**Valoración económica de la calidad del agua residual tratada en la Cuenca San Pedro Mezquital**

**Felipe Flores Vichi[[1]](#footnote-1) y María Elena Pérez López[[2]](#footnote-2)**

**Resumen:** Esta investigación responde a la necesidad de cuantificar el valor del agua residual tratada a partir de un enfoque monetarista con el objetivo de contar con elementos para la estimación del beneficio económico generado por la presencia y operación de una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR). Se empleó el Método de Valoración Contingente (MVC) para determinar la Disposición a Pagar (DAP) de los individuos sujeta a diversos escenarios de calidad del recurso hídrico. Asimismo, se identificaron las variables socioeconómicas que inciden en la probabilidad del pago mediante los modelos *logit* y *probit*. Para lograr lo anterior, se estudiaron cinco PTAR´s pertenecientes a los estados de Durango y Zacatecas. Los resultados pretenden incorporar elementos económicos y sociales en materia de gestión de las aguas residuales, de manera que se integren a los parámetros fisicoquímicos y biológicos utilizados para evaluar la pertinencia de este tipo de infraestructura.

**Palabras clave: agua residual tratada, valoración contingente, calidad del agua, beneficio económico y disposición a pagar**

**INTRODUCCIÓN**

La calidad del agua no es una característica absoluta, ya que depende del uso al que vaya a destinarse el recurso. Elementos biológicos y químicos, como el suelo y sus características, la demanda de agua por la población y el sector industrial, así como el tratamiento al que será sujeta el agua residual influyen en los impactos que originará el vertido o reuso del agua residual tratada.

En el 2013, la Red Nacional de Monitoreo contaba con 5,025 sitios a lo largo de la República Mexicana, los cuales verifican la calidad del agua a partir de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; es a partir del año 2005 que se integran evaluaciones biológicas, lo cual en su conjunto han permitido evaluar la calidad mediante métodos sencillos y de bajo costo (CONAGUA, 2014).

En el año 2014, México contaba con 2,337 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR´s) en operación, con una capacidad de procesamiento del 52,7% del agua residual generada en el país. El estado de Durango ocupa el segundo lugar en materia de infraestructura, ya que posee el 7,6% del total de las PTAR´s del país, sólo detrás del estado de Sinaloa que representa el 10,4%. Las 178 plantas que integran la infraestructura de Durango tratan aproximadamente el 3% del agua residual total de la nación.

El uso de las aguas residuales tratadas también permite obtener entre otros beneficios el uso eficiente del agua, provisión de abonos naturales y generación de alimentos, empleo e ingresos económicos y la aplicación de la frontera agrícola en zonas desérticas (León y Moscoso, 1996). Sin embargo, a pesar de que ya existe un número importante de plantas de tratamiento, los problemas ambientales no se han reducido ya que se han detectado problemas importantes en los cuerpos receptores de agua residual.

La presente investigación aborda la problemática de la cuenca San Pedro-Mezquital, desde un punto de vista multidisciplinario, la cual ha sido dañada principalmente por descargas de aguas residuales, domésticas, agrícolas, residuos sólidos y la pérdida de cobertura vegetal, causadas por una infraestructura de saneamiento y sistema de tratamiento inadecuado.

El objetivo principal de trabajo es la estimación del valor económico de la calidad del agua que los individuos otorgan a un aumento en la calidad del agua. Asimismo, se pretende determinar las variables que inciden en la determinación de la probabilidad de la Disposición a Pagar (DAP) por una mejora en el recurso hídrico, así como calcular los beneficios económicos por la presencia de este tipo de infraestructura.

En la mayoría de los casos los bienes se pueden valorar económicamente a través de un mercado real, en el cual estos tienen un valor monetario definido. Sin embargo, para algunos bienes ambientales no existe un mercado por lo que no se puede establecer fácilmente un valor sobre ellos (Hanemman, 1994).

Durante años los métodos de valoración económica se centraron en las preferencias establecidas de los individuos en mercados reales (Chen & Jim, 2012). Sin embargo, para los recursos naturales y los bienes ambientales no existe uno que establezca las preferencias de los consumidores y su disposición a pagar por ellos (Osorio & Correa, 2009).

Debido a la ausencia de mercados para este tipo de bienes, Ciriacy-Wantrup (1947) propuso por primera vez el Método de Valoración Contingente (MVC). En su estudio sobre los beneficios obtenidos a partir de la prevención de la erosión, determinó que el uso de entrevistas personales en donde se revelará la disposición a pagar de los individuos por una mejora en la calidad de un bien, permitiría establecer la demanda de éstos. El fundamento teórico del método fue dado por Hanneman (1984) al estudiar su aplicación en la Economía del Bienestar.

A partir de la valoración económica, los economistas han tratado de diseñar metodologías para valorar bienes y servicios ambientales de no mercado, siendo el MVC una de las más empleadas (León & Vásquez-Polo, 2000; Welsch & Uhling, 2009).

El MVC se ha convertido en una herramienta de valoración del ambiente natural importante debido a las limitaciones presentadas por otras técnicas asociadas con la conducta de los agentes en el mercado (preferencias reveladas). El método ha sido aplicado para valorar numerosos y diversos bienes públicos ambientales como la calidad del agua, la preservación del paisaje y los daños ambientales (Carson et al., 1995).

El MVC tiene reconocimiento oficial tanto en la Unión Europea como en Estados Unidos, donde existen dos importantes guías prácticas sobre su aplicación (NOAA, 1993; Carson, 1999). A pesar de esta condición y de su uso generalizado, el método continúa generando controversia en torno a sus resultados, donde Diamond y Hausman (1994) indican que las principales críticas al método se centran en tres aspectos: la credibilidad, la fiabilidad y la precisión de las respuestas[[3]](#footnote-3).

**MATERIALES Y MÉTODOS**

*Área de Estudio*

Se seleccionaron 5 PTAR´s representativas que impactaban de forma importante a los núcleos de población urbana y/o rural. Los municipios asociados al área de análisis (Durango, Nombre de Dios, Guadalupe Victoria y Súchil) concentran el 40% de la población, en el estado de Durango, mientras que el caso de Sombrerete, con el 4,5% de los habitantes de Zacatecas, poseen una relevancia ecológica en la Cuenca San Pedro Mezquital. Además, la inclusión de otros municipios hubiera aumentado los costos del estudio al no aprovechar ningún tipo de economías de escala.

*La encuesta*

Se diseñó una encuesta con 30 reactivos siguiendo las directrices establecidas por la NOAA (Arrow et al, 1993), estructurada en tres módulos. El primero, orientado a conocer las características socioeconómicas de los individuos que pueden condicionar la DAP. El segundo, diseñado para identificar la percepción e interés sobre los temas del medio ambiente, así como la apreciación y evaluación de las acciones de gobierno en materia de gestión de agua. El tercero destinado a la determinación de la valoración económica mediante el formato de referéndum, en la cual se obtuvo la DAP para cuatro niveles deseables de calidad de agua y la DAC por la pérdida del río afectado por la descarga de aguas residuales domésticas.

La propuesta de mercado hipotético, para determinar la DAP, se realizó mediante una serie de imágenes que hacían referencia a los niveles de calidad de agua, de esta forma se garantizó la comprensión de los escenarios y valoraciones propuestas. Se utilizó la “Water Quality Ladder” utilizada por *Resource for the Future* (Vaughan, 1981), mediante la cual se valoran los cambios en la calidad del agua a partir del uso pertinente de la misma para desarrollar actividades de diversos tipos (actividades recreativas, pesca, baño, entre otros).

Con los resultados obtenidos de una prueba piloto, se redactó un instrumento de recolección de información para consultar a una muestra aleatoria de residentes ubicados en las proximidades de las Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

El vehículo de pago empleado fue un incremento en el recibo del agua con periodicidad mensual, lo cual se consideró como el instrumento correcto para evitar comportamientos de oportunismo (*free-rider*) que ocurrirían si el pago fuera voluntario. Se inició con un formato de pregunta dicotómico simple (Bishop y Heberlein, 1979). Posteriormente, se enfrentó al individuo a valoraciones subjetivas, de manera que revelaran su DAP por un mejoramiento en la calidad del agua, esto se logró, mencionando que su aportación (valoración monetaria) sería utilizada para generar programas e infraestructura hídrica que coadyuvaría al logro de mejores niveles en la calidad del recurso.

El vector de precios empleado incluyó diez niveles de cuotas mensuales, iniciando con un pago menor a los 5 pesos, seguido de los rangos siguientes: 5-10 pesos; 10-15 pesos; 15-20 pesos; 20-25 pesos; 25-30 pesos; 30-35 pesos; 35-40 pesos; 40-45 pesos y más de 45 pesos. Para el cálculo de la DAP se consideró el valor máximo de cada rango disponible. Dichos rangos fueron generados considerando que los individuos no gastan más del 6% de su ingreso promedio mensual en servicio de agua potable y alcantarillado, de acuerdo con la ENIGH 2014. Además, durante la prueba piloto de la encuesta, se encontró que en el 75% de los casos, los individuos estaban dispuestos a pagar hasta un máximo de $ 45/mes por una mejor calidad en el recurso hídrico. Dato utilizado como umbral máximo de la DAP.

*Determinación de tamaño de muestra*

Para la selección de los individuos encuestados se utilizó un criterio de carácter espacial, al considerar sólo el Área Geoestadística Base[[4]](#footnote-4) (AGEB). Para esto se determinó un área de influencia directa[[5]](#footnote-5), con carácter socioeconómico, de 2.5 kilómetros de radio a partir de la PTAR bajo estudio, dentro de esta área se seleccionaron aleatoriamente el número de manzanas que el muestreo aleatorio simple expreso necesarias para un nivel de confianza del 95% y un intervalo de confianza de 7,5%.

Cada encuesta se aplicó en un hogar perteneciente a la manzana seleccionada y la información la proporcionó una persona mayor de edad que fuera integrante del hogar. Dando lugar a un número de 672 unidades de análisis como se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Municipios y manzanas seleccionadas de la cuenca San Pedro Mezquital**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Municipio | Total Manzanas | Muestreo Manzanas |
| Nombre de Dios  | 211 | 95 |
| Súchil | 285 | 107 |
| Sombrerete  | 364 | 116 |
| Guadalupe Victoria | 238 | 100 |
| PTAR SUR  | 431 | 122 |
| PTAR Oriente | 568 | 132 |
| Total | 2097 | 672 |

 Fuente: Elaboración propia

*Análisis de Información*

De acuerdo con Hanemann y Kanninen (1999), se parte de un estado inicial del bien ambiental *q*, representado por *q0*, al individuo se le plantea un cambio en la calidad del bien ambiental, pasando de *q0* a *q1* a un costo de *C*. Donde *C* *> 0*. Así, la función de utilidad del individuo está representada por:

Donde *Y* indica el nivel de ingreso del individuo, y *X* está compuesto por las características socioeconómicas observables del encuestado. Incorporando *V(·)* que muestra la función de utilidad en su parte determinística y contiene los mismos elementos que *U*, y el elemento estocástico denotado por *ɛ*. Tenemos que:

Así, la probabilidad de obtener una respuesta positiva, frente a una modificación en el bien ambiental, se determina por:

Determinamos que *ɛ1* es aleatorio y contiene los elementos no observables de la función de utilidad del individuo, por lo tanto, la probabilidad de una respuesta favorable al pago se puede plantear de la siguiente forma:

Donde ΔV = V1 – V0. Si la respuesta del encuestado es negativa a la modificación ambiental, la probabilidad queda representada así:

Por lo tanto, la DAP por el cambio ambiental *q1*, es aquella que el individuo acepta por la modificación a cambio de una reducción de su ingreso. Al cambio en la utilidad generado por la reducción del ingreso y compensado por el incremento del bienestar al mejorar el bien ambiental, se le denomina variación compensada y se expresa como:

O mediante la función de utilidad determinística, y que contiene una variable aleatoria expresada mediante el error estocástico incorporado, identificada de la siguiente manera:

Esta es una función acumulativa de densidad (FDA) denotada como *F(C)*. El valor esperado de la variable DAP se basa en la FDA de la siguiente forma:

Así, la respuesta obtenida es una variable positiva o negativa, es decir, se pueden adoptar valores de 1 o 0; en otros términos, es una variable cualitativa que representa probabilidades. La ecuación que representa estas respuestas dicotómicas, puede ser formulada por , la variable dependiente, y por la utilidad determinística:

Bajo esta propuesta, la variable dependiente puede tomar los siguientes valores:

Con base en lo anterior, obtenemos:

Donde F(·) es la función de distribución acumulativa para el termino de error estocástico. El valor observado es la realización de un proceso binomial y el método para calcular los coeficientes de regresión se determinarán mediante la maximización de la siguiente función de verosimilitud:

Se asume un comportamiento de ε con características de una distribución normal, resultando el modelo *probit* siguiente:

Como se indicó al inicio, si el costo es positivo (*C > 0*), entonces:

=

Retomando, la expresión de la variable dependiente en función de la utilidad determinística, se tiene que *X* es una generalización matricial que representa las variables socioeconómicas y sus parámetros respectivos, incluyendo el término de error estocástico, por lo que, la variabilidad de la utilidad del individuo expresada en coeficientes se determina así:

Así, se observa que a mayor *C* se obtendrá menor *V*, es decir, la respuesta afirmativa a la disposición a pagar será menor. Por ello, ** muestra el cambio de utilidad por una modificación en el bien ambiental; mientras que **, indica la utilidad marginal del ingreso.

Para realizar el análisis de los cambios en la función de utilidad del individuo se requiere la estimación de modelos para variables dependientes discretas. En otras palabras, se debe estimar la probabilidad de una respuesta afirmativa, ante el cuestionamiento de la DAP del encuestado, en función de variables que representen características socioeconómicas y el nivel de ingreso. Los modelos más empleados para esta tarea son *Logit* y *Probit*.

De acuerdo con Sanjurjo e Islas (2007), para el caso del modelo logit, se supone que los errores se distribuyen como una función logística con media cero y varianza /3. Cuando se divide entre para normalizar, entonces se tiene una función logística estándar con media cero y varianza /3. La probabilidad de que una variable con distribución logística sea menor o igual a un número “x” es igual a ; es así como, la probabilidad de que el individuo “j” revele una respuesta positiva a un valor económico, por el cual está dispuesto a pagar, se determina por:

Mediante la formulación anterior, es posible estimar los parámetros y .

El modelo *probit* aplicado al MVC considera la siguiente formulación de aceptar pagar por una mejor calidad de agua, de tal manera que esto garantice una mayor utilidad o aplicación del reuso hídrico por parte de los hogares, y se establece de la siguiente forma:

Donde *r* es una variable aleatoria normal estandarizada, *r = N (0,1)*. Y la probabilidad de la DAPk para *Y* = (1, si la respuesta es *si*; y 0 si es *no*), este valor se encuentra entre 0 y 1, ya que la variable aleatorio normal *r* es menor o igual a Hk.

Se utilizaron modelos de regresión *probit* y *logit* para analizar las variables que determinan la disposición a pagar de los individuos por una mejora en la calidad del agua. Entre las variables involucradas para el estudio se tomaron elementos recomendados por la teoría económica (Cameron, 1988), donde la variable dependiente es una variable respuesta dicotómica, que toma el valor de 1 cuando el individuo *sí* está dispuesto a efectuar el pago, y en caso contrario, adopta el valor de 0. El software empleado para el análisis estadístico y econométrico fue IBM SPSS Statistics 20.

**RESULTADOS**

*Modelos Probabilísticos*

Se emplearon los modelos *logit* y *probit* para estimar la probabilidad de pago por una mejor calidad del agua y seleccionar las variables que inciden en la DAP. Para ello, se realizó el análisis con 27 variables, de las cuales 8 son estadísticamente significativas y fueron las utilizadas en el análisis econométrico (ver Cuadro 2).

**Cuadro 2. Resumen de las estimaciones de los modelos de probabilidad**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|   | **Logit (R2 = 0.23345)** | **Probit (R2 = 0.24996)** |
| Variable | Coeficiente | P>z | Coeficiente | P>z |
| Edad\* | -0.0171 | 0.005 | -0.0107 | 0.005 |
| Sexo\* | -0.3094 | 0.075 | -0.1932 | 0.075 |
| Educación\* | 0.0763 | 0.001 | 0.0141 | 0.066 |
| Empleo\* | 0.1907 | 0.038 | 1.1106 | 0.027 |
| Habitantes\* | 0.1311 | 0.029 | 0.0817 | 0.025 |
| Ingreso\* | -0.0001 | 0.096 | -0.0001 | 0.094 |
| Conducta\* | -0.2901 | 0.113 | -0.1808 | 0.112 |
| Precio\_ED\*\* | -0.0156 | 0.023 | -0.0097 | 0.023 |
| Precio\_DC\*\* | -0.0164 | 0.030 | -0.0102 | 0.029 |
| Precio\_CB\*\* | -0.0159 | 0.018 | -0.0099 | 0.018 |
| Precio\_EA\*\* | -0.0014 | 0.032 | -0.0009 | 0.039 |
| Constante | 0.4007 | 0.053 | 0.2418 | 0.053 |
| Media DAP EA ($) | 41.07 |  | 56.27 |  |
| Media DAP CB ($) | 36.64 |  | 50.09 |  |
| Media DAP DC ($) | 35.61 |  | 48.68 |  |
| Media DAP ED ($) | 33.44 |  | 46.16 |  |

\*Variables explicativas de la DAP

\*\* Considerada como una sola variable

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

Edad. Resulto ser la más significativa en el modelo *probit*, los individuos de mayor edad presentaron una menor posibilidad a aceptar el pago por una mejora en la calidad del agua.

Sexo. Las mujeres estuvieron menos dispuestas a pagar por dicho concepto.

Educación. Resulto ser la más significativa en el modelo *logit*, representada por el número de años de formación cursados por el encuestado con signo positivo, de manera que esta condición afectó positivamente la probabilidad de efectuar un pago por una mejora en el recurso hídrico.

Empleo. En ambos modelos resultó estadísticamente significativa realizar alguna actividad económica remunerada, lo cual indica que aquellos individuos que poseen esta característica presentan una mayor probabilidad de aportar el pago voluntario.

Habitantes. Incidió de forma positiva en la DAP por una mejor condición del agua. A medida que, un hogar está integrado por un número mayor de personas, la probabilidad de aportar un pago aumenta.

Ingreso. Fue una variable significativa con 90% de confianza, sin embargo, en ambos modelos, se refleja que cuando el ingreso aumenta la disposición a pagar por parte de los individuos disminuye.

Conducta. Ésta variable dicotómica que hace referencia a los tipos de actuación individual para proteger el ambiente, resultó significativa al 88% de confianza y mostró que aquellos encuestados que no efectúan alguna actividad disminuyen la probabilidad de la DAP.

Precio. Con un nivel de confianza del 95% para ambos modelos, con signo negativo en todos los escenarios posibles para la diversidad de niveles de calidad de agua propuestos, lo que indica que, entre más alto sea el pago propuesto, existe una probabilidad menor de que los encuestados aceptaran pagarlo.

En cuanto a los diferentes niveles de calidad de agua propuestos, donde la mejor calidad está representada por EA, presentó una disposición media a pagar de $41.07, mientras que el recurso hídrico con menor calidad, representado por CB, DC y ED, indican que los individuos erogarán en promedio $36.64, $35.61 y $33.44 pesos, respectivamente.

Utilizando los parámetros del modelo *logit* y considerando el número de hogares censales (INEGI, 2010), se obtuvo el beneficio económico mensual de cada municipio al multiplicar el número de hogares por el precio derivado de la valoración contingente, se considera que generará un beneficio de 6.5 a 7.1 millones de pesos aproximadamente (Ver Cuadro 6).

**Cuadro 3. Beneficios económicos mensuales por niveles de calidad de agua**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Municipio | Hogares | Calidad EA | Calidad CB | Calidad DC | Calidad EC |
| Durango | 142,017 | 5,832,639 | 5,204,038 | 5,056,715 | 5,316,442 |
| Nombre de Dios | 4,844 | 198,933 | 177,502 | 172,477 | 181,336 |
| Guadalupe Victoria | 8,557 | 351,418 | 313,561 | 304,684 | 320,333 |
| Súchil | 1,693 | 69,528 | 62,038 | 60,282 | 63,378 |
| Sombrerete | 15,619 | 641,439 | 572,339 | 556,136 | 584,701 |
| Beneficio  |  | 7,093,657 | 6,329,478 | 6,150,294 | 6,466,190 |

 Fuente: Elaboración propia

Lo anterior establece que anualmente el estado de Durango puede generar hasta 85 millones de pesos anuales por la operación y mantenimiento de las Plantas de Tratamiento de Agua Residual Doméstica, al integrar en el esquema tarifario una cuota periódica que refleje el valor subjetivo generado por los individuos. En el mismo sentido, si la percepción de los individuos respecto a la calidad del recurso hídrico que están obteniendo mediante el servicio público es de baja calidad, el beneficio ascendería a 77 millones de pesos aproximadamente por año.

Al establecer escenarios de diferentes niveles de calidad de agua, mediante el modelo *logit*, es posible determinar los beneficios sociales de la infraestructura con base en la percepción de un mejoramiento en el estado del agua. En el Cuadro 4, suponemos un horizonte temporal de la planta de tratamiento de 25 años y tasas de descuento del 1, 3 y 5% (Almansa y Requena, 2007), para calcular los beneficios de las plantas de tratamiento de agua residual.

|  |
| --- |
| **Cuadro 4. Beneficio social a partir de resultados del modelo *logit*** |
|   | Calidad EA | Calidad CB | Calidad DC | Calidad ED |
| Número de hogares | 172,730 | 172,730 | 172,730 | 172,730 |
| Precio | 41.07 | 36.64 | 35.61 | 33.44 |
| Beneficio social anual | 7,094,021 | 6,328,827 | 6,150,915 | 5,776,091 |
| Beneficio social esperado |  |  |  |  |
| Tasa de descuento (1%) | 156,232,731 | 139,380,747 | 135,462,565 | 127,207,756 |
| Tasa de descuento (3%) | 123,529,237 | 110,204,803 | 107,106,797 | 100,579,929 |
| Tasa de descuento (5%) | 99,982,740 | 89,198,140 | 86,690,659 | 81,407,909 |

Fuente: Elaboración propia

**CONCLUSIÓN**

La utilidad del presente trabajo es que ofrece información sobre la valoración subjetiva de la calidad del agua y puede ser usada por las autoridades públicas que gestionan el recurso hídrico en Durango.

La importancia del presente trabajo reside en la identificación de las variables relevantes para la determinación de un precio para los diversos niveles de calidad de agua y su consecuente cálculo de beneficios sociales, sin embargo, esto es insuficiente para un contexto de formulación de política pública del sector hídrico que pretenda gestionar el agua residual tratada. Esto se debe principalmente, a que los beneficios dependen de la calidad de estudios originales de valoración en los que se basa (Saz, Hernández & Sala, 2009). Como señalan Brookshire y Nelly (1992) la exactitud de los beneficios dependerá de la precisión de los estimadores utilizados por cada metodología propuesta, y esto implica mayor incertidumbre y errores en los valores estimados, para lo cual se recomienda considerar los errores de valoración propias del método de Valoración Contingente.

La operación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales tiene como objetivo principal mejorar la calidad de las aguas que recibe por su uso doméstico, industrial y público-urbano, por ello es importante contar con medidas monetarias que permitan determinar los beneficios de esta actividad. Disponer únicamente de indicadores bioquímicos de calidad de agua es insuficiente, desde el punto de vista económico, para determinar los beneficios sobre la sociedad.

Fue mediante la aplicación del método de valoración contingente que fue posible cuantificar el precio subjetivo del recurso hídrico y mediante estos resultados se estimaron los beneficios potenciales de este tipo de infraestructura para un periodo de 25 años. Sin embargo, a pesar de la utilidad de esta metodología para incidir en los procesos de decisión pública con el ambiente, se debe tener presente que el método tiene sus limitaciones y no pretende dar una respuesta definitiva a la valoración de la calidad del agua y sus potenciales beneficios sociales.

La disponibilidad de los individuos a pagar por una mejora en el recurso dependerá en gran medida de la concientización y difusión de lo que implica contar con niveles de calidad de agua superiores. Aproximadamente, una tercera parte de la población consideró como “regular” y “mala” el agua que reciben en sus hogares, por lo que un grupo importante de la sociedad presentará reticencia a cualquier vehículo de pago.

Sin embargo, el 61,2% de la sociedad expresó un interés significativo por los temas sobre el medio ambiente y un 68,3% de las personas adoptan conductas para preservar el medio ambiente y la naturaleza. Esto permite, identificar que es mayoritario el grupo de individuos que coadyuvarían a participar en propuestas de política pública para el mejoramiento de la calidad del agua.

La actividad de tratamiento de aguas residuales en los municipios estudiados puede generar un beneficio económico de hasta 7 millones de pesos anuales, si la percepción de los individuos se asocia a una mejora importante en la calidad del agua, es decir, que el recurso pueda ser utilizado prácticamente en cualquier actividad que las personas decidan realizar. En cambio, si la apreciación se vincula con limitaciones en el uso del recurso, derivado de una calidad del agua menor, el beneficio social anual se ubicará alrededor de los 5,7 millones de pesos por año.

Los resultados obtenidos por los modelos *logit* y *probit* mostraron que la edad, la condición de empleo, el número de habitantes por hogar, el nivel educativo, el sexo y el ingreso promedio por hogar, son los principales determinantes de la disposición a pagar.

**BIBLIOGRAFIA**

Almansa, C. & Requena, J (2007). “Reconciling sustainability and discounting in cost benefit analysis: A methodological proposal”. Ecological Economics, 60: 712-725.

Arrow, K., R. Solow, P. Portney, E. Leamer, R. Radner & H. Schuman, H. (1993). Report of the NOAA panel on contingent valuation. Federal Register, 58(10), 4601-4614.

Burrough, P., & McDonell, R. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Reino Unido: Oxford University Press. p. 299

Bishop, R.C. & Heberlein, T.A. (1979). “Measuring values of extra-market godos: Are indirect measures biased?”. *American Journal of Agricultural Economics*, 61: 926-930.

Bishop, C. M. (1995). Neural Networks for pattern Recognition. Oxford University Press.

Brookshire, D. Y Neill, H. (1992). “Benefit transfers: conceptual and empirical issues”. Water Resources Research, 28: 651-655.

Cameron, T. A. (1988). “A new paradigm for valuing non-market godos using referéndum data: Maximu likelihood estimation by censored logistic regression”. Journal of Enviromental Economics and Management, 15: 355-379.

Carson, R. T., J. L. Wright, N. J. Carson, A. Alberini y N. E. Flores (1995). “A Bibliography of Contingente Valuation Studies and Papers”, Natural Resource Damage Assesment Inc., San Diego.

Carson, R. T. (1999). “Contingente Valuation: A User`s Guide”. Discussion paper, 99-26. University of California at San Diego.

Chen, W. Y. & C. Jim (2012). Contingent valuation of ecotourism development in country parks in the urban shadow. *International Journal of Sustainable Developmente & World Ecology*, 19(1), 44-53.

CONAGUA (2014). Estadísticas del agua en México Edición 2014. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

CONAGUA (2014). Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Diciembre 2014. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

Diamond, P. A. & J. A. Hausman (1994). Contingent Valuation: Is Some Number Better tan No Number. *Journal of Economic Perspectives*, 8(4), 45-64.

Hanemman, W. M. y B. Kanninen (1999), “The Statistical Analysis of Discrete-Response CV Data”, en I. Bateman y K. Willis (eds.), Valuing Enviromental Preferences. Theory and Practice of the CVM in the US, EU and Developing Countries, Oxford University Press.

Hernández, D. (2003). Metodología para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales. Agosto 02, 2016, de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sitio web: <http://www.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/569_guiavaloracion.pdf>

INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por AGEB y manzana urbana. Agosto 20, 2016, de INEGI Sitio web:

 <http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/ageb_urb2010.aspx?c=28111>

INEGI. (2014). Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares. Agosto 10, 2016, de INEGI Sitio web:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/regulares/enigh/enigh2014/ncv/default.aspx>

León, C. J. (1996): “Comparing Dichotomous Choice Models Using Truncated Welfare Measures”. Journal of Forest Economics, 2 (1): 31-53.

León, G y Moscoso, J. (1996). Curso de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS). Lima.

Loomis, J.B. (1992). “The evolution of a more rigourous approach to benefit transfer: Benefit function transfer”. Water Resource Research, 28: 701-705.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo (2003). Metodología para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales. Grupo de Análisis Económico e Investigación.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration (1993), “Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation”, Federal Register, January 11, S8 (10): 4602-4614.

Sanjurjo, E. & Islas, I. (2007). Valoración Económica de la actividad recreativa en el río Colorado. *Región y Sociedad.* 19(40), 147-172.

Saz, S., Hernández, F. & Sala, R. (2009). “Estimación del valor económico de la calidad del agua de un río mediante una doble aproximación: una aplicación de los principios económicos de la Directiva del Marco del Agua”. Economía Agraria y Recursos Naturales. 9(1), 37-63.

Vaughan, W.J. (1981). “The water quality ladder, Appendix II”, en Mitchel, R.C. and Carson, R.T. (Eds.), *An experiment in determining willingness to pay for national water quality improvements*, Draft Report, Resources for the Future; Washington, D.C.

1. Catedrático CONACYT. Centro Interdisciplinario De Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango. Calle Sigma #119, Fracc. 20 de Noviembre II, Durango Dgo. [↑](#footnote-ref-1)
2. Profesor Investigador. Centro Interdisciplinario De Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango. Calle Sigma #119, Fracc. 20 de Noviembre II, Durango Dgo. [↑](#footnote-ref-2)
3. La credibilidad hace referencia a la capacidad de los encuestados para responder correctamente a las preguntas. La fiabilidad se centra en los posibles sesgos que pueden presentarse en las respuestas y en la percepción del valor del individuo. Y la precisión, se centra en la variabilidad de las respuestas u opiniones. [↑](#footnote-ref-3)
4. Un área geoestadística básica es la extensión territorial que corresponde a la subdivisión de las áreas geoestadísticas municipales. Dependiendo de sus características, se clasifican en AGEB urbana o AGEB rural. Una AGEB urbana, es un área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas perfectamente delimitadas por calles, avenidas, andadores o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso de suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera, y sólo son asignadas al interior de las localidades urbanas. [↑](#footnote-ref-4)
5. La generación de áreas de influencia (*buffering*) implica la creación de una zona alrededor de un punto, línea o polígono, de un ancho especificado. El resultado de esta operación es un nuevo polígono, que se puede utilizar para resolver cuestiones como la de definir qué entidades se encuentran dentro o fuera del área de influencia especificada. (Burrough & McDonnell, 1998). [↑](#footnote-ref-5)