración económica de los bosques y su DAP por el disfrute de todos estos beneficios.

## Conclusiones

Existe potencial de disponibilidad de pago de 1 434 919.34 MXN mensuales por parte de usuarios del servicio de agua potable a nivel doméstico, en Xalapa, Veracruz. Es importante vincular esfuerzos de diversos actores locales incluyendo comercios y usuarios industriales, turísticos y agropecuarios para mejorar la calidad del servicio, mediante el planteamiento de acciones a favor de una mejora en las áreas captadoras como lo son las subcuencas hidrológicas. Este estudio sienta las bases y herramientas para que los tomadores de decisiones redireccionen y enriquezcan las políticas públicas con el fin de mejorar la captación y aplicación de recursos hacia las áreas forestales de conservación en zonas de recarga de agua. Existen programas destinados a estas zonas, pero los recursos no son suficientes para cubrir la cobertura forestal de la región, lo cual representa un área de oportunidad

- Bleeker, S., & Vos, J. (2019). Payment for ecosystem services in Lima's watersheds: power and imaginaries in an urban-rural hydrosocial territory. *Water International*, 44(2), 224–242. <https://doi.org/10.1080/02508060.2019.1558809>
- Börner, J., Schulz, D., Wunder, S., & Pfaff, A. (2020). The effectiveness of forest conservation policies and programs. *Annual Review of Resource Economics*, 12(1), 45–64. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-110119-025703>
- Carrie, R. H., Stringer, L. C., Van Hue, L. T., Hong, N., Van Tan, D., Hackney, C. R., Thanh, N. P. T., & Quinn, C. H. (2022). Social differences in spatial perspectives about local benefits from rehabilitated mangroves: insights from Vietnam. *Ecosystems and People*, 18(1), 378–396. <https://doi.org/10.1080/26395916.2022.2083237>
- Chu, X., Zhan, J., Wang, C., Hameeda, S., & Wang, X. (2020). Households' willingness to accept improved ecosystem services and influencing factors: Application of Contingent Valuation Method in Bashang Plateau, Hebei Province, China. *Journal of Environmental Management*, 255, 109925. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109925>
- Clarke, B., Thet, A. K., Sandhu, H., & Dittmann, S. (2021). Integrating cultural ecosystem services valuation into coastal wetlands restoration: A case study from South Australia. *Environmental Science & Policy*, 116, 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.014>
- Comisión Municipal de Agua Potable y Saneamiento (CMAS). (2021). *Tarifas del mes de Noviembre (P11/2021)*. [https://cmasxalapa.gob.mx/pdf/tarifas/tarifas\\_11\\_2021.pdf](https://cmasxalapa.gob.mx/pdf/tarifas/tarifas_11_2021.pdf)
- Córdoba, D., Pischke, E. C., Selfa, T., Jones, K. W., & Avila-Foucat, S. (2021). When payment for ecosystem services meets culture: A culture theory perspective. *Society & Natural Resources*, 34(4), 505–523. <https://doi.org/10.1080/08941920.2020.1849482>
- Cristeche, E., & Penna, J. A. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. *Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales*, 3. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-metodos\\_doc\\_03.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-metodos_doc_03.pdf)
- Cummings, R. G., Brookshire, D. S., & Schulze, W. D. (1986). *Valuing environmental goods: a state of the arts assessment of the contingent valuation method*. Rowman and Allanheld.
- Destá, Y. (2018). Analysis of economic value of Lake Ziway: An application of contingent valuation method. *Journal of Resources Development and Management*, 40, 55–66. <https://ssrn.com/abstract=3373333>
- Dib, V., Nalon, M. A., Tavares Amazonas, N., Yuri Vidal, C., Ortiz-Rodríguez, I. A., Daněk, J., Formis de Oliveira, M., Alberti, P., Aparecida Da Silva, R., Salomão Precinoto, R., & Figueiredo Gomes, T. (2020). Drivers of change in biodiversity and ecosystem services in the Cantareira System Protected Area: A prospective analysis of the implementation of public policies. *Biota Neotropica*, 20(1). <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0915>
- Diswandi, D., Fadliyanti, L., Afifi, M., & Hailuddin, H. (2021). *Advances in Social Science, Education and Humanities Research* vol. 556. *Proceedings of the 2nd Annual Conference on Education para programas que permitan aportaciones y su canalización directa y transparente a los dueños de terrenos forestales con un enfoque en la conservación activa de los ecosistemas.*
- ### Agradecimientos
- Los autores agradecen el financiamiento brindado por parte del programa de becas 000104 del CONACYT y el Colegio de Postgraduados.
- Fin de la versión en español*
- and Social Science (ACCESS 2020). *Tourism enterprises' willingness to contribute to Payment for Ecosystem Services (PES) program in Gili Matra, Indonesia* (pp. 418–421). Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210525.119>
- García-Cool, I. (2019). *Estrategia para la gestión integrada del recurso hídrico de Xalapa*. [https://ayuntamiento.xalapa.gob.mx/documents/39684/3222173/27-02\\_GIRH.pdf/22e46337-d20f-c4f5-2a26-7acaec0d9a9b](https://ayuntamiento.xalapa.gob.mx/documents/39684/3222173/27-02_GIRH.pdf/22e46337-d20f-c4f5-2a26-7acaec0d9a9b)
- Girma, H., Hugé, J., Gebrehiwot, M., & Van Passel, S. (2021). Farmers' willingness to contribute to the restoration of an Ethiopian Rift Valley Lake: a contingent valuation study. *Environment, Development and Sustainability*, 23(7), 10646–10665. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01076-3>
- Gupta, A. C., & Chatterjee, N. (2021). Economic values for the environment with special reference to the Contingent Valuation Method. In P. K. Sikdar (Ed.), *Environmental management: Issues and concerns in developing countries* (pp. 303–321). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-62529-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-62529-0_14)
- Hanemann, M. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 66(3), 322–341. <https://doi.org/10.2307/1240800>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). Agua potable y drenaje. Nivel de disponibilidad de agua renovable por habitante. Subdirección General de Administración del Agua. <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Censo de población y vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>
- Irawan, E. (2019). Contingent valuation of Lake Rawapening as a source raw drinking Water. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 492–499. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.492-499>
- Izko, X., & Burneo, D. (2003). *Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques Sudamericanos*. UICN-Sur. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2003-008.pdf>
- Khan, I., Lei, H., Ali, G., Ali, S., & Zhao, M. (2019). Public attitudes, preferences and willingness to pay for river ecosystem services. *International Journal of Environmental Research*



- and *Public Health*, 16(19), 3707. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193707>
- Ko, H., & Son, Y. (2018). Perceptions of cultural ecosystem services in urban green spaces: A case study in Gwacheon, Republic of Korea. *Ecological Indicators*, 91, 299–306. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.006>
- Leija, E. G., & Mendoza, M. E. (2021). Estudios de conectividad del paisaje en América Latina: retos de investigación. *Madera y Bosques*, 7(1), <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712032>
- Liu, Z., & Kontoleon, A. (2018). Meta-analysis of livelihood impacts of payments for environmental services programmes in developing countries. *Ecological Economics*, 149, 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.02.008>
- Luna, C. V. (2018). Esquemas de compensación y pago por servicios ambientales de los bosques nativos: Revisión de casos y marco legal en Argentina. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 319–336. <https://doi.org/10.22490/21456453.2278>
- Martínez-Austria, P. F., Díaz-Delgado, C., & Moeller-Chavez, G. (2019). Seguridad hídrica en México: Diagnóstico general y desafíos principales. *Ingeniería del Agua*, 23(2), 107–121. <https://doi.org/10.4995/jia.2019.10502>
- Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1989). *Using surveys to value public goods: the contingency valuation method*. RFF Press.
- Monroy Hernández, J. (2020). Análisis del paisaje de la microcuenca del río Fucha en la ciudad de Bogotá, Colombia. Diagnóstico para el mejoramiento de servicios ecosistémicos. *Investigaciones Geográficas*, (101), e59831. <https://doi.org/10.14350/rig.59831>
- Montesinos-López, O. (2010). *Muestreo estadístico: Tamaño de muestra y estimación de parámetros*. Universidad de Colima.
- Nava-López, M., Selfa, T. L., Cordoba, D., Pischke, E. C., Torrez, D., Ávila-Foucat, S., Halvorsen, K. E., & Maganda, C. (2018). Decentralizing payments for hydrological services programs in Veracruz, Mexico: Challenges and implications for long-term sustainability. *Society & Natural Resources*, 31(12), 1389–1399. <https://doi.org/10.1080/08941920.2018.1463420>
- Navrud, S., & Strand, J. (2018). Valuing global ecosystem services: what do European experts say? Applying the Delphi Method to Contingent Valuation of the Amazon Rainforest. *Environmental and Resource Economics*, 70, 249–269. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0119-6>
- Pereira, P., Bogunovic, I., Muñoz-Rojas, M., & Brevik, E. C. (2018). Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.003>
- Perni, Á., Barreiro-Hurlé, J., & Martínez-Paz, J. M. (2021). Contingent valuation estimates for environmental goods: Validity and reliability. *Ecological Economics*, 189, 107144. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107144>
- Ramos-Álvarez, M. de J., Larqué-Saavedra, B. S., Hernández-Ortiz, J., Monroy-Hernández, R., & Hernández-Álvarez, Z. (2021). Valoración económica para la conservación del bosque de la cuenca de Tecocomulco, Hidalgo. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 7(13), 1558–1575. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i13.11421>
- Randall, A., Ives, B. C., & Eastman, C. (1974). Bidding games for valuation of aesthetic environmental improvements. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1(2), 132–149. [https://doi.org/10.1016/0095-0696\(74\)90010-2](https://doi.org/10.1016/0095-0696(74)90010-2)
- Resende, F. M., Fernandes, G. W., Andrade, D. C., & Néder, H. D. (2017). Economic valuation of the ecosystem services provided by a protected area in the Brazilian Cerrado: application of the contingent valuation method. *Brazilian Journal of Biology*, 77(4), 762–773. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.21215>
- Secretaría de Gobernación (SEGOB). (2022). Reglas de Operación 2023 del Programa Desarrollo Forestal Sustentable para el Bienestar. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5676155&fecha=29/12/2022#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5676155&fecha=29/12/2022#gsc.tab=0)
- Sistema de Información Estadística y Geográfica del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER). (2020). *Cuadernillos municipales Xalapa*. <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2020/12/03/cuadernillos-municipales-2020/>
- Talero-Cabrejo, S., & Salcedo-Silva, E. M. (2020). Aportes para el diseño de esquemas de pagos por servicios ambientales en la cuenca del lago de Tota, Colombia. *Apuntes del Cenes*, 39(69), 269–298. <https://doi.org/10.19053>
- Taye, F. A., Vedel, S. E., & Jacobsen, J. B. (2018). Accounting for environmental attitude to explain variations in willingness to pay for forest ecosystem services using the new environmental paradigm. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 7(4), 420–440. <https://doi.org/10.1080/21606544.2018.1467346>
- Tinch, R., Beaumont, N., Sunderland, T., Ozdemiroglu, E., Barton, D., Bowe, C., Börger, T., Burgess, P., Nigel Cooper, C., Faccioli, M., Filler, P., Gkolemi, I., Kumar, R., Longo, A., McVittie, A., Morris, J., Park, J., Ravenscroft, N., Schaafsma M., ... Ziv, G. (2019). Economic valuation of ecosystem goods and services: a review for decision makers. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 8(4), 359–378. <https://doi.org/10.1080/21606544.2019.1623083>
- Thapa, S., Shrestha, S., Adhikari, R. K., Bhattarai, S., Paudel, D., Gautam, D., & Koirala, A. (2021). Residents' willingness-to-pay for watershed conservation program facilitating ecosystem services in Begnas watershed, Nepal. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 7811–7832. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01759-5>
- Wang, P., Poe, G. L., & Wolf, S. A. (2017). Payments for ecosystem services and wealth distribution. *Ecological Economics*, 132, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.10.009>
- Von-Thaden, J., Manson, R. H., Congalton, R. G., López-Barrera, F., & Jones, K. W. (2021). Evaluating the environmental effectiveness of payments for hydrological services in Veracruz, México: A landscape approach. *Land Use Policy*, 100, 105055. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105055>
- Zavaleta, E., León, C., Leiva, F., Gil, L., Rodríguez, A., & Bardales, C. (2020). Valoración económica del servicio ambiental hídrico del Santuario Nacional de Calipuy. *Arnaldoa*, 27(1), 335–350. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27121>