

Willingness to pay for improvements in wastewater treatment: application of the contingent valuation method in Puno, Peru

Disponibilidad a pagar por el mejoramiento en el tratamiento de aguas residuales: aplicación del método de valoración contingente en Puno, Perú

Juan W. Tudela-Mamani^{1*}

¹Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Económica (FIE). Av. El Ejército 329, A. P. 291. Puno, República de Perú.

*Corresponding author: jtudela@unap.edu.pe, tel.: 51 (51)-364231

Abstract

Introduction: The collapse of the “El Espinar” Wastewater Treatment Plant (WWTP) in Puno, Peru, has resulted in much of the wastewater being discharged into Lake Titicaca’s Inner Bay, generating pollution and loss of well-being in the population.

Objective: To estimate the willingness to pay (WTP) for improvements in the wastewater treatment system in Puno, Peru.

Materials and methods: WTP was estimated through data obtained in a survey of 393 heads-of-household. The contingent valuation method’s linear and logarithmic models, with referendum and double-bounded questions, were used.

Results and discussion: A mean WTP of 4.38 PEN (1.46 USD) per household was estimated. WTP was affected by socioeconomic variables related to the household budget, educational level and geographical location of the home. Residents of the southern zone, the main area affected by the pollution caused by the wastewater discharge, have higher WTP than those living in the city’s central and northern areas.

Conclusion: Despite the belief in the low-payment culture, users are willing to pay if the benefits are obvious. With respect to the models used, the double-bounded model had greater theoretical consistency of results.

Keywords:

Logit model, referendum model, double-bounded model, maximum likelihood.

Resumen

Introducción: El colapso de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAR) “El Espinar” en Puno, Perú, ha ocasionado que gran parte de las aguas residuales se viertan en la Bahía Interior del Lago Titicaca, generando contaminación y pérdida de bienestar en la población.

Objetivo: Estimar la disponibilidad a pagar (DAP) por mejoras en el sistema de tratamiento de aguas residuales en Puno, Perú.

Materiales y métodos: La DAP se estimó a través de los datos obtenidos en una encuesta a 393 jefes de familia. Se utilizaron los modelos lineal y logarítmico del método de valoración contingente, con preguntas referéndum y doble límite.

Resultados y discusión: Se estimó una DAP media de 4.38 PEN (1.46 USD) por hogar. La DAP fue afectada por variables socioeconómicas relacionadas con el presupuesto del hogar, nivel educativo y localización geográfica de la vivienda. Los habitantes de la zona sur, principal zona afectada por la contaminación del vertimiento de aguas residuales, tienen mayor DAP que los habitantes de la zona centro y norte de la ciudad.

Conclusión: A pesar de la creencia de la baja cultura de pago, los usuarios están dispuestos a pagar si los beneficios son evidentes. Con respecto a los modelos utilizados, el modelo doble límite lineal tuvo mayor consistencia teórica de los resultados.

Palabras clave: Modelo logit, modelo referéndum, modelo doble límite, máxima verosimilitud.

Introduction

The collapse of the “El Espinar” Wastewater Treatment Plant (WWTP) in the Peruvian city of Puno has resulted in a large amount of wastewater pouring directly into Lake Titicaca’s Inland Bay (area of high biodiversity and international significance). This has generated pollution of the area’s natural heritage and loss of well-being in the population. To solve, in part, the situation described above, the Provincial Municipality of Puno (PMP) has carried out a feasibility study entitled “Improvement of the wastewater treatment system in the city of Puno,” framed within the national public investment system. Once the project has been implemented, a readjustment will be made to current rates. The present research, which is focused on estimating willingness to pay (WTP), can become the technical instrument that allows showing that the population of Puno is willing to pay for improvements in the wastewater treatment system.

In the national and international literature, there is a great variety of empirical studies that use the contingent valuation method (CVM) to estimate the WTP for improvements in basic services (water and sewage). At the international level, the works of Awunyo, Ishak, and Seidu (2013); Dupont (2013); Perez-Pineda and Quintanilla-Armijo (2013); Bogale and Urgessa (2012); Del Saz-Salazar, Hernández-Sancho, and Sala-Garrido (2009); and Whittington et al. (1992) stand out, whereas the Latin American level is highlighted by the works of Arias, Suarez, and Taborda (2011); Valdivia, García, López, Hernández and Rojano (2011); and Tudela (2008). In the reviewed studies, the importance of the CVM in estimating WTP is evidenced by improvements in the provision of basic sanitation services. In all cases the CVM allowed obtaining the economic valuation of the proposed service, based on an improvement in the living conditions of the beneficiaries.

In this context, the main objective of this present research was to estimate the monthly WTP of Puno city residents for improvements in the wastewater treatment system, using the CVM’s referendum and double-bounded models. An important contribution of this study is the application of the double-bounded model in contingent valuation studies of the sanitation sector; that is, empirical evidence was generated on the benefits that result from incorporating an additional question in the WTP survey. With the inclusion of the question, a better fit of the estimated model is sought and, thus, a better approximation of the WTP value for environmental improvement.

Introducción

El colapso de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAR) “El Espinar”, en la ciudad de Puno República del Perú, ha ocasionado que gran parte de las descargas de aguas residuales se viertan directamente en la Bahía Interior del Lago Titicaca (área de alta biodiversidad y relevancia internacional). Esto ha generado contaminación del patrimonio natural y pérdida de bienestar en la población. Para resolver, en parte, la situación antes descrita, la Municipalidad Provincial de Puno (MPP) ha elaborado el estudio de factibilidad “Mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno”, enmarcado en el sistema nacional de inversión pública. Una vez ejecutado el proyecto, se tendrá un reajuste a las tarifas vigentes. La presente investigación, que enfatiza la estimación de la disponibilidad a pagar (DAP), puede convertirse en el instrumento técnico que permita evidenciar que la población de Puno está dispuesta a pagar por la mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

En la literatura nacional e internacional existe una gran variedad de estudios empíricos que utilizan el método de valoración contingente (MVC) en la estimación de la DAP por mejoras en los servicios básicos (agua y alcantarillado). A nivel internacional destacan los trabajos de Awunyo, Ishak, y Seidu (2013); Dupont (2013); Perez-Pineda y Quintanilla-Armijo (2013); Bogale y Urgessa (2012); Del Saz-Salazar, Hernández-Sancho, y Sala-Garrido (2009); y Whittington et al. (1992). A nivel latinoamericano sobresalen los trabajos de Arias, Suarez, y Taborda (2011); Valdivia, García, López, Hernández, y Rojano (2011); y Tudela (2008). En los estudios revisados se evidencia la importancia del MVC en la estimación de la DAP por mejoras en la provisión de servicios de saneamiento básico. En todos los casos, el MVC permitió obtener la valoración económica del servicio propuesto, a partir del planteamiento de una mejora en las condiciones de vida de los beneficiarios.

En este contexto, el objetivo principal de la presente investigación fue la estimación de la DAP mensual de los habitantes de la ciudad de Puno para el mejoramiento en el sistema de tratamiento de aguas residuales, utilizando el MVC tipo referéndum y doble límite. Un aporte importante es la aplicación del modelo doble límite en los estudios de valoración contingente en el sector saneamiento; es decir, se generó evidencia empírica sobre las bondades que resultan de incorporar una pregunta adicional en la encuesta sobre la DAP. Con la inclusión de la pregunta se busca un mejor ajuste del modelo estimado y, de esta manera, una mejor aproximación al valor de la DAP por la mejora ambiental.

Materials and methods

Study area

The study area is the city of Puno, capital of the department (district) of Puno, located in southeastern Peru, between geographic coordinates 15° 50' 15' SL and 70° 01' 18' WL. The city is located at a height of 3,827 m on the shore of Lake Titicaca (Municipalidad Provincial de Puno [MPP], 2008).

Puno has diversified tourist offerings, making it the third most visited Peruvian city after Lima and Cusco. The main tourist attraction is Lake Titicaca, recognized as a Ramsar site. The lake covers a total area of 8,562 km² (the Peruvian side has an area of 4,772 km² and the Bolivian side 3,790 km²), measures 204 km long by 65 km wide, has a maximum depth of 283 m and is estimated to contain 883 million m³ of water (MPP, 2008). A population increase has generated greater consumption of drinking water and, consequently, the generation of a greater volume of domestic wastewater. According to projections by the National Institute of Statistics and Information Technology (INEI, 2009), the city was expected to have a population of 141,064 by 2015. The "El Espinar" wastewater treatment plant (built in 1972) has now completely collapsed, resulting in much of the wastewater discharge pouring directly into Lake Titicaca's Inland Bay (LTIB).

Contingent valuation method

The CVM is based on a simulation of a hypothetical market for the service to be valued; that is, it consists of asking direct questions to the users (households) involved about their WTP for a change in the provision of the public service, in this case, for improvements in the wastewater treatment system. Evidence shows that contingent valuation surveys for access to public services, such as basic sanitation, can be successfully carried out in developing countries (Lauria, Whittington, Choe, Turingan, & Abiad, 1999).

WTP was estimated through data obtained in a survey of 393 heads-of-household. Due to the type of survey it was only applied to households with water and drainage connections. To this end, the city of Puno was divided into three sectors: southern, central and northern. Systematic random sampling was performed in each sector, the advantage of which is that the sample is distributed proportionally (in strata) throughout the city. The selected households were visited to apply the surveys to the head-of-household or the person in charge of it. All surveys were conducted in December 2014.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio es la ciudad de Puno, capital del departamento de Puno, localizada al sureste del Perú, entre las coordenadas geográficas 15° 50' 15' LS y 70° 01' 18' LO del meridiano de Greenwich. La ciudad se encuentra a una altura de 3,827 m a orilla del lago Titicaca (Municipalidad Provincial de Puno [MPP], 2008).

Puno posee una oferta turística diversificada, siendo una de las ciudades más visitadas de Perú, luego de Lima y Cusco. El principal atractivo turístico es el lago Titicaca, reconocido como sitio Ramsar. El lago ocupa un área total de 8,562 km² (el lado peruano tiene un área de 4,772 km² y el lado boliviano 3,790 km²), mide 204 km de largo por 65 km de ancho, tiene una profundidad máxima de 283 m y se estima que contiene 883 millones de m³ de agua (MPP, 2008). El incremento poblacional ha generado mayor consumo de agua potable y, por consiguiente, la generación de mayor volumen de aguas residuales domésticas. Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2009), se estimó una población de 141,064 para el año 2015. Actualmente, la planta de tratamiento de aguas residuales "El Espinar" (construida en 1972) ha colapsado por completo, ocasionando que gran parte de las descargas de aguas residuales se viertan directamente en la Bahía Interior del Lago Titicaca (BILT).

Método de valoración contingente

El MVC se basa en la simulación de un mercado hipotético para el servicio que se quiere valorar; es decir, implica preguntas directas a los usuarios (hogares) involucrados sobre su DAP por un cambio en la provisión del servicio público, en este caso, por la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales. La evidencia demuestra que las encuestas de valoración contingente para el acceso a los servicios públicos, como el saneamiento básico, se pueden llevar a cabo con éxito en países en desarrollo (Lauria, Whittington, Choe, Turingan, & Abiad, 1999).

La DAP se estimó a través de los datos obtenidos en una encuesta a 393 jefes de familia. Debido al tipo de encuesta fue conveniente aplicarla solamente a hogares con conexiones de agua y desagüe. Para ello, la ciudad de Puno se dividió en tres sectores: sur, centro y norte. En cada sector se hizo un muestreo sistemático aleatorio, el cual tiene la ventaja que reparte la muestra proporcionalmente (en los estratos) en toda la ciudad. Las viviendas seleccionadas se visitaron para realizar las encuestas al jefe de familia o encargado del hogar. Todas las encuestas se realizaron en diciembre de 2014.

Willingness to pay referendum model

Bishop and Heberlein (1979) introduced a variant of the contingent valuation method, called the referendum format. Basically, this format consists of presenting two response alternatives to the interviewee: YES/NO. The individual is asked if he would be willing to pay a certain amount of money to access the proposed environmental improvement, in which case the respondent should issue a binary (YES or NO) response.

According to Hanemann (1984), the structure of the referendum-type WTP model assumes that a representative individual has a utility function U . This utility function depends on income Y , on the state of the wastewater treatment plant Q , and on the socioeconomic characteristics S . The initial state is defined as $Q = 0$, and the final state as $Q = 1$. Puno city residents have to pay an amount of money B , if they want to gain access to the environmental benefits implied by improvements to the wastewater treatment system. The utility function $U_i(Q, Y; S)$ for each of these situations (with and without the project) has a deterministic component $V_i(Q, Y; S)$, estimated from information collected in the survey, and an unobservable stochastic component, ε_i . The utility function of the representative individual can be expressed as:

$$U_i(Q, Y; S) = V_i(Q, Y; S) + \varepsilon_i$$

where the subscript i with value 1 or 0 denotes the state with and without the project, respectively. The term ε_i is assumed to have a zero mean and constant variance. When the person interviewed agrees to pay an amount of money B to obtain the proposed scenario, it must be fulfilled that:

$$V_i(Q = 1, Y - B; S) + \varepsilon_i > V_i(Q = 0, Y; S) + \varepsilon_0$$

$$V_i(Q = 1, Y - B; S) - V_0(Q = 0, Y; S) > \varepsilon_0 - \varepsilon_i$$

Errors ε_0 and ε_i are assumed to be random, independent, and identically distributed. The utility change defined as the difference between the levels of final and initial utility, ΔV , can be represented as:

$$\Delta V = V_i(Q = 1, Y - B; S) - V_0(Q = 0, Y; S)$$

$$\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_i$$

Consequently, the probability of having an affirmative response (YES) to the willingness to pay question is given by:

$$\Pr ob(S_i) = \Pr ob(\Delta V > \eta) = F[\Delta V]$$

Regression analysis is done using a logit or probit model since, in the referendum model, the dependent

Modelo referéndum de disponibilidad a pagar

Bishop y Heberlein (1979) introdujeron una variante del método de valoración contingente, llamado referéndum. Básicamente este formato consiste en presentar dos alternativas de respuesta al entrevistado: SI/NO. Se cuestiona al individuo si estaría dispuesto a pagar una cantidad de dinero por acceder a la mejora ambiental propuesta, en este caso el entrevistado deberá emitir una respuesta binaria (SI o NO).

Según Hanemann (1984), la estructura del modelo de la DAP tipo referéndum supone que un individuo representativo posee una función de utilidad U . Esta función de utilidad depende del ingreso Y , de la situación de la planta de tratamiento de aguas residuales Q , y de las características socioeconómicas S . El estado inicial se define como $Q = 0$, y el estado final como $Q = 1$. Los habitantes de la ciudad de Puno tienen que pagar una cantidad de dinero B , si quieren acceder a los beneficios ambientales que implica el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. La función de utilidad $U_i(Q, Y; S)$ para cada una de estas situaciones (con y sin proyecto) posee un componente determinístico $V_i(Q, Y; S)$, estimado a partir de información recolectada en la encuesta, y de un componente estocástico no observable, ε_i . La función de utilidad del individuo representativo se puede expresar como:

$$U_i(Q, Y; S) = V_i(Q, Y; S) + \varepsilon_i$$

donde el subíndice i con valor 1 o 0 denota el estado con y sin proyecto, respectivamente. El término ε_i se supone con media cero y varianza constante. Cuando la persona entrevistada acepta pagar una cantidad de dinero B para obtener el escenario propuesto, debe cumplirse que:

$$V_i(Q = 1, Y - B; S) + \varepsilon_i > V_i(Q = 0, Y; S) + \varepsilon_0$$

$$V_i(Q = 1, Y - B; S) - V_0(Q = 0, Y; S) > \varepsilon_0 - \varepsilon_i$$

Los errores ε_0 y ε_i se suponen aleatorios, independientes e idénticamente distribuidos. El cambio de utilidad definido como la diferencia entre los niveles de utilidad final e inicial, ΔV , se puede representar como:

$$\Delta V = V_i(Q = 1, Y - B; S) - V_0(Q = 0, Y; S)$$

$$\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_i$$

En consecuencia, la probabilidad de tener una respuesta afirmativa (SI) a la pregunta de disponibilidad a pagar está dada por:

$$\Pr ob(S_i) = \Pr ob(\Delta V > \eta) = F[\Delta V]$$

El análisis de regresión se hace mediante un modelo logit o probit dado que, en el modelo referéndum, la

variable is discrete. In this research the former was used. A typical formulation of the logit model is proposed as follows:

$$\Pr ob(S_i) = F[\beta' x_i] = \frac{1}{1 + \exp^{-\beta' x_i}}$$

The estimation problem is solved through the maximum likelihood method with the joint density function given by:

$$L = \prod_{i=1}^n (1 - F(\beta' x_i))^{1-y_i} (F(\beta' x_i))^{y_i}$$

where y_i is the binary dependent variable that takes the value of 1 and 0 if the answer to the willingness to pay question is YES or NO, respectively. The maximum likelihood estimator is obtained by maximizing this function with the parameters as decision variables.

Willingness to pay double-bounded model

The use of the referendum-type CVM has been subject to criticism regarding its ability to make reliable and accurate WTP estimates. As a way to reduce this inefficiency, Hanemann, Loomis, and Kanninen (1991) suggest using a double dichotomous format, known as double-bounded. This format consists of adding a second question about willingness to pay, also of a dichotomous nature.

According to Hanemann et al. (1991), in the context of a double question on willingness to pay, the initial question proposed to the individual i (B_i) is reasked on the basis of the first response (B_i^u or B_i^d), where B_i^u is the second price proposed after a positive response to the first and B_i^d is the second price proposed after a negative response to the first. Figure 1 illustrates the choice procedure in the double-bounded format.

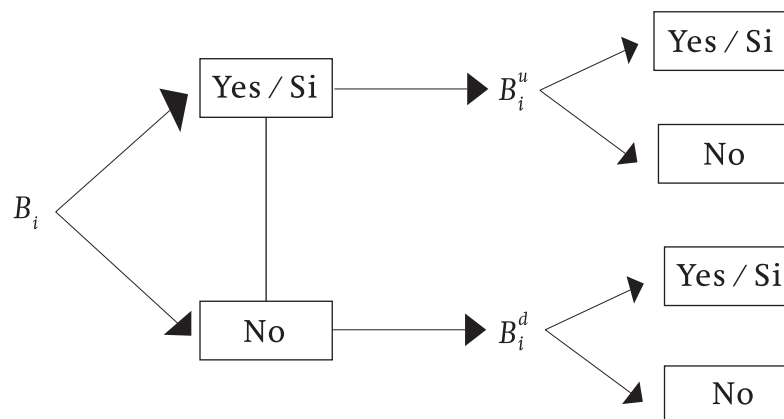


Figure 1. Double-bounded dichotomous choice process.

Figura 1. Proceso de elección dicotómica en formato doble límite.

variable dependiente es discreta. En esta investigación se utilizó el primero. Una formulación típica del modelo logit se plantea de la siguiente manera:

$$\Pr ob(S_i) = F[\beta' x_i] = \frac{1}{1 + \exp^{-\beta' x_i}}$$

El problema de estimación se resuelve a través del método de máxima verosimilitud con la función de densidad conjunta dada por:

$$L = \prod_{i=1}^n (1 - F(\beta' x_i))^{1-y_i} (F(\beta' x_i))^{y_i}$$

donde y_i es la variable dependiente binaria que toma el valor de 1 y 0 si la respuesta a la pregunta de disposición a pagar es SI o NO, respectivamente. El estimador de máxima verosimilitud se obtiene maximizando esta función con los parámetros como variables de decisión.

Modelo doble límite de disponibilidad a pagar

El uso del MVC tipo referéndum ha estado sujeto a críticas respecto a su capacidad para realizar estimaciones fiables y exactas de la DAP. Como una forma de reducir esta ineficiencia, Hanemann, Loomis, y Kanninen (1991) sugieren utilizar un formato dicotómico doble, conocido como *double bounded* (doble límite). Este formato consiste en agregar una segunda pregunta sobre la disposición a pagar también de naturaleza dicotómica.

De acuerdo con Hanemann et al. (1991), en el contexto de doble pregunta en la disponibilidad a pagar, la pregunta inicial propuesta al individuo i (B_i) es repreguntada en función de la primera respuesta (B_i^u o B_i^d), donde B_i^u es el segundo precio propuesto después de una respuesta positiva al primero y B_i^d es el segundo precio propuesto después de una respuesta negativa

According to Hanemann et al. (1991) and Habb and McConell (2002), the responses in terms of probability for the double-question case can be expressed as follows:

$$\Pr ob(yes,yes) = 1 - F(\beta' x_i^u)$$

$$\Pr ob(yes,no) = F(\beta' x_i^u) - F(\beta' x_i)$$

$$\Pr ob(no,yes) = F(\beta' x_i) - F(\beta' x_i^d)$$

$$\Pr ob(no,no) = F(\beta' x_i^d)$$

The econometric estimation problem is solved through the maximum likelihood method with the joint density function given by:

$$L = \prod_{i=1}^n (1 - F(\beta' x_i^u))^{d_i^{ss}} (F(\beta' x_i^u) - F(\beta' x_i))^{d_i^{sn}} (F(\beta' x_i) - F(\beta' x_i^d))^{d_i^{ns}} (F(\beta' x_i^d))^{d_i^{nn}}$$

$$F(\beta' x_i^d))^{d_i^{ns}} (F(\beta' x_i^d))^{d_i^{nn}}$$

where d_i^s , d_i^{sn} , d_i^{ns} and d_i^{nn} are binary variables derived from the responses: yes-yes, yes-no, no-yes and no-no respectively. When the interviewee's response is in any of the alternatives, the variables take the value of 1; otherwise, the value is 0. The maximum likelihood estimator is obtained by maximizing this function with the parameters as decision variables. The parameters of the referendum and double-bounded models were estimated using NLOGIT software version 4.0 (Econometric Software, Inc., 2007).

According to Hanemann et al. (1991), the double dichotomous model provides a gain in precision in the variance-covariance matrix of the estimated coefficients, yielding smaller confidence intervals with respect to the simple dichotomous model; in addition, they found that the point estimate for the median WTP of the double dichotomous models is generally lower.

Calia and Strazzera (2000) demonstrated that the double-bounded format is more efficient than the simple one and that it yields more efficient and precise WTP estimates. For their part, Bateman, Langford, Jones, and Kerr (2001) point out that dichotomous choice (referendum type) contingent valuation questions are relatively inefficient for large samples.

Results and discussion

Willingness to pay

Before formulating the willingness to pay question in the contingent valuation survey, the interviewees were informed that the MPP had developed a project to control pollution from wastewater dumping and thus prevent further pollution of the LTIB. It was emphasized that the viability of such projects depends

al primero. La Figura 1 ilustra el procedimiento de elección en el formato doble límite.

Según Hanemann et al. (1991) y Habb y McConell (2002), las respuestas en términos de probabilidad para el caso de doble pregunta se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\Pr ob(si,si) = 1 - F(\beta' x_i^u)$$

$$\Pr ob(si,no) = F(\beta' x_i^u) - F(\beta' x_i)$$

$$\Pr ob(no,si) = F(\beta' x_i) - F(\beta' x_i^d)$$

$$\Pr ob(no,no) = F(\beta' x_i^d)$$

El problema de estimación econométrica se resuelve a través del método de máxima verosimilitud con la función de densidad conjunta dada por:

$$L = \prod_{i=1}^n (1 - F(\beta' x_i^u))^{d_i^{ss}} (F(\beta' x_i^u) - F(\beta' x_i))^{d_i^{sn}} (F(\beta' x_i) - F(\beta' x_i^d))^{d_i^{ns}} (F(\beta' x_i^d))^{d_i^{nn}}$$

$$F(\beta' x_i^d))^{d_i^{ns}} (F(\beta' x_i^d))^{d_i^{nn}}$$

donde d_i^s , d_i^{sn} , d_i^{ns} y d_i^{nn} son variables binarias derivadas de las respuestas: si-si, si-no, no-si y no-no, respectivamente. Cuando la respuesta del entrevistado se encuentra en alguna de las alternativas, las variables toman el valor de 1; en caso contrario, el valor es 0. El estimador de máxima verosimilitud se obtiene maximizando esta función con los parámetros como variables de decisión. Los parámetros de los modelos referéndum y doble límite se estimaron utilizando el software NLOGIT versión 4.0 (Econometric Software, Inc., 2007).

Según Hanemann et al. (1991), el modelo dicotómico doble provee una ganancia en la precisión de la matriz de varianza-covarianza de los coeficientes estimados, produciendo intervalos de confianza más pequeños con respecto al modelo dicotómico simple; además, encontraron que el estimador puntual de la mediana de la DAP de los modelos dicotómicos doble es generalmente menor.

Calia y Strazzera (2000) demostraron que el formato doble límite es más eficiente que el simple y refieren que produce estimaciones de la DAP más eficientes y precisas. Por su parte, Bateman, Langford, Jones, y Kerr (2001) precisan que las preguntas de valoración contingente de elección dicotómica (tipo referéndum) son relativamente ineficientes para muestras grandes.

Resultados y discusión

Disponibilidad a pagar

Antes de formular la pregunta de disponibilidad a pagar en la encuesta de valoración contingente, se informó

to a large extent on the monetary contribution of the population, which consists of an additional monthly contribution to the one currently paid for drinking water and sewage.

Consequently, in the contingent valuation survey, the analysis of the WTP for improvements to the wastewater treatment system revealed that 39.2 % of the interviewees are not willing to pay for such a project, compared to 60.8 % who stated otherwise. Table 1 shows the WTP results; it can be seen that 77.5 % of 40 interviewees responded affirmatively to a rate of 1 PEN, against 29.7 % who answered affirmatively in the case of a rate of 7.50 PEN. In general, what was expected *a priori* was confirmed; that is, lower rates had more positive responses compared to higher rates, where there are more negative responses.

On the other hand, Table 2 contains the responses that were formulated with the referendum format and the iterative questions with double-bounded format. As can be seen, 53.7 % of those surveyed responded affirmatively to the bids offered (YES/YES and NO/YES), while 46.3 % answered that they were not willing to pay (YES/NO and NO/NO). These results differ from those obtained in the simple format, where there is a greater percentage of affirmative answers to the willingness to pay question.

Econometric analysis of the referendum and double-bounded models

The results of the regressions of the referendum and double-bounded (linear and logarithmic) models

a los entrevistados que la MPP desarrolló un proyecto para controlar la contaminación del vertimiento de aguas residuales y así evitar que se siga contaminando la BILT. Se hizo hincapié en que la viabilidad de este tipo de proyectos depende en gran medida del aporte monetario de la población, que consiste en una contribución mensual adicional a la que actualmente se paga por concepto de agua potable y alcantarillado.

En consecuencia, en la encuesta de valoración contingente, el análisis de la DAP por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales reveló que 39.2 % de los entrevistados no están dispuestos a pagar por este tipo de proyectos, frente a 60.8 % que declararon lo contrario. El Cuadro 1 muestra los resultados de la DAP; se puede observar que 77.5 % de 40 entrevistados respondió afirmativamente a una tarifa de 1 PEN, frente a 29.7 % que respondió afirmativamente en el caso de una tarifa de 7.50 PEN. En general se cumple con lo esperado *a priori*; es decir, las tarifas menores tuvieron más respuestas positivas, frente a tarifas mayores donde existen más respuestas negativas.

Por otra parte, el Cuadro 2 contiene las respuestas que se formularon con el formato referéndum y a las preguntas iterativas con formato doble límite. En efecto, 53.7 % de los encuestados respondieron afirmativamente las posturas ofrecidas (SI/SI y NO/SI), mientras que 46.3 % respondieron que no están dispuestos a pagar (SI/NO y NO/NO). Estos resultados difieren con lo obtenido en el formato simple, donde existe mayor porcentaje de respuestas afirmativas a la pregunta de disponibilidad a pagar.

Table 1. Willingness to pay for improvements to the wastewater treatment plant in Puno, Peru. Results obtained under referendum format.

Cuadro 1. Disponibilidad a pagar para el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas negras en Puno, Perú. Resultados obtenidos bajo formato referéndum.

Proposed rates (PEN)/ Tarifas propuestas (PEN)	Surveys/Encuestas	Affirmative responses/Respuestas afirmativas	
		Number/Número	%
1.0	40	31	77.5
1.5	40	29	72.5
2.0	40	27	67.5
2.5	39	30	76.9
3.0	40	27	67.5
3.5	38	22	57.9
4.5	40	21	52.5
5.5	40	22	55.0
6.5	39	19	48.7
7.5	37	11	29.7
Total	393	239	60.8

Table 2. Willingness to pay for improvements to the wastewater treatment system in Puno, Peru.
Cuadro 2. Disponibilidad a pagar para el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas negras en Puno, Perú.

Format / Formato	Response / Respuesta	Price (PEN) / Precio (PEN)												Total
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.0	
Referendum / Referéndum	YES		31	29	27	30	27	22	21	22	19	11		239
	NO		9	11	13	9	13	16	19	18	20	26		154
Double-bounded / Doble límite	YES/YES			23	25	20	18	22	11	11	14	9	8	161
	YES/NO			8	4	7	12	5	11	10	8	10	3	78
	NO/YES	5	5	4	5	10	4	3	3	5	6			50
	NO/NO	4	6	9	4	3	12	16	15	15	20			104

are shown in Table 3. Of the four models presented, the linear double-bounded model, comprised by the variables hypothetical price to pay, income, education and distance, was selected. The results of the double-bounded model show that the signs of the coefficients accompanying the variables are as expected; the individual parameters are highly significant ($P = 0.01$) in all cases. The joint significance is very high in terms of the likelihood ratio statistic ($LR = 996.27$) and the critical value of $\chi^2 = 15.08$ ($P = 0.01$, $gl = 5$), so the joint hypothesis that the coefficients of all explanatory variables are zero is rejected.

The coefficient of the price variable, as expected, is negative. This indicates that the higher the rate increase or bid offered for the project's development the lower the probability of obtaining a positive response from the respondent. The income variable, on the other hand, has a positive sign indicating that the probability of obtaining a positive response is greater when the interviewee's income level is high.

The fact of having a higher educational level increases the probability of responding positively to the willingness to pay question for improvements to the wastewater treatment system. This corroborates what was expected *a priori*; that is, when heads-of-household have a higher educational level they are more aware of environmental problems and are therefore willing to sacrifice part of their income for a project that seeks to control pollution caused by the dumping of wastewater into the LTIB.

On the other hand, the distance variable has a negative sign, indicating that the probability of a positive response decreases as the distance from the water treatment plant to the interviewee's home increases. The most conscious households are those located closest to the current plant, since they see the consequences of the environmental problem on a daily basis.

When comparing the WTP results obtained by the referendum model to those estimated by the double-

Análisis econométrico de los modelos referéndum y doble límite

Los resultados de las regresiones de los modelos referéndum y doble límite (lineal y logarítmico) se presentan en el Cuadro 3. De los cuatro modelos presentados se seleccionó el modelo doble límite lineal que se especifica con las siguientes variables: precio hipotético a pagar, ingreso, educación y distancia. Los resultados del modelo doble límite muestran que los signos de los coeficientes que acompañan a las variables son los esperados; los parámetros individuales son altamente significativos ($P = 0.01$) en todos los casos. La significancia conjunta es muy alta en términos del estadístico de la razón de verosimilitud ($LR = 996.27$) y del valor crítico de $\chi^2 = 15.08$ ($P = 0.01$, $gl = 5$), por lo que se rechaza la hipótesis conjunta de que los coeficientes de todas las variables explicativas son cero.

El coeficiente de la variable precio, como se esperaba, es negativo. Esto nos indica que a mayor incremento tarifario o postura ofrecida para que se desarrolle el proyecto, la probabilidad de obtener una respuesta positiva del encuestado es menor. La variable ingreso, por su parte, tiene signo positivo indicando que la probabilidad de obtener una respuesta positiva es mayor cuando el nivel de ingreso del entrevistado es alto.

El hecho de tener un nivel de educación cada vez mayor, aumenta la probabilidad de responder positivamente a la pregunta de disponibilidad a pagar por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. Esto corrobora lo esperado *a priori*; es decir, cuando los jefes de hogar tienen mayor nivel educativo son más conscientes de la problemática ambiental y, por ende, están dispuestos a sacrificar parte de sus ingresos en un proyecto que pretende controlar la contaminación del vertimiento de aguas residuales en la BILT.

Por otro lado, la variable distancia tiene signo negativo, indicando que la probabilidad de respuesta es menor cuando hay mayor distancia de la planta de tratamiento

Table 3. Econometric estimates of the willingness to pay (WTP) for improvements to the wastewater treatment system in Puno, Peru.**Cuadro 3. Estimaciones econométricas de la disponibilidad a pagar (DAP) por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas negras en Puno, Perú.**

Variables	Linear model (ΔV)/ Modelo lineal (ΔV)		Logarithmic model (ΔV)/ Modelo logarítmico (ΔV)	
	Referendum/ Referéndum	Double-bounded/ Doble límite	Referendum/ Referéndum	Double-bounded/ Doble límite
Constant/Constante	1.6867 (2.140)**	2.0501 (3.088)***	-0.6441 (-0.468)	-3.7913 (-2.825)***
Price/Precio	-0.3032 (-5.395)***	-0.6498 (-13.698)***		
Income/Ingreso	0.00022 (2.052)**	0.0005 (5.382)***		
Price logarithm/Logaritmo precio			-0.9886 (-5.112)***	-2.1803 (-14.953)***
Income logarithm/Logaritmo ingreso			0.3766 (2.065)**	0.9649 (5.287)***
Education/Educación	0.2540 (2.832)***	0.3206 (3.784)***	0.2473 (2.698)***	0.2893 (3.309)***
Distance/Distancia	-0.5844 (-2.570)**	-0.6193 (-3.356)***	-0.5726 (-2.539)**	-0.5578 (-2.913)***
Likelihood logarithm/ Logaritmo de verosimilitud	-230.9486	498.1374	-232.3211	495.0132
Likelihood ratio/Razón de verosimilitud	64.38	996.27	61.64	990.02
WTP (mean/median)/ DAP (media/mediana)	5.43 PEN	4.38 PEN	6.82 PEN	4.43 PEN

Z statistic in parentheses. Level of significance: *** ($P = 0.01$) and ** ($P = 0.05$). Source: Author-made based on NLOGIT software results.

Estadístico Z entre paréntesis. Nivel de significancia: *** ($P = 0.01$) y ** ($P = 0.05$). Fuente: Elaboración propia con base en resultados del software NLOGIT.

bounded model (Table 3), it can be seen that, in all cases, the absolute value of the Z statistic of the estimated parameters increases. This reflects the fact that the double-bounded model coefficients have lower variance, are more significant and, therefore, as a whole have a better approximation to the true WTP of the respondents; as a result, the monthly WTP changes. In this case, the WTP is reduced from 5.43 PEN to 4.38 PEN (1.81 USD to 1.46 USD), reflecting an overestimation with the referendum model. The above validates the claims of Hanemann et al. (1991), Calia and Strazzer (2000) and Bateman et al. (2001), who demonstrate the superiority of the double-bounded model over the referendum model.

When analyzing the results of the logarithmic model in its two versions, it can be seen that the Z statistics of the double-bounded model were significant ($P = 0.01$) for all coefficients. Comparing these results with those

de aguas a la vivienda del entrevistado. Los hogares más conscientes son los ubicados geográficamente más cerca de la planta actual, ya que a diario perciben las consecuencias de la problemática ambiental.

Al comparar los resultados de la DAP obtenidos por el modelo referéndum frente a los estimados por el modelo doble límite (Cuadro 3), se aprecia que, en todos los casos, el valor absoluto del estadístico Z de los parámetros estimados incrementa. Esto refleja que los coeficientes del modelo doble límite tienen menor varianza, son más significativos y, por lo tanto, en conjunto tienen una mejor aproximación a la verdadera DAP de los encuestados; en consecuencia, la DAP mensual cambia. En este caso, la DAP se reduce de 5.43 PEN a 4.38 PEN (1.81 USD a 1.46 USD), reflejándose una sobrestimación con el modelo referéndum. Lo anterior valida las afirmaciones de Hanemann et al. (1991), Calia y Strazzer (2000) y Bateman et al. (2001),

of the referendum model, the supremacy of the double-bounded model is evident. For this reason, the WTP measure decreases from 6.82 PEN to 4.43 PEN (2.27 USD to 1.48 USD), again observing an overestimation of WTP with the classic referendum model.

Analysis of willingness to pay at zone level in the city

With respect to the estimated models, the best models, in terms of individual significance and the likelihood ratio statistic, are those that use the double-bounded format. Within this classification there are two versions: linear and logarithmic (in both cases the functional form is for the change in utility). Between these versions, the linear double-bounded model was selected because it had the highest likelihood ratio statistic value. Taking into account the econometric results of the linear double-bounded model (Table 3), the mean WTP was estimated for each interviewee, according to their area of origin (Table 4).

Table 4 shows that the WTP of residents living in the southern zone, the main area affected by the wastewater pollution, stated a greater willingness to pay than those in the city's central and northern zones (4.90 PEN > 4.33 PEN > 3.96 PEN or 1.63 USD > 1.44 USD > 1.32 USD). This shows that the residents of this area highly value the proposed improvements to the wastewater treatment system.

The results of the linear double-bounded model yield an average total WTP of approximately 4.38 PEN per household (1.46 USD). This amount would be reflected in an increased rate for potable water and sewerage service, once the wastewater treatment system in the city of Puno is improved. This result differs from that obtained by Tudela (2008), who using the referendum format obtained a WTP of 4.21 PEN per household (1.40 USD), a value that could be considered overestimated for that year.

quienes demuestran la superioridad del modelo doble límite frente al modelo referéndum.

Al analizar los resultados del modelo logarítmico en sus dos versiones, se observa que los estadísticos Z del modelo doble límite fueron significativos ($P = 0.01$) para todos los coeficientes. Comparando estos resultados con el modelo referéndum, se puede observar la supremacía del modelo doble límite. Por esta razón, la medida de la DAP disminuye de 6.82 PEN a 4.43 PEN (2.27 USD a 1.48 USD), observando nuevamente una sobrestimación de la DAP con el modelo clásico referéndum.

Análisis de la disponibilidad a pagar a nivel de zonas de la ciudad

Con respecto a los modelos estimados, los mejores modelos, en términos de la significancia individual y el estadístico de la razón de verosimilitud, son los que utilizan el formato doble límite. Dentro de esta clasificación se tienen dos versiones: lineal y logarítmica (en ambos casos la forma funcional es para el cambio en utilidad). Entre estas versiones, el modelo doble límite lineal se seleccionó debido a que presentó el mayor valor del estadístico de la razón de verosimilitud. Teniendo en cuenta los resultados econométricos del modelo doble límite lineal (Cuadro 3), se estimó la DAP media para cada entrevistado, según su zona de origen (Cuadro 4).

El Cuadro 4 muestra que la DAP de los pobladores que habitan en la zona sur, principal zona afectada por la contaminación del vertimiento de aguas residuales, declararon mayor disposición a pagar que los habitantes de la zona centro y norte de la ciudad (4.90 PEN > 4.33 PEN > 3.96 PEN o 1.63 USD > 1.44 USD > 1.32 USD). Esto demuestra que existe una alta valoración de los habitantes de la zona por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Table 4. Willingness to pay (WTP) for improvements to the wastewater treatment system at zone level in Puno, Peru. Results obtained under linear double-bounded model.

Cuadro 4. Disponibilidad a pagar (DAP) para el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas negras a nivel de zonas en Puno, Perú. Resultados obtenidos bajo el modelo doble límite lineal.

Total WTP/ DAP total			Northern zone WTP/ DAP zona norte			Central zone WTP/ DAP zona centro			Southern zone WTP/ DAP zona sur		
Minimum/ Mínimo	Mean/Media	Maximum/ Máximo	Minimum/ Mínimo	Mean/Media	Maximum/ Máximo	Minimum/ Mínimo	Mean/Media	Maximum/ Máximo	Minimum/ Mínimo	Mean/Media	Maximum/ Máximo
1.06	4.38	11.83	1.06	3.96	11.83	1.37	4.33	10.83	1.42	4.90	10.74

Conclusions

An average total WTP of approximately 4.38 PEN per household (1.46 USD) has been estimated, an amount which would reflect the increase in the monthly rate once the wastewater treatment system in the city of Puno is improved. WTP was significantly affected by socioeconomic variables related to the household budget, educational level and geographical location of the respondent's home. It was also found that the residents of the southern zone, the main area affected by the wastewater pollution, have a greater willingness to pay than those living in the city's central and northern zones. This demonstrates that there is a high valuation on the part of residents for improvements to the wastewater treatment system. The estimated WTP shows that despite the belief in the low-payment culture, users are willing to pay when the benefits of investments are apparent to them. According to the econometric estimates, the double-bounded model presents greater theoretical consistency, given by the greater individual and joint significance of the parameters.

Acknowledgments

The author thanks the National University of the Altiplano-Office of the Vice-president for Research for the funding to carry out this study within the framework of the second call for scientific, technological and innovation research projects.

End of English version

References / Referencias

- Arias, J., Suarez, A., & Taborda, J. (2011). Disponibilidad a pagar por los servicios de acueducto y alcantarillado en los barrios el Cofre y San Isidro del corregimiento de Puerto Caldas; Pereira. *Scientia et Technica*, 16(49), Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84922625046>
- Awunyo, D., Ishak, S., & Seidu, G. (2013). Urban households' willingness to pay for improved solid waste disposal services in Kumasi metropolis, Ghana. Hindawi Publishing Corporation. *Urban Studies Research*, Article ID 659425. doi: 10.1155/2013/659425
- Bateman, I., Langford, H., Jones, A., & Kerr, G. (2001). Bound and path effects in double and triple bounded dichotomous choice contingent valuation. *Resource and Energy Economics*, 23, 191–213. doi: 10.1016/S0928-7655(00)00044-0
- Bishop, R. C., & Heberlein, T. A. (1979). Measuring values of extramarket goods: Are indirect measures biased? *American Journal of Agricultural Economics*, 65(15), 926–930. doi: 10.2307/3180348
- Bogale, A., & Urgessa, B. (2012). Households' willingness to pay for improved rural water service provision:

Los resultados del modelo doble límite lineal arrojan una DAP total media de aproximadamente 4.38 PEN por hogar (1.46 USD). Este monto estaría reflejando el incremento de la tarifa en el servicio de agua potable y alcantarillado, una vez que se mejore el sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno. Dicho resultado difiere al obtenido por Tudela (2008), quien utilizando el formato referéndum obtuvo una DAP de 4.21 PEN por hogar (1.40 USD), valor que podría considerarse sobrestimado para ese año.

Conclusiones

Se ha estimado una DAP total media de aproximadamente 4.38 PEN por hogar (1.46 USD), monto que reflejaría el incremento de la tarifa mensual una vez que se mejore el sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno. La DAP fue afectada significativamente por variables socioeconómicas relacionadas con el presupuesto del hogar, el nivel educativo y la localización geográfica de la vivienda del encuestado. También se pudo evidenciar que los habitantes de la zona sur, principal zona afectada por la contaminación del vertimiento de aguas residuales, tienen mayor disposición a pagar que los habitantes de las zonas centro y norte de la ciudad. Esto demuestra que existe una alta valoración de los habitantes por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. La DAP estimada muestra que, a pesar de la creencia de la baja cultura de pago, los usuarios están dispuestos a hacerlo cuando los beneficios de las inversiones sean evidentes para ellos. De acuerdo con las estimaciones econométricas, el modelo doble límite presenta mayor consistencia teórica, dada por la mayor significancia individual y conjunta de los parámetros.

Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad Nacional del Altiplano-Vicerrectorado de Investigación, por el financiamiento para realizar el presente trabajo en el marco de la segunda convocatoria de proyectos de investigación científica, tecnológica e innovación.

Fin de la versión en español

- Application of contingent valuation method in eastern Ethiopia. *Journal of Human Ecology*, 38(2), 145–154. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/267784459>
- Calia, P., & Strazzera, E. (2000). Bias and efficiency of single versus double bounded model for contingent valuation: A Monte Carlo analysis. *Applied Economics*, 32(10), 1329–1336. doi: 10.1080/000368400404489
- Del Saz-Salazar, S., Hernández-Sancho, F., & Sala-Garrido, R. (2009). The social benefits of restoring water quality in the context of the Water Framework Directive: A comparison of willingness to pay and willingness to accept. *Science of the Total Environment*, 407, 4574–4583. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.05.010
- Dupont, D. (2013). Water use restrictions or waste water recycling? A Canadian willingness to pay study for reclaimed wastewater. *Water Resources and Economics*, 1, 61–74. doi: 10.1016/j.wre.2013.03.002
- Econometric Software, Inc. (2007). NLOGIT versión 4.0. USA: Author.
- Habb, T., & Mcconell, K. (2002). *Valuing environmental and natural resources: The econometric of non-market valuation*. Cheltenham, UK & Northampton, USA: Edward Elgar.
- Hanemann, M., Loomis, J., & Kanninen, B. (1991). Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(4), 1255–1263. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/240263269>
- Hanemann, W. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *American Journal of Agricultural Economics*, 66(3), 332–341. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1240800>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2009). Perú: Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según departamento, provincia y distrito, 2000–2015. Retrieved from <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0842/libro.pdf>
- Lauria, D. T., Whittington, D., Choe, K., Turingan, C., & Abiad, V. (1999). Household demand for improved sanitation services: A case study of Calamba, the Philippines. In I. J. Bateman & K. G. Willis (Eds.), *Valuing environmental preferences: Theory and practice of the contingent valuation method in the US, EU, and developing countries* (pp. 540–581). UK: Oxford University Press.
- Municipalidad Provincial de Puno (MPP). (2008). Plan de desarrollo provincial concertado al 2021. Retrieved from http://www.munipuno.gob.pe/descargas/transparencia/Plan%20de%20Desarrollo%20Concertado/PDC_MPP_anterior.pdf
- Perez-Pineda, F., & Quintanilla-Armijo, C. (2013). Estimating willingness-to-pay and financial feasibility in small water projects in El Salvador. *Journal of Business Research*, 66, 1750–1758. doi: 10.1016/j.jbusres.2013.01.014
- Tudela, J. W. (2008). Estimación de la disponibilidad a pagar de los habitantes de la ciudad de Puno por el tratamiento de aguas servidas. *Economía y Sociedad*, 69, 73–83. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/308203921>
- Valdivia, R., García, E., López, M., Hernández, J., & Rojano, A. (2011). Valoración económica por la rehabilitación del Río Axtla, S. L. P. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(3), 333–342. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.07.045
- Whittington, D., Smith, V. K., Okorafor, A., Okore, A., Liu, J. L., & McPhail, A. (1992). Giving respondents time to think in contingent valuation studies: A developing country application. *Journal of Environmental Economics and Management*, 22, 205–225. doi: 10.1016/0095-0696(92)90029-V