UNIVERSIDAD VERACRUZANA
FACULTAD DE ECONOMÍA

MAESTRÍA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA

Valoración económica de los servicios ambientales hídricos provistos por el Área Natural Protegida Río Pancho Poza

Tesis de grado que presenta:

Juan José Sánchez Bocarando

Director: Dr. Rey Acosta Barradas

Xalapa de Enríquez, Ver. **Julio de 2020**

Indíce

1. Antecedentes 3
2. Planteamiento del problema 8
2.1 Descripción del problema 8
2.2 Objetivo general: 9
2.3 Objetivos específicos: 9
2.4 Preguntas de investigación 10
3. Justificación 10
4. Hipótesis 11
5. Marco Teórico 12
5.1 El agua como un bien económico 14
5.2 Valoración económica de bienes y servicios ambientales 16
5.3 Disposición a Pagar y Disposición a Aceptar 19
5.4 Métodos de valoración ambiental 21
6. Marco legal 30
7. Área de estudio 37
8. Metodología 44
9. Resultados 53
Análisis estadístico descriptivo 53
Análisis econométrico 59
11 Conclusiones 69
Bibliografía 72

1. Antecedentes

La creciente necesidad de mejora en la administración de los recursos naturales ha llevado a la profundización de estudios que buscan identificar las principales características de ellos y la forma en que el hombre tiende a modificarlos, revelando así sus interacciones, por lo que surgen investigaciones enfocadas a multitud de casos, de los cuales es de interés para la presente investigación los referentes a la valorización de los recursos hídricos por parte de quienes se ven beneficiados y la forma en que pueden incidir en su adecuada gestión.

La literatura en este campo se ha ido incrementando en las últimas décadas, en busca de analizar las problemáticas que le rodean y sus posibles soluciones, así como su contexto en general, siendo de importancia mostrar aquellas publicaciones acordes con el tema a desarrollar en la presente investigación. En primera instancia se menciona una perspectiva general en lo relacionado con el tópico del agua, ello de acuerdo con Toledo (2002), tres factores han controlado la planificación y el manejo del agua en los últimos 100 años:

a) El crecimiento de la población mundial.

b) Los cambios en los estándares de vida que conlleva la urbanización de la población.

c) La expansión de la agricultura irrigada.

Los tres elementos enunciados han impactado significativamente en la gestión de los recursos hídricos, por lo que es necesario no dejar de lado el tratamiento económico que el agua posee, como lo menciona Mendiola (2010):

> El agua, como recurso escaso es un bien que tiene alto valor para aquellos que lo requieren. Por ello, ya no es suficiente realizar el estudio hidrológico por sí solo, sino que es menester considerar los aspectos económicos para evaluar la eficiencia en el suministro a las demandas del sistema de explotación. En una asignación económicamente eficiente, el beneficio marginal del uso de los recursos deberá ser igual para todos los sectores, con el fin de maximizar el bienestar social. En otras palabras, el beneficio de usar una unidad adicional del recurso en uno de los sectores debería ser el mismo que en otro sector. Las políticas de precios del agua

> se establecen con el fin de lograr que la asignación del recurso hídrico entre los diferentes usos y usuarios sea eficiente, equitativa y sostenible.

De acuerdo con Monsalve (2016) uno de los desafíos es determinar el valor económico de los recursos afectados, como referencia para establecer compensaciones, prioridades, planes de gestión y también contribuciones por parte de los mismos beneficiarios de los recursos hídricos. Así por ejemplo, en lugares donde el agua es barata, esto es casi siempre porque la infraestructura es barata, o el agua está siendo subvencionada, en lugar de porque el agua es especialmente abundante (W M Hanemann, 2006).

Comúnmente este tipo de investigaciones están enfocadas en analizar dichos fenómenos a un nivel cuenca, por ejemplo, el "Estudio de valoración económica del recurso hídrico de las cuencas altas de la Presa de Sabana Yegua, República Dominicana (Fundación Sur Futuro, Inc., 2011), en el cual se considera que conciliar los objetivos del desarrollo con el manejo sostenible y conservación de los recursos naturales es uno de los desafíos económicos y sociales fundamentales en los últimos tiempos. Y por tanto como ahí se menciona, se hace necesario enfrentar este reto, para el mantenimiento de las funciones que prestan los ecosistemas, de manera que puedan mantener y/o mejorar la producción de bienes y servicios ambientales a la población, especialmente el servicio ambiental hídrico para los diversos usos (Fundación Sur Futuro, Inc., 2011).

Otro trabajo que es conveniente mencionar es el realizado por Avilés Polanco et al., (2010) en el acuífero de La Paz, Baja California Sur para conocer la disponibilidad a pagar (DAP) de los hogares por la provisión de agua utilizando el método de valoración contingente (MVC). Los resultados revelaron que el consumo diario del agua determina la DAP, implicando que hogares con mayor consumo tienen una menor DAP. Los hogares con tandeo de agua presentan una mayor DAP, respecto de aquéllos con flujo continuo.

Es también de llamar la atención que, pese a que el método de valoración contingente es por sus características el que mayor frecuencia se usa, no lo exime

de ser contrastado para conocer su fidelidad de resultados bajo determinadas condiciones, como en el estudio *Valoración económica de recursos hídricos para el suministro de agua potable. El caso del Parque Nacional Cajas. La cuenca del río Tomebamba* (Monsalve, 2016) que planteó la hipótesis de que la DAP no mide el real valor económico del bien cuando se trata de un monopolio estatal y se constató que el 91% de los encuestados, aunque con claras manifestaciones de disconformidad, finalmente se resignaron a pagar valores mayores al máximo DAP que declararon previamente, con lo cual se falsea este último como medida del valor económico, al menos en la perspectiva de la teoría utilitarista[1].

La implementación del método de valoración contingente tiene el fin de proveer una estimación de pago o compensación de los usuarios respecto a un bien público, siendo la más usual la primera; de esta forma se espera que a través de la aportación de una cantidad monetaria, se vea mejorada la calidad en la provisión del bien público (Mitchell & Carson, 2013). Cisneros et al., (2007) en su estudio Valoración económica de los beneficios de protección del recurso hídrico bajo un esquema de pago por servicios ecosistémicos en Copán Ruinas, Honduras, 2007, recomiendan que el PSEH (pago por servicios ecosistémicos hídricos) no puede desligarse de la necesidad de hacer inversiones en la infraestructura física del sistema de agua potable; la gestión integral del recurso hídrico así lo exige. Por tanto, los pagos por servicios ambientales deben ser considerados como una contribución más a la solución de las problemáticas, y no como un elemento único o crucial en ellas.

La literatura sobre la valoración económica de los recursos hídricos es bastante variada en cuanto las zonas de estudio y a la vez en las condiciones que se fijan para ello, por lo que se seleccionaron los casos anteriores considerando las similitudes que guardan con el proyecto a desarrollar y por ende la posibilidad de contrastar metodologías y los posteriores resultados a obtener.

[1] Esto último bajo el enfoque de que existe un excedente de consumidor diferente al encontrado previamente, el cual debiese ser único para un mismo bien en un mercado concreto (Varian, 1999).

En la tabla 1 se realiza una síntesis comparativa de estudios que hacen uso del método de valoración contingente respecto a recursos hídricos, los cuales han sido realizados tanto en México como en otros países, y en él se pueden identificar los aspectos más relevantes en la decisión de aportar económicamente para el beneficio del bien valorado en cuestión, así como algunas conclusiones a destacar.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, lo usual es la utilización de modelos de respuesta binaria tipo Logit y Probit, y en casos donde se tenga presencia de censura, modelos Tobit, como en el caso de los estudios de (Rupérez-Moreno, Pérez-Sánchez, Senent-Aparicio, & del Pilar Flores-Asenjo, 2015) y (Hernández Cuevas, Vázquez Bracho Illescas, Loranca Rodríguez, & Mc Manus Gómez, 2019) debido a la presencia de individuos que no estaban dispuestos a pagar por el bien en cuestión. Es importante destacar que los trabajos de valoración económica elaborados en México suelen estar encauzados a un posterior proyecto de Pago por Servicios Ambientales (PSA) bajo las directrices dictadas por instituciones como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); situación similar de Ecuador y Costa Rica, en tanto que los realizados en países como Honduras proponen modelos de gestión local de los posibles montos recaudados, dado su menor nivel de institucionalización en programas de PSA.

Tabla 1. Comparativo de estudios sobre valoración de de recursos hídricos

Estudio		DAP anual declarada	Variables determinantes	Otras consideraciones
El valor económico de la gestión local conjunta en recursos hídricos: resultados de una valoración contingente en el acuífero de Boquerón (Albacete, SE España)	(Rupérez Moreno, Pérez Sánchez, Senent Aparicio, & del Pilar Flores Asenjo, 2015)	$351.54 MXN* (18.89 EUR)	Ingresos del hogar, compromiso emocional con el medio ambiente (ECE), nivel de educación y situación laboral.	La variable ingresos tiene una relación inversa con la variable dependiente DAP, es decir hogares con menores ingresos declararon una mayor DAP.
Valoración económica de la población de Río	(Arán, Felsztyna,	$72.51 MXN*	Calidad del agua, costo del servicio,	No hubo relación entre nivel de

Ceballos sobre el bosque nativo de la Reserva Hídrica Natural del Parque La Quebrada (Argentina)	& Huais, 2015)	(109.56 ARS)	conocimiento de los servicios ambientales del bosque.	ingresos y una DAP positiva
Valoración económica de recursos hídricos para el suministro de agua potable. El caso del Parque Nacional Cajas. La cuenca del río Tomebamba (Ecuador)	(Roldán, 2016)	$701.76 MXN* (41.48 USD)	Nivel de ingresos, ser estudiante, importancia del Parque Nacional Cajas, vivienda propia y responsabilidad municipal del cuidado del PNC.	Cuando se trata de un servicio básico de primera necesidad, con las características monopólicas del agua potable que gestiona la empresa estatal ETAPA, la gran mayoría de los consumidores (91%) se resignaría a pagar valores superiores a su DAP declarada, además el pago lo harían con manifestaciones de inconformidad.
Valoración económica de los beneficios de protección del recurso hídrico bajo un esquema de pago por servicios ecosistémicos en Copán Ruinas, Honduras	(Cisneros et al., 2007)	$220.32 MXN* (12.96 USD)	Monto del recibo, ingreso y frecuencia del servicio de agua	En un posterior esquema de pagos por servicios ecosistémicos, ante la ausencia de medidores, una opción es crear categorías de pago estratificado a partir de criterios definidos por el ente administrador.
Valoración contingente del recurso hídrico: Caso Reserva Ecológica de Cuxtal, Yucatán	(Hernández Cuevas, Vázquez Bracho Illescas, Loranca Rodríguez, & Mc Manus Gómez, 2019)	$906 MXN	Edad, tamaño de familia, tamaño de la vivienda y ubicación de la vivienda	Sólo el 64.42% estuvo dispuesto a pagar para la conservación del recurso hídrico proveniente de la REC
Valoración económica del servicio hidrológico del acuífero de La Paz,	(Avilés Polanco et al., 2010)	$1,584 MXN	Ingreso, educación, consumo de agua y tandeo	La probabilidad de pagar por conservar el servicio de provisión del

B.C.S.: Una valoración contingente del uso de agua municipal				acuífero es mayor para hogares con tandeo en el suministro de agua.
Valoración económica del Agua en la Cuenca Alta del Río Lerma, México	(Aguilar Sánchez & De la Rosa Mejía, 2018)	$200 MXN	Educación e ingreso como variables significativas.	Debido a que se extrae agua de la Cuenca Alta para otras poblaciones, las autoridades decidieron que para compensar dicha situación, se tomaría el acuerdo de no cobrar el suministro de agua a los habitantes de Almoloya del Río.

Nota. Fuente: Elaboración propia.
***Conversión al tipo de cambio promedio de diciembre 2015.

2. Planteamiento del problema

2.1 Descripción del problema

Actualmente, la presión sobre los recursos hídricos es un tema de gran importancia para la sociedad en general, y en el caso de los servicios de provisión de agua potable su repercusión es innegable, siendo la preservación de las fuentes de agua dulce un elemento clave. Como menciona Moreno (2006), la disponibilidad de agua es resultado de la capacidad que tienen los ecosistemas para captarla, y esta función es considerada un servicio ambiental del cual se beneficia la sociedad. En México, y puntualmente en el estado de Veracruz, las condiciones naturales permiten contar con numerosas fuentes de agua susceptibles de ser aptas para el aprovechamiento humano.

Por otro lado, las múltiples interacciones de las actividades antropogénicas con el medio ambiente, han ocasionado alteraciones aún en aquellos lugares donde las regulaciones ambientales las impiden, como lo son las Áreas Naturales Protegidas (ANP), y que por consiguiente afectan directamente a la proporción y calidad de los servicios ambientales que en ellas se encuentran. Este es el caso del ANP Río Pancho Poza, ubicada en el municipio de Altotonga, Veracruz, cuyos recursos hídricos ahí presentes son la fuente directa de agua para potabilizar y

posteriormente distribuir para su consumo a la población de la cabecera municipal, la cual cuenta con una población de 19,722 habitantes[2];

La principal problemática radica en la falta de medidas preventivas y correctivas enfocadas en el aseguramiento de la continuidad de los procesos de reposición y flujo de este vital liquido, lo que compromete, entre otras situaciones, la provisión de agua a potabilizar, que actualmente se calcula en aproximadamente 3,600,000 m^3 anualmente, de acuerdo a cifras de la Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV) sede Altotonga. Actualmente se presentan niveles per cápita de disponibilidad de consumo menores en los últimos años, a consecuencia de la disminución de los recursos hídricos en la ANP, aunado al aumento poblacional y los cambios en el estilo de vida.

2.2 Objetivo general:

- Valorar los servicios ambientales hídricos provistos por el Área Natural Protegida Río Pancho Poza, los cuales son la fuente directa de agua para potabilizar y distribuir a través de CAEV Altotonga para la población de la cabecera de este municipio del estado de Veracruz.

2.3 Objetivos específicos:

- Analizar la disposición a pagar para conservar los servicios ambientales hídricos provistos por el Área Natural Protegida Río Pancho Poza por parte de los usuarios del servicio de agua potable administrada por CAEV Altotonga.
- Evaluar las condiciones para la gestión local del pago por servicios ambientales a los usuarios del servicio de agua potable cobrado por CAEV Altotonga

[2] Fuente: INEGI. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos.

2.4 Preguntas de investigación

¿Cuál es el nivel de conocimiento que tiene la población de estudio sobre el Área Natural Protegida Río Pancho Poza?

¿Cuáles son los factores asociados con la decisión de aportar económicamente para la preservación de los recursos hídricos del ANP Río Pancho Poza por parte de los usuarios de CAEV Altotonga?

¿Existen las condiciones para gestionar localmente el pago por servicios ambientales a los usuarios del servicio de agua potable cobrado por CAEV Altotonga?

3. Justificación

El presente proyecto pretende profundizar en la forma en que se pueden valorar económicamente los recursos naturales, específicamente con respecto al agua y los múltiples servicios indispensables que proporciona a la sociedad, utilizando herramientas de la economía ambiental para poder acercarnos a la posibilidad de saber cuál es la percepción que el consumidor tiene sobre un recurso de este tipo una vez que pondera todas las implicaciones que este tiene sobre el entorno y su situación presente y futura.

El abordar este tema de una forma local implica poder acercarse a los agentes y las variables de estudio de una forma más cercana y tener una mayor probabilidad de certeza en las inferencias que sobre ellos se realizan; de igual forma el actuar en etapas tempranas de las problemáticas que sobre los recursos naturales se llegan a presentar significa menores esfuerzos para su corrección y prevención, y por tanto se minimizan las consecuencias negativas a futuro. Y para el caso del agua es imperante la puesta en acción de estrategias que permitan mitigar problemas de contaminación y escasez principalmente, puesto que de estas dos situaciones se derivan efectos en otros relevantes procesos más, tanto del orden ambiental, social, económico, etc.

La zona de estudio elegida cuenta con algunas características de las mencionadas con anterioridad, mostrando perturbaciones en sus condiciones naturales con el paso del tiempo, pero que sin embargo aún no implican un cambio radical de estas, estando en situación de ser atendidas y corregidas, siendo esto posible dado el tamaño de su extensión territorial y un patrón de consumo predominantemente urbano y popular, en comparación con la cantidad de consumidores industriales y comerciales, por lo que al conocer sus expectativas respecto a este servicio permite identificar sus necesidades, y contrastarlas con respecto a la oferta de servicios hídricos en busca de optimizar sus interacciones actuales y a futuro.

Por consiguiente evaluar la posibilidad de implementar un pago por servicios ambientales a través de recaudación y posterior administración de este en una forma local es relativamente novedoso, aunque por lo mismo los procesos para su funcionamiento aún no estén claramente definidos, lo cual no es impedimento en su realización dado que si se puede lograr una sinergia entre los agentes involucrados la posibilidad de éxito es mayor, y los beneficios ambientales y económico-sociales tenderán a ser mayores, y eso es algo que la economía ambiental busca y puede llegar a lograr conseguirlo al aplicarse adecuadamente.

4. Hipótesis

H_1: Hipótesis alterna.

Los usuarios del servicio de agua potable suministrada por CAEV Altotonga muestran una DAP positiva destinada a conservar la cantidad y calidad de los servicios ambientales hídricos provistos por la Reserva Ecológica Río Pancho Poza.

H_0: Hipótesis nula.

Los usuarios del servicio de agua potable suministrada por CAEV Altotonga no muestran una DAP positiva destinada a conservar la cantidad y calidad de los recursos hídricos provistos por la Reserva Ecológica Río Pancho Poza.

5. Marco Teórico

Recursos hídricos

El agua cubre más del 70% de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuyendo a regular el clima del mundo (Cirelli, 2012). Los océanos dan cuenta de casi el 97,5% del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1% (Cirelli, 2012). Los recursos hídricos son renovables (excepto ciertas aguas subterráneas), con enormes diferencias de disponibilidad y amplias variaciones de precipitación estacional y anual en diferentes partes del mundo (UNESCO-WWA, 2003). En el ciclo hidrológico, una proporción importante de la precipitación pluvial regresa a la atmósfera en forma de evapotranspiración, mientras que el resto escurre por los ríos y arroyos delimitados por las cuencas, o bien se infiltra en los acuíferos (CONAGUA, 2014). Este ciclo es un proceso complejo que incluye la precipitación, el escurrimiento, la evapotranspiración y la infiltración (Cirelli, 2012).

Para que exista un equilibrio natural en los ecosistemas y se prevenga un impacto ambiental negativo, el ser humano debe aprovechar sólo una fracción de los escurrimientos naturales de agua; sin embargo, en diversas regiones se ha detectado que los volúmenes de agua concesionados superan el escurrimiento y la recarga de acuíferos, situación que genera la escasez del recurso (Hernández, 2013). La realidad es que la distribución del agua dulce es desigual entre las regiones naturales y económicas del planeta. Cerca del 75% de la población humana se concentra en países y regiones donde sólo existe el 20% de las disponibilidades de agua (Toledo, 2002).Es pertinente entonces tener en cuenta que la demanda mundial de agua está muy condicionada por el crecimiento demográfico, la urbanización, las políticas de seguridad alimentaria y energética y los procesos macroeconómicos como la globalización del comercio, los cambios en la alimentación y el aumento del consumo (WWAP, 2015).

Servicios hidrológicos

Parte fundamental para abordar correctamente la investigación es conocer aquellas teorías y conceptos que estén involucrados, por lo que en primera instancia se dará una definición de lo que son los servicios ambientales, entendidos estos como “todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas” (MEA 2005 en (Ramírez, 2011)); dicho concepto permite hacer un vínculo explicito entre el estado y funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. Esta relación puede ser directa o indirecta, y los seres humanos pueden o no estar conscientes de su existencia (Balvanera & Cotler, 2007). Es necesaria una mejor comprensión del papel de los servicios ecosistémicos haciendo hincapié en nuestros activos naturales como componentes críticos de riqueza inclusiva, bienestar y sostenibilidad. Mantener y mejorar el bienestar humano requiere un equilibrio de todos nuestros elementos: individuos, sociedad, economía y ecosistemas (Costanza, y otros, 2014).

Los ecosistemas boscosos en las cuencas también juegan un papel sumamente importante en la regulación de los patrones hídricos, incluyendo la cantidad y calidad del agua que emana de las mismas (Manson, 2004). Entre la gama de servicios ambientales que un ecosistema forestal puede generar, el análisis de los servicios ambientales hidrológicos ha resultado prioritario por considerar el problema de escasez de agua como un problema ambiental de gran relevancia (Pedraza, 2008).

De acuerdo con (Manson, 2004) algunos de los servicios hidrológicos más importantes proporcionados por los bosques y selvas son los siguientes:

- La regulación de la calidad y cantidad de agua.

- La minimización de ciclos de inundación y sequía.

- La generación, protección y mantenimiento de suelos y sus nutrientes.

- La regulación del clima a escalas locales y regionales.

- La estabilización del paisaje, con el fin de evitar deslaves y azolve de los ríos.

5.1 El agua como un bien económico

Las implicaciones que tiene el agua sobre la sociedad son fundamentales, y un aspecto importarte es su papel como un bien en la economía y la gestión que se hace de este recurso. A continuación se detallan algunos aspectos pertinentes en este rubro.

En 1992, se llevó a cabo la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (ICWE por sus siglas en inglés) en Dublín, Irlanda (Savenije & Van der Zaag, 2008). Ahí se establecieron cuatro principios rectores[3], y en su principio número cuatro se reconoce al agua como un bien económico: el agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocido como un bien económico (United Nations, 1992). Los Principios de Dublín posteriormente resultaron muy influyentes a través de su promoción por parte de las organizaciones internacionales, como el Banco Mundial y la Asociación Mundial para el Agua (GWP por sus siglas en inglés) (Benson, Gain K, & Rouillard, 2015). Sin embargo el agua es un recurso natural tan importante para la sociedad que su gestión adecuada es una prioridad, y teniendo en cuenta que sólo como un bien económico ha sido una fuente de controversia por las implicaciones que tiene.

La concepción del agua como un derecho hace hincapié en que la dignidad humana es lo primero, y que el acceso universal al agua suficiente para las necesidades básicas es una prioridad absoluta y no negociable, para ello, los gobiernos y otros actores deben hacerse responsables de asegurar el agua está disponible, limpio y asequible (Langford, 2005). El problema con esta postura de acceso universal al agua se encuentra en los graves impedimentos económicos y naturales que existen

[3] 1. El agua es un recurso finito, vulnerable y esencial que debería ser gestionado de manera integrada.
2. El desarrollo y la gestión de los recursos hídricos deben basarse en un enfoque participativo, que involucre a todas las partes interesadas relevantes.
3. Las mujeres desempeñan un papel central en la provisión, gestión y protección segura del agua.
4. El agua tiene un valor económico y debe ser reconocido como un bien económico, teniendo en cuenta los criterios de asequibilidad y equidad (ICWE, 1992).

por lo general, que generan un desequilibrio entre la demanda del recurso y la oferta. Tanto la oferta como la demanda de agua son inciertas, es decir, la disponibilidad (oferta) varía a lo largo del tiempo en cantidad, calidad, y en la distribución espacial, por lo que sólo se puede conocer su disponibilidad en términos de probabilidad (Klink, 1991), en tanto que la demanda de agua demanda está influenciada en gran parte por el crecimiento demográfico, la urbanización, las políticas de seguridad de alimentos y energía, y los procesos macro-económicos como la globalización del comercio, cambios en la dieta y el aumento del consumo (WWAP, 2015). Por lo tanto, la gestión de la demanda implica tomar en cuenta el valor del agua en relación con su coste de prestación, y la introducción de medidas que requieren los consumidores para relacionar su uso más estrechamente a los costes (Allan & Winpenny, 2006).

Una situación frecuente es la ausencia de mercado para bienes y servicios relacionados con los recursos hídricos, debido a que suelen tener las características de no ser excluyentes, no ser rivales o ambos (Peterson & Hendricks, 2016). La navegación en un río con suficiente caudal cumple con las características de no rivalidad y no exclusión, llegando a presentar problemas de congestión en caso de presentar gran cantidad de usuarios. Para el caso de contar con estas dos características, Hanemann (2006) propone el el ejemplo de la reducción de la contaminación en un lago: el disfrute del agua limpia en el lago para una persona de ninguna manera reduce la cantidad de agua limpia disponible para el disfrute de las demás (no rivalidad) y, si el agua del lago es limpia para el disfrute de esa persona, es limpia para el disfrute de todos (no excluyente). En cambio, el agua potable para consumo domiciliario es rival en su consumo, ya que las unidades aprovechas por un hogar limitan el consumo para las demás, y es excluyente debido a la posibilidad de cortarle el suministro con relativa facilidad en caso de no cubrir el monto de la factura correspondiente.

La implicaciones económicas que rodean al agua son claves para su gestión, por ejemplo el agua a bajo precio fomenta el consumo excesivo de quienes están conectados al sistema de suministro (Rogers, De Silva, & Bhatia, 2002), situación

similar ocurre con la provisión sin micro medición. En resumen, algunas de las características emotivas y simbólicas de agua influyen de manera importante en la demanda de agua, también hay algunas características físicas y económicas distintivas que hacen que el suministro de agua diferente y más compleja que la de la mayoría de otros bienes (W M Hanemann, 2006).

5.2 Valoración económica de bienes y servicios ambientales

Dentro de la economía existen situaciones donde el mercado se encuentra limitado a resolver, tal es el caso de las externalidades y los bienes públicos, donde es necesaria la presencia del gobierno para su provisión. En esta línea, los bienes y servicios ambientales en su mayoría se encuentran fuera del mercado, por lo que su valorización es diferente. Para ello, Valor Económico Total de un ecosistema (VET), es un concepto desarrollado por economistas de recursos naturales con el propósito de clasificar los valores generados por los ecosistemas (Enríquez Andrade, 2005). La primera gran distinción que puede establecerse es aquella que separa los *valores de uso*, de los *valores de no-uso* (Azqueta Oyarzun, 1994).

El ***valor de uso*** hace referencia a ese carácter instrumental que, en ocasiones, adquieren los atributos de la naturaleza, y que les hacen ser cosas útiles: las personas utilizan los bienes ambientales, y se ven afectadas, por tanto, por cualquier cambio que ocurra con respecto a la calidad, existencia o accesibilidad de los mismos (Azqueta Oyarzun, Alviar Ramírez, Domínguez Villalobos, & O'Ryan, 2007). Esta categoría se subdivide en valores de *uso directo*, de *uso indirecto* y de *opción*.

Valor de uso directo: este valor está condicionado por su consumo o venta, o por su interacción inmediata con los agentes de mercado (Lomas et al., 2005). Dentro de los usos directos de los ecosistemas la literatura también distingue entre los *usos consuntivos* que son los que modifican la naturaleza intrínseca de un ecosistema, por ejemplo la urbanización y usos agrícolas intensivos y los *usos no consuntivos* que mantienen más o menos intacta la naturaleza del ambiente, por ejemplo la observación de vida silvestre (Enríquez Andrade, 2005).

Valor de uso indirecto: generalmente está asociado a servicios de regulación, como la regulación de la calidad del agua o la prevención de la erosión, que pueden verse como servicios públicos que generalmente no se reflejan en las transacciones de mercado (Pascual et al., 2012).

Valor de opción: se refiere a la postergación del uso de un determinado activo ambiental para una época futura. Al mantener abierta la opción de aprovechar dicho recurso en una fecha posterior, éste toma un nuevo valor, el valor de opción (Lomas et al., 2005). Existe otro valor, el de *cuasi-opción*, que refleja el beneficio neto obtenido al posponer la decisión sobre algún recurso, en espera de despejar total o parcialmente la incertidumbre, mediante la obtención de mayor información (Azqueta Oyarzun et al., 2007)

El ***valor de no uso*** fue propuesto por primera vez por Kutrilla (1967)**,** hace referencia al disfrute que experimentan las personas simplemente por saber que un servicio ambiental existe, aun si no esperan hacer uso de forma directa o indirecta a lo largo de todas sus vidas. Este valor es también conocido como “valor de existencia”, “valor de conservación” o “valor de uso pasivo” (Penna, de Prada, & Cristeche, 2011).

Dentro de los valores de no uso, el *valor de legado* es el que tiene determinado bien ambiental, como los recursos hídricos, (valores de uso y no uso) para las siguientes generaciones, debiendo suponer por tanto no sólo los niveles tecnológicos futuros, sino también escalas de valores y principios morales de los que nos continuarán (Uclés Aguilera, 2006). El *valor de existencia* está relacionado con la satisfacción que los individuos obtienen del mero conocimiento de que las especies y los ecosistemas continúen existiendo (Pascual et al., 2012).

El Valor Económico Total (VET) es la suma de los valores de uso y no uso con sus respectivas subdivisiones. La figura 1 sintetiza esta clasificación.

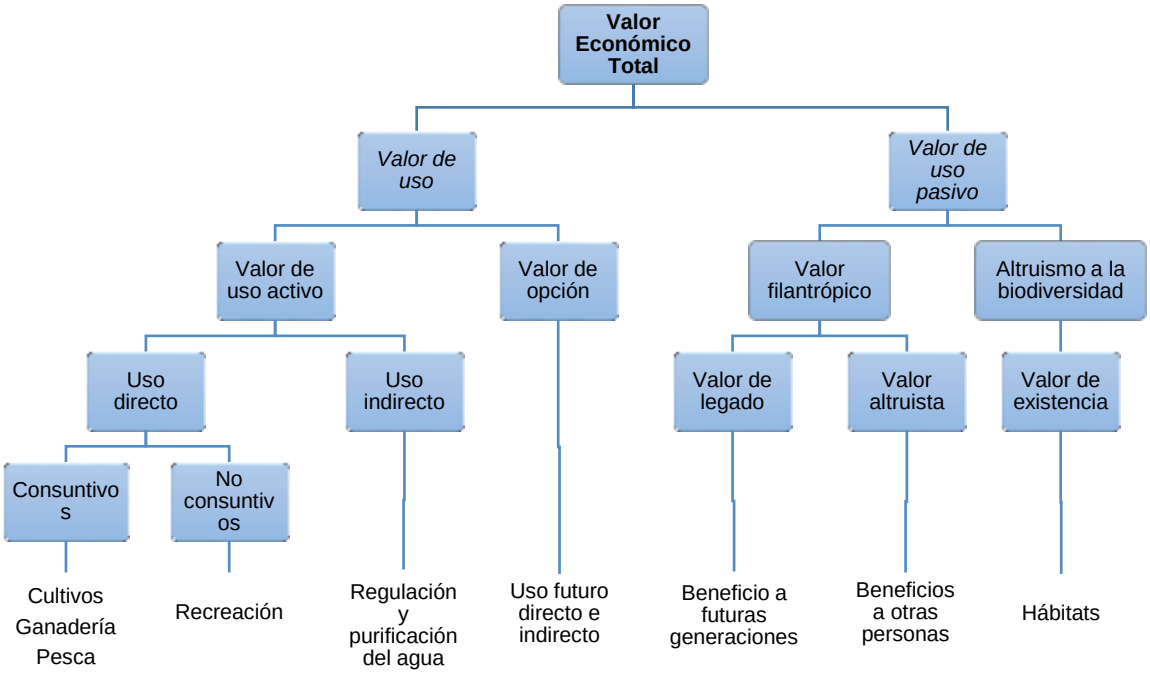


Figura 1. Tipología del Valor Económico Total
Nota. Fuente: Tomado de *The economics of valuing ecosystem services and biodiversity* (Pascual et al., 2012)

El Área Natural Protegida Río Pancho Poza, provee bienes y servicios ambientales diversos, aunque dada la naturaleza de su designación, los bienes que de ahí se pueden hacer uso están limitados a lo que su Plan de Manejo dicte (Subsecretaría de Medio Ambiente, 2001), tal es el caso de los recursos maderables, los cuales no pueden ser aprovechados para uso comercial. Respecto a los servicios ambientales, destacan la protección a la biodiversidad, los usos recreativos y la provisión de agua.

El presente estudio se centra en el análisis de los servicios hidrológicos, principalmente en cuanto a la provisión de agua, un valor de uso indirecto para la población beneficiada así como en la extracción del recurso para su posterior tratamiento de potabilización por parte del organismo operador local de CAEV y su distribución a la localidad de Altotonga. Los valores de opción también están presentes, para el aprovechamiento de los beneficios directos e indirectos de los

servicios ambientales hidrológicos en un futuro, ello desde una perspectiva intrageneracional; a diferencia del valor de legado, que se otorga al beneficio que futuras generaciones puedan realizar. Los valores de no uso, como el valor de existencia también son de tomarse en cuenta. La sumatoria de los valores de uso y no uso conforman su valor económico total, y cada uno de sus componentes arrojan información sobre la disposición a pagar para su conservación.

El ejercicio de valorar los servicios del capital natural 'al margen' consiste en determinar las diferencias que los cambios relativamente pequeños en estos servicios hacen al bienestar humano (Costanza et al., 1997)

5.3 Disposición a Pagar y Disposición a Aceptar

El excedente del consumidor es la medida apropiada del cambio de bienestar asociado con incrementos o disminuciones en la calidad ambiental, siendo las medidas hicksianas del excedente del consumidor preferibles a las medidas marshallianas (Bergstrom, 1990), ello debido a que la utilidad marginal del ingreso no es constante (Hau, 1983). Un par de conceptos centrales en esta investigación, la Disposición a Pagar (DAP) y la Disposición a Aceptar (DAA), son derivados de las medidas de bienestar hicksianas Variación Compensatoria (CV) y Variación Equivalente (VE) respectivamente (Ahlheim & Buchholz, 2000) que corresponden al monto máximo que un individuo estaría dispuesto a pagar (DAP) para asegurar el cambio o la mínimo cantidad que estaría dispuesta a aceptar (DAA) (W. Michael Hanemann, 1991).

Siguiendo la notación de Bockstael & Freeman (2005), se asume que el individuo tiene una función de utilidad $u(x, q)$, definida por las cantidades de varios productos del mercado, denotada por el vector *x*, así como por el bien ambiental a valorar q, y que por tanto es un escalar. En correspondencia con esta función de utilidad directa, podemos escribir una función de utilidad indirecta $v(p, q, y)$, donde p es el vector de los precios de los productos del mercado e y es el ingreso de la persona. Suponemos convencionalmente que $u(x, q)$, es creciente y cuasi cóncavo en x, lo

que implica que $v(p, q, y)$ satisface las propiedades estándar con respecto a p e y[4]. Ahora supongamos una mejora en la provisión del bien ambiental q, pasando de q^0 a q^1, la utilidad de la persona pasa ahora de $u_0 \equiv v(p, q^0, y)$ a $u_1 \equiv v(p, q^1, y)$. El valor del cambio en términos monetarios está representado por las dos medidas Hicksianas, la Variación Compensatoria (VC) que satisface:

$$v(p, q^1, y - VC) = v(p, q^0, y)$$

Y la Variación Equivalente (VE) que satisface:

$$v(p, q^1, y) = v(p, q^0, y + VE)$$

Si el cambio se considera una mejora, $VC > 0$ y $VE > 0$; en este caso, VC mide la DAP máxima de las personas para asegurar el cambio, mientras que VE mide su DAA mínima para renunciar a ella. Si se considera que el cambio empeora la situación actual, $VC < 0$ y $VE < 0$; en este caso, VC mide la DAA de los individuos para soportar el cambio, mientras que VE mide su DAP para evitarlo.

Un debate constante se ha presentado respecto a las divergencias entre la DAP y la DAA para un mismo bien, ya que es aceptado que si un bien tiene un valor pequeño en relación con el ingreso, su DAP para obtener ese bien debe estar muy cerca de su DAA para renunciar a ese bien (Kolstad & Guzman, 1999). Para explicar esta diferencia, Hanemann (1991) argumenta que para los bienes públicos, la relación entre las dos medidas de bienestar depende de un efecto de sustitución, así como de un efecto de ingreso, siendo que los efectos de sustitución podrían ejercer una influencia mucho mayor en la relación entre DAP y DAA que los efectos de ingresos. Por su parte Kahneman y Tversky (1979), presentaron una explicación alternativa a través de su "teoría prospectiva", donde el individuo asigna un valor más alto a las pérdidas que las ganancias, lo que que conlleva a compensaciones más altas por las la privación de un bien en comparación con lo que se estaría

[4]Es decir, que $v(p, q, y)$ es homogénea de grado cero en p e y, creciente en y, decreciente y cuasiconvexa en p (Carson & Hanemann, 2005).

dispuesto a pagar por él. En cualquier caso se ha generalizado la aceptación de dicha divergencia en el caso de bienes ambientales.

El uso de cada medida depende del escenario a valorar, Mitchell y Carson (1989) recomiendan, en el caso de bienes públicos o privados, a la DAP cuando se trate de la valoración económica de un beneficio recibido o por recibir, y a la DAA cuando la cuantía del bien a valorar ya ha disminuido o está por disminuir.

5.4 Métodos de valoración ambiental

Al relacionar los servicios hidrológicos con las necesidades humanas, es necesario tener una forma de cuantificar los costos-beneficios de estas interacciones, en el primer caso para saber en qué nivel se ve afectado el ciclo hidrológico natural, y en el segundo para medir el nivel de utilidad que reporta a quien lo consume, y por tanto la disminución en ésta en caso de la privación de los beneficios de los servicios hidrológicos. Para ello se han desarrollado diversos instrumentos dirigidos a establecer cuantificaciones lo más precisas posibles de estos costos-beneficios.

Para valorar bienes sin mercado, la economía cuenta, básicamente, con tres técnicas: el modelo del coste del desplazamiento, el modelo de los precios hedónicos y el método de valoración contingente (Riera, 1994).

El método de coste de viaje se aplica principalmente para la valoración de espacios recreativos, tratando de estimar como varía su demanda del bien ambiental (el número de visitas por ejemplo) ante cambios en el coste de disfrutarlo. Con ello se tendría la curva de demanda del bien y se podrían analizar cambios en el excedente del consumidor que una modificación en el mismo produciría (Azqueta Oyarzun et al., 2007). La estimación de los beneficios agregados de un espacio natural se realiza a partir de la agregación de los excedentes de los consumidores que lo visitan desde diversos lugares. Para ello, se parte de la división del área en torno al espacio natural en *k* regiones, que difieren en cuanto al coste del desplazamiento (o distancia) y la población (Labandeira, León, & Vázquez, 2007). Una paradoja interesante que surge con el modelo de costo de viaje es que aquellos que viven

más cerca del sitio y pueden visitarlo con frecuencia, tendrán bajos costos de viaje. Estos usuarios parecerán tener un valor más bajo para ese sitio incluso si su disposición (no medida) de pagar por la experiencia es muy alta (Tietenberg & Lewis, 2018). Otro desafío en este modelo es cómo incorporar el costo de oportunidad del tiempo, que en el modelo básico se mide con base en el salario, sin embargo costo de oportunidad del tiempo en recreación podría ser cero, una cantidad menor que el salario o incluso una cantidad mayor que este (Grafton et al., 2008).

El método de precios hedónicos estima el valor de los beneficios ambientales provenientes de los costos y precios en las transacciones de mercado relacionadas con ellos. La teoría de precios hedónica establece que el precio de un producto puede considerarse como una función de los atributos o características medibles que afectan la utilidad del producto (Rosen, 1974). La aplicación más común del método ocurre en el mercado inmobiliario, donde se estima el valor de los beneficios ambientales de las transacciones de mercado relacionadas con ellos (Tyrväinen, 1997), así la calidad del aire en la zona o el acceso a áreas verdes por ejemplo, son variables que influyen en el valor final de una vivienda. Al utilizar el método basado en los precios hedónicos para la valoración económica de bienes ambientales, Azqueta (2007) menciona que se deben cumplir las siguientes condiciones:

-El supuesto de la *movilidad*. La persona, llegado el caso, ha de ser lo suficientemente móvil como para cambiarse a otra zona, donde el nivel de contaminación sea distinto y más acorde con sus preferencias.

-Los *costes de transacción* no han de ser prohibitivos. La persona que se encuentra con la aparición de un deterioro ambiental serio en el entorno de su vivienda, debería poder remediarlo mudándose a otra casa similar pero no sujeta a contaminación sin que los costos de transacción se lo impidieran, aunque en la práctica estos costos pueden llegar a ser muy altos.

Los dos modelos anteriores se clasifican como *indirectos* por el hecho de estimar la valoración por comportamientos que se revelan en el mercado (Mitchell & Carson,

1989). El método de valoración contingente, en cambio, se incluye entre las formas de valoración directa, en concreto por encuesta (Riera, 1994). En este método se construye un mercado para un bien ambiental y se obtiene el cambio en el bienestar económico asociado con el cambio en el bien o servicio ambiental (Grafton et al., 2008). Fue impulsado por los trabajos iniciales de Ciriacy-Wantrup (1947) en su estudio sobre la conservación de suelos, donde usó entrevistas directas como forma de conocer los valores de los beneficios del recurso natural estudiado; posteriormente Davis (1963) como parte de su tesis doctoral realizó entrevistas a un número determinado de cazadores para conocer el valor que para ellos tenían los bosques del estado de Maine.

En 1979, el Water Resource Council de los Estados Unidos incluyó el método entre los tres recomendados para valorar determinados beneficios de las inversiones públicas (Carson & Hanemann, 2005) y en 1986 se le reconoció como apropiado para medir beneficios (y perjuicios) en el marco de la Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (Superfund), lo que consolidó su respetabilidad, al tiempo que impulsó la realización de gran número de estudios basados en esta metodología (Azqueta Oyarzun et al., 2007). Desde un punto de vista metodológico, es importante resaltar el artículo publicado por Bishop y Heberlein (1979), que fue el primero en incorporar el formato dicotómico en las encuestas de valoración contingente. El formato dicotómico (también conocido como referéndum o cerrado) ganó considerable aceptación debido a su compatibilidad de incentivos (es decir, induce a los encuestados a revelar sus verdaderas preferencias) y su simplificación sustancial de la tarea cognitiva que enfrentan los encuestados (Hoyos & Mariel, 2010).

El derrame de petróleo en Alaska del buque Exxon Valdez en 1989, y la inclusión de los valores de uso pasivo en la cuantificación de los daños, generó gran controversia sobre la validez del método de valoración contingente (Carson & Hanemann, 2005), por lo que la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés) convocó a un panel de expertos presidido por dos ganadores del Premio Nobel, Kenneth Arrow y Robert Solow, el cual analizó todos

los trabajos teóricos y empíricos sobre CVM para concluir que: "Los estudios de CV pueden producir estimaciones lo suficientemente confiables como para ser el punto de partida para una determinación judicial o administrativa de daños a los recursos naturales, incluido el valor de uso pasivo perdido" (Hoyos & Mariel, 2010). En su informe final el grupo emitió un reporte con recomendaciones detalladas para la aplicación del método de valoración contingente, el cual tuvo gran impacto en posteriores investigaciones (Bateman & Willis, 2001).

La elección de métodos efectivos para el diseño de encuestas, el muestreo y la recopilación de datos puede mejorar la validez y confiabilidad de las estimaciones generadas por el método de valoración contingente (Johnston et al., 2017) y en un nivel básico, estas opciones incluyen:

(a) Diseñar un instrumento de encuesta que explique claramente las condiciones de referencia (o status quo) y plantee una pregunta de valoración consecuente.

(b) Seleccionar una muestra aleatoria de la población potencialmente afectada.

(c) Elegir un modo de encuesta con las propiedades deseadas.

El instrumento de encuesta suele estar estructurado en tres bloques: el primero contiene la información relevante sobre el objeto de valoración; el segundo se dirige a intentar averiguar la disposición a pagar (o, en su caso, la compensación exigida) de la persona por el mismo; y el tercero indaga sobre algunas de sus características socioeconómicas más relevantes (Azqueta Oyarzun et al., 2007). Las modalidades tradicionales de aplicación son persona a persona, por teléfono, y a través de correo físico, sin embargo con el avance de la tecnología ha cobrado relevancia las encuestas que usan herramientas digitales vía internet (Johnston et al., 2017). Los formatos donde es posible detallar los escenarios y disponer de mayor tiempo son los mayormente preferidos, siendo las encuestas personales y las digitales las que gozan de mayor confiabilidad.

En cuanto al formato de las preguntas sobre la valoración del bien o servicio ambiental, las modalidades más usuales son:

- *Formato abierto.* En este caso, el entrevistador simplemente espera la respuesta a la pregunta formulada. Tiene la desventaja de que cosecha un elevado número de no-respuestas, ante el simple desconocimiento por parte del entrevistado de lo que podría ser una cifra razonable (Azqueta Oyarzun, 1994).
- *Formato subasta (bidding games).* Se comienza con una cantidad, y si esta es aceptada se eleva, hasta el punto que un monto es rechazado; en caso de que la cantidad inicial sea rechazada se procede inversamente (Carson & Hanemann, 2005).
- *Formato binario o dicotómico.* Seleccionada una muestra representativa de la población, se subdivide en grupos igualmente representativos, y se les hace la pregunta mencionada, a cada uno de ellos con una cantidad diferente, los participantes responden a un primer monto y luego se enfrentan a una segunda pregunta que involucra otro monto, mayor o menor dependiendo de la respuesta a la primera pregunta (M. Hanemann, Loomis, & Kanninen, 1991).

Las respuestas de protesta deben tener atención especial, ya que no indican una valoración nula del bien o servicio ambiental, sino de la situación a valorar, por ejemplo si esta se considera injusta, y quizás en un escenario distinto se estaría en condiciones de aportar (Carson & Hanemann, 2005). Indagar las causas de este tipo de respuestas es de utilidad para los tomadores de decisiones y las políticas públicas. De igual forma, el realizar estudios piloto sobre la población objetivo permite facilitar la determinación de los montos a usar, calibrar la encuesta y conocer los niveles de respuesta para cada ítem, así como realizar pruebas estadísticas preliminares de hipótesis (Johnston et al., 2017).

Los principales problemas del método de la Valoración Contingente derivan básicamente de la posibilidad de que la respuesta ofrecida por el entrevistado no

refleje la verdadera valoración que le confiere al recurso analizado (Azqueta Oyarzun et al., 2007). Los principales sesgos que ocasionan distorsiones en la valuación son:

El *sesgo estratégico.* Ocurre cuando cuando el encuestado cree que, con su respuesta, puede influir en un resultado particular de forma que salga favorecido (Grafton et al., 2008). El análisis del sesgo se centró en la posibilidad de evitarlo a través del uso de formatos de pregunta tipo subasta o dicotómica y si diferentes formatos conllevarían a declarar diferentes cantidades por parte de un mismo encuestado encuestado (Brookshire, Ives, & Schulze, 1976; Milon, 1989; Mitchell & Carson, 1989). La concepción más aceptada es la falta de evidencia significativa tanto en experimentos de laboratorio como en estudios empíricos de presencia un comportamiento estratégico en el método de valoración contingente (R. C. Bishop, Heberlein, & Kealy, 1983; Carson, Flores, & Meade, 2001).

El sesgo del *punto de partida*. En este caso, la cantidad inicial propuesta por el encuestador condiciona la respuesta final. La presencia del efecto anclaje, como también es conocido (Green, Jacowitz, Kahneman, & McFadden, 1998), es inherente cuando se usa el formato de subasta (K. J. Boyle, Bishop, & Welsh, 1985; Silverman & Klock, 1989). Los problemas con este sesgo disminuyen significativamente al recurrir a otros formatos, que igualmente han sido sujetos a pruebas, tal es el caso del estudio de Veronesi, Alberini, & Cooper (2011) quienes a través de simulaciones de Monte Carlo sobre modelo dicotómico de doble limite, concluyen que un diseño de oferta simétrico y bien equilibrado puede dar lugar a sesgos muy modestos incluso cuando el mecanismo de anclaje es muy fuerte.

El sesgo del *vehículo de pago*. El instrumento propuesto para la recaudación de los fondos puede afectar la decisión de aportar. Algunos problemas se producen debido a las diferencias en la cobertura de los vehículos de pago y las dudas sobre los periodos de pago (Morrison, Blamey, & Bennett, 2000). Carson & Hanemann (2005) mencionan la dificultad de encontrar un vehículo de pago que sea apropiado para la política y coercitivo para todos los miembros de la población de interés.

El *sesgo de la información*. Se parte del supuesto que la persona que valorará el bien o servicio ambiental está informada sobre él, y puede hacer inferencias sobre su valor tomando en cuenta el contexto y las posibles restricciones, así como las implicaciones que para ella tendría (Bergstrom, Stoll, & Randall, 1989). Otro elemento importante hace referencia a que la naturaleza de la información proporcionada en las encuestas de valoración contingente puede afectar profundamente las estimaciones de la disposición a pagar (Ajzen, Brown, & Rosenthal, 1996). Por consiguiente, la ausencia o introducción de información que afecte la valoración ambiental, tenderá a incidir en la valuación final en algún grado.

El *sesgo del entrevistador.* Cuando la modalidad de encuesta se realiza de persona a persona, existe la posibilidad que el encargado de realizar las preguntas influya en las respuestas declaradas. Ejemplo de ello se presentó en el estudio de Boyle & Bishop (1988) para los formatos de tarjetas de pago y elección dicotómica. La presencia de exageración en los montos declarados también se ha relacionado con el posible deseo de la persona de complacer al encuestador (Park & MacLachlan, 2008).

Debido a sus características, el método de valoración contingente es ahora frecuentemente utilizado para valorar cuestiones relacionadas con recursos hídricos (Perez-Verdin et al., 2016), donde los beneficios de una mejora ambiental son medidos por la cantidad monetaria que los beneficiarios potenciales de dicha mejora estarían dispuestos a pagar (DAP), o la valoración de los costos generados por un daño ambiental sobre dichos recursos a través de la cantidad de dinero que los perjudicados estarían dispuestos a aceptar como compensación (DAA).

En el caso de los métodos directos es posible estimar tanto los valores de uso como los de no uso de los servicios ambientales, por tal motivo, frecuentemente se plantea que el método de valoración contingente es el único capaz de valorar el VET del servicio ambiental (Penna et al., 2011). Sin embargo, la elección del método para la valoración del bien o servicio ambiental dependerá de las condiciones de cada caso específico, en este sentido, Mitchell & Carson realizaron un comparativo de algunas

propiedades que podían satisfacer los métodos de valoración ambiental directos e indirectos, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades clave de los métodos directos e indirectos

Propiedades deseables	Métodos	
	Indirectos	*Directos*
Capaces de obtener estimaciones del precio de opción en presencia de incertidumbre.	Sí	Sí
Capaces de valuar bienes previamente no disponibles.	Sí	Sí
Capaces de estimar los valores de no uso.	No	Sí
Estimación directa de la curva de demanda ordinaria.	No	Sí
Estimación directa de la curva de demanda Hicksiana.	No	Sí

Nota. Adaptado de Mitchell & Carson (1989) *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method.*

Pagos por servicios ambientales

Otro concepto que es conveniente introducir es el pago por servicios ambientales (PSA), este es un mecanismo flexible y adaptable a diferentes condiciones, que apunta a un pago o compensación directo por el mantenimiento o provisión de un servicio ambiental, por parte de los usuarios del servicio el cual se destina a los proveedores. Los PSA en cuencas hidrográficas[5] normalmente se concentran en los servicios hídricos, la disponibilidad y / o calidad del agua. (FAO y REDLACH, 2004). La disposición a pagar de un grupo de beneficiarios depende del servicio específico a recibir, del valor del servicio (comparado con el coste de las alternativas) y del tamaño del grupo de beneficiarios (Pagiola & Platais, 2002).

[5] Las cuencas son unidades del terreno, definidas por la división natural de las aguas debida a la conformación del relieve (CONAGUA, 2015).

En México, el PSA fue diseñado en el Instituto Nacional de Ecología (INE) en 2003, para la modalidad de Hidrología (PSH), utilizando el ejemplo de Costa Rica (Perevochtchikova & Ochoa Tamayo, 2012). Fue diseñado para proporcionar incentivos económicos a los propietarios de tierras forestales para apoyar las prácticas de conservación y evitar el cambio de uso del suelo de áreas forestales en reconocimiento de los servicios ambientales que proporcionan sus tierras (SEMARNAT-CONAFOR, 2011).

Este programa fue creado mediante la transferencia de un 2,5% de los derechos de concesión de agua de la Comisión Nacional del Agua, CONAGUA al Fondo Forestal Mexicano (FFM), un fideicomiso creado y operado por la CONAFOR (Asbjornsen et al., 2017). Dicho fondo es un instrumento financiero en el que se deposita la cantidad total correspondiente a los 5 años completos de los contratos firmados en el año en curso y estos fondos se administran anualmente (Muñoz-Piña, Rivera, & Cisneros, 2011).

El programa PSAH ha inscrito cada vez más áreas de alta prioridad ecológica y social a través del tiempo en respuesta a los ajustes de políticas impulsadas por los bucles de retroalimentación adaptativa (Sims et al., 2014). Sin embargo, los valores medios de los criterios socioeconómicos clave en las zonas receptoras se mantuvieron bastante similar a través de los años, lo que sugiere una estrategia de elegibilidad elástica de la administración forestal federal desde su implementación (Ezzine-De-Blas, Dutilly, Lara-Pulido, Le Velly, & Guevara-Sanginés, 2016) .

México es uno de los pioneros en la implementación del pago por servicios ambientales en América Latina, con más de 15 años de experiencia a través de diversos programas que han permitido llevar a cabo evaluaciones e implementar cambios para mejorar la eficiencia de los programas tales como PSHA. En 2008, la CONAFOR inició programas locales de PSA (Nava-López et al., 2018) con la modalidad Fondos Concurrentes.

El esquema de Fondos Concurrentes es temporal y busca promover mecanismos locales, en los que los usuarios de servicios ambientales pagan a sus proveedores

(SEMARNAT-CONAFOR, 2011) y es un mecanismo para mejorar la prestación de servicios ambientales (SA) en la que:

- Los usuarios que disfrutan los servicios ambientales, pagan por ellos.
- ES proveedores son compensados por la adopción de prácticas de uso o manejo de la tierra acordados.
- El esquema funcionará sólo si los pagos son continuas y en el largo plazo.

Las nuevas modalidades de gestión de PSAH, como los fondos concurrentes, están emergiendo como los programas dominantes para el futuro, en contraste con el programa federal y la imposibilidad de satisfacer la creciente demanda por parte de los solicitantes (Perevochtchikova & Rojo-Negrete, 2014). Una cantidad significativa de investigación analiza esta modalidad tanto en su perspectiva teórica y en estudios de caso (Muradian, 2013; Sáenz et al., 2016; Joslin y Jepson, 2018; Jones et al., 2019).

Su aplicación ha sido bastante difundida, lo que no la exenta de seguir siendo un instrumento en constante análisis para aumentar su efectividad, como en el caso de los beneficiarios de PSA, no depender de el únicamente, sino buscar oportunidades de generar rendimientos económicos sin alterar negativamente la provisión de servicios ambientales.

6. Marco legal

Constitución Política

Dentro del marco jurídico vigente hay varios ordenamientos con disposiciones en materia de agua. En primer lugar está la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) con base en los artículos 4˚, 27 y 115 (CEMDA, 2006). Dichos artículos se presentan a continuación en lo concerniente al tópico del agua en México:

Artículo 4o. Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y

asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. *Párrafo adicionado DOF 08-02-2012*

Artículo 27. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; la de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos, el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su

extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten las entidades federativas. *Párrafo reformado DOF 21-04-1945, 20-01-1960, 29-01-2016*

Artículo 115.

III. Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

Párrafo reformado DOF 23-12-1999

a) Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales; *Inciso reformado DOF 23-12-1999*

i) Los demás que las Legislaturas locales determinen según las condiciones territoriales y socio-económicas de los Municipios, así como su capacidad administrativa y financiera.

Sin perjuicio de su competencia constitucional, en el desempeño de las funciones o la prestación de los servicios a su cargo, los municipios observarán lo dispuesto por las leyes federales y estatales.

Legislación secundaria

En cuanto a la legislación secundaria, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) es el ordenamiento reglamentario del artículo 27 constitucional; regula la distribución y control del agua, y designa a la Comisión Nacional del Agua como el órgano responsable de ejercer la autoridad y administración del agua a nombre del Ejecutivo. La LAN se promulgó en 1992 y fue reformada casi en su totalidad en 2004 (Ley de Aguas Nacionales , 2016).

Para el caso de la presente investigación se han tomado en cuenta para éste apartado los siguientes artículos de la LAN, sin dejar de lado la importancia general de ella en cualquier aspecto referente al agua en México.

ARTÍCULO 1. La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

TÍTULO CUARTO

Derechos de Explotación, Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales

Capítulo II

Concesiones y Asignaciones

ARTÍCULO 20. De conformidad con el carácter público del recurso hídrico, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "la Comisión" por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la presente Ley y sus reglamentos. Las concesiones y asignaciones se otorgarán después de considerar a las partes involucradas, y el costo económico y ambiental de las obras proyectadas.

TÍTULO SEXTO

Usos del Agua

Capítulo I

Uso Público Urbano

ARTÍCULO 44. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas del Distrito Federal, estatales

o municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue "la Autoridad del Agua", en los términos dispuestos por el Título Cuarto de esta Ley.

ARTÍCULO 86. "La Autoridad del Agua" tendrá a su cargo, en términos de Ley:

I. Promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura federal, los sistemas de monitoreo y los servicios necesarios para la preservación, conservación y mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas hidrológicas y acuíferos, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga;

Capítulo IV

Cobro por Explotación, Uso o Aprovechamiento de Aguas Nacionales y Bienes Nacionales

ARTÍCULO 112 BIS. Las cuotas de los derechos y otras contribuciones federales y demás cuotas y tarifas que se establezcan por uso o aprovechamiento de agua, o por la prestación de los servicios relacionados con las obras de infraestructura hidráulica deberán estar diseñadas, en concordancia con las disposiciones que dicte la Autoridad en la materia, para:

I. Privilegiar la gestión de la demanda, al propiciar el uso eficiente del agua, la racionalización de los patrones de consumo, y, en su caso, inhibir actividades que impongan una demanda excesiva;

II. Prever los ajustes necesarios en función de los costos variables correspondientes, conforme a los indicadores conocidos que puedan ser medidos y que establezcan las propias bases de las contribuciones, cuotas y tarifas;

III. Recuperar inversiones federales mediante contribuciones en un periodo establecido que no será menor que el periodo de recuperación del costo de capital o del cumplimiento de las obligaciones financieras que se contraigan con motivo de la concesión, y

IV. Las demás que resulten aplicables, en términos de Ley.

ARTÍCULO 124 BIS. Toda persona, grupos sociales, organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, asociaciones y sociedades, podrán recurrir a la denuncia popular en los términos del Capítulo VII de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, cuando se cometan actos que produzcan o puedan producir desequilibrios o daños a los recursos hídricos o sus bienes inherentes

Normas relacionadas con el agua

Normas Oficiales Mexicanas

Debido a la transversalidad del sector hídrico, existen diversas normas aplicables al tema del agua. Cabe destacar que, conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, en tanto que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria (CONAGUA, 2017). La NOM-011-CONAGUA-2000 es una norma a destacar, ya que en ella se fundamenta el cálculo de la disponibilidad de agua en cuencas y acuíferos (SEMARNAT, 2015). Asimismo, la Conagua ha expedido normas que establecen las disposiciones, especificaciones y métodos de prueba que permiten garantizar que los productos y servicios asociados al sector hídrico cumplan de manera eficiente, preservando el agua en cantidad y calidad (CONAGUA, 2017). Por su parte, la NOM-127-SSA1-1994 establece los lineamientos para garantizar el abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada. Esta norma establece límites permisibles de características bacteriológicas (coliformes fecales y coliformes totales); de características físicas y organolépticas (color, olor, sabor y turbiedad); de características químicas (comprende 34 parámetros, tales como aluminio, arsénico, bario, entre otros), así como los métodos de tratamiento que se deben aplicar según los contaminantes encontrados (Secretaría de Salud, 1994).

Es de destacar la norma NMX-AA-159-SCFI-2012 sobre caudal ecológico que es la cantidad, calidad y variación del gasto o de los niveles de agua reservada para preservar servicios ambientales, componentes, funciones, procesos y la resilencia de ecosistemas acuáticos y terrestres que dependen de procesos hidrológicos, geomorfológicos, ecológicos y sociales (CONAGUA, 2012).

El Cuadro 1 muestra un compendio de las normas mexicanas de interés para la investigación, divididas éstas por las dependencias que las emiten:

Tabla 3. Normas mexicanas relacionadas con el sector agua

No.	Grupo: SEMARNAT
1	NOM-001-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
2	NOM-002-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
3	NOM-003-SEMARNAT-1997 - Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.
4	NOM-004-SEMARNAT-2002 - Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
5	NOM-022-SEMARNAT-2003 - Preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
6	NOM-060-SEMARNAT-1994 - Especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en los suelos y cuerpos de agua por el aprovechamiento forestal**.**

No.	Grupo: CONAGUA
1	NOM-001-CONAGUA-2011 - Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba
2	NOM-003-CONAGUA-1996 - Requisitos para construcción de pozos para prevención de contaminación de acuíferos.
3	NOM-004-CONAGUA-1996 - Requisitos para la protección de acuíferos durante mantenimiento y rehabilitación de pozos de agua y cierre de pozos en general.
4	NOM-006-CONAGUA-1997 - Especificaciones y métodos de prueba para fosas sépticas prefabricadas.
5	NOM-008-CONAGUA-1998 - Especificaciones y métodos de prueba para regaderas.
6	NOM-009-CONAGUA-2001 - Especificaciones y métodos de prueba para inodoros.
7	NOM-010-CONAGUA-2000 - Especificaciones y métodos de prueba para válvulas de inodoros.
8	NOM-011-CONAGUA-2015 - Conservación del recurso agua. Especificaciones y método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
9	NOM-014-CONAGUA-2003 - Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
10	NOM-015-CONAGUA-2007 - Características y especificaciones de las obras y del agua para infiltración artificial a acuíferos.

No.	Grupo: Salud
1	NOM-117-SSA1-1994 - Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
2	NOM-127-SSA1-1994 - Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
3	NOM-179-SSA1-1998 - Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua potable en redes.
4	NOM-201-SSA1-2002 - Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
5	NOM-230-SSA1-2002 - Requisitos sanitarios para manejo del agua en las redes de agua potable.

6	NOM-244-SSA1-2008 - Equipos y sustancias germicidas para tratamiento doméstico de agua. Requisitos sanitarios

No	Grupo: Normas Mexicanas
1	NMX-AA-120-SCFI-2006 - Requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.
2	NMX-AA-147-SCFI-2008 - Metodología de evaluación de las tarifas de agua potable, drenaje y saneamiento.
3	NMX-AA-148-SCFI-2008 - Metodología para evaluar la calidad de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios.
4	NMX-AA-149/1-SCFI-2008 - Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores de servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Directrices para la prestación y evaluación de los servicios de agua residual.
5	NMX-AA-149/2-SCFI-2008 - Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores de servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Directrices para la prestación y evaluación de los servicios de agua potable.
6	NMX-AA-159-SCFI-2012 Metodología que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas

Nota. Tomada de *Estadísticas del Agua en México 2017* con base en datos de CONAGUA (2016n).

7. Área de estudio

Las Áreas Naturales Protegidas constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido sustancialmente alterado o bien, son áreas que requieren ser preservadas y restauradas las cuales proveen una serie de beneficios y servicios ambientales a la sociedad (SEMARNAT-CONANP, 2017). Estas zonas son reguladas bajo el marco normativo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (DOF, 2012), cuyos dos objetivos principales son:

I.- Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos;

II.- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial. La tabla

1 enumera las distintas categorías de las ANP que existen en México y la correspondiente competencia para su administración.

Tabla 4. Categorías de las ANP en México

Categoría	Características	Competencia
Reservas de la Biosfera	Áreas biogeográficas en las que habiten especies representativas de la biodiversidad nacional. Se determinan la existencia de la(s) superficie(s) mejor conservada(s) y denominada(s) como zona(s) núcleo por alojar ecosistemas, fenómenos naturales de importancia especial o especies de flora y fauna que requieran protección (artículo 48).	Federal
Parques Nacionales	Representaciones biogeográficas de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su valor científico, educativo, de recreo o histórico, por su belleza escénica o bien por otras razones análogas de interés general. También protegen ecosistemas marinos (artículos 50 y 51).	Federal
Monumentos Naturales	Áreas que contengan elementos naturales (lugares u objetos naturales) con carácter único o excepcional, interés estético y/o valor histórico-científico. Tales elementos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo (artículo 52).	Federal
Áreas de Protección de Recursos Naturales	Áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal (artículo 53).	Federal
Áreas de Protección de Flora y Fauna	Lugares que contienen los hábitat de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres (artículo 54).	Federal

Santuarios	Áreas con una considerable riqueza de flora o fauna, o con especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Estas áreas incluirán cualquier unidad topográfica o geográfica que requieran ser preservadas o protegidas (artículo 55).	Federal
Parques y Reservas Estatales	Áreas relevantes de acuerdo con la legislación local en la materia (artículo 46).	Entidades federativas
Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población	Zonas de los centros de población que requieran ser preservadas de acuerdo con la legislación local (artículo 46).	Municipios

Nota. Fuente: Tomado de *Las Áreas Naturales Protegidas en México, criterios para su determinación. Caso estudio : Sierra Tarahumara , Estado de Chihuahua* (Yañez Mondragón, 2007).

7.1 ANP Río Pancho Poza

El 25 de enero de 1992, se publicó en la Gaceta Oficial del Estado de Veracruz-Llave el decreto mediante el cual se establece la Reserva Ecológica del Río Pancho Poza, en el municipio de Altotonga, Veracruz. En dicho decreto se justifica la creación de esta Área Natural Protegida (ANP), cuya superficie total abarca 56-99-10 hectáreas, como una estrategia para conservar los valores naturales del río Pancho Poza, el cual tiene su origen en un punto denominado “Zoatzingo” (Subsecretaría de Medio Ambiente, 2001). De acuerdo con la Declaratoria, las aguas que forman el río Pancho Poza, debido a su calidad, pureza y gran contenido de minerales, son utilizadas como agua potable por los habitantes de la región, empleándola para uso doméstico y para aplicación de los usos agrícolas y ganaderos de la localidad.

La red hidrológica sobre el área de estudio es escasa y difusa debido a la poca inclinación existente, al tipo de sustrato que la cubre y a los bajos niveles de precipitación con un promedio anual de entre 300 y 1,000 mm. Todo esto implica un

alto grado de infiltración; el agua infiltrada una vez que satura el suelo, atraviesa el sustrato arenoso y que circula por las ranuras de basalto, aflora en virtud del cambio de pendiente en las cabezadas donde se encuentra la Reserva (SEMARNAT-CONANP, 2017).

Actualmente el río Pancho Poza es la fuente directa de agua para potabilizar y posteriormente distribuir para su consumo en la población de la cabecera del municipio de Altotonga, Veracruz la cual cuenta con una población de 19,722 habitantes de acuerdo a cifras de INEGI. Un punto importante es que a pesar de estar en condiciones aceptables para el consumo presente, la falta de medidas correctivas y preventivas que estén enfocadas en el aseguramiento de la continuidad de los procesos de reposición y flujo de este vital liquido comprometen su optima existencia en el futuro próximo (actualmente cerca de 3,600,000 m^3 potabilizados anualmente, de acuerdo a cifras de la Comisión de Agua del Estado de Veracruz sede Altotonga), presentando ya niveles per cápita de disponibilidad de consumo menores en los últimos años a consecuencia de la disminución del caudal en este afluente aunado al aumento poblacional y los cambios en el estilo de vida.

Este estudio se realizó en dos municipios del estado de Veracruz, el primero, Altotonga, ubicado entre los paralelos 19 ° 38 ‘y 19 ° 54 ′ de latitud norte; meridianos 96 ° 57 ‘y 97 ° 17 ′ de longitud oeste; altitud entre 500 y 2,500 m. (SEFIPLAN, 2018a), este municipio tiene 19,722 habitantes en su área urbana según el último censo del INEGI en 2010. Limita al norte con los municipios de Atzalan y Tenochtitlán; al este con los municipios de Tenochtitlán, Tlacolulan y Tatatila; al sur con los municipios de Tatatila, Las Minas, Villa Aldama, Perote y Jalacingo; al oeste con los municipios de Jalacingo y Atzalan (SEFIPLAN, 2018a). El otro municipio es Atzalan, ubicado entre los paralelos 19 ° 45 'y 20 ° 03' de latitud norte; meridianos 96 ° 57 'y 97 ° 16' de longitud oeste; altitud entre 100 y 2,000 m. (SEFIPLAN, 2018b); este municipio tiene 1,940 habitantes en su área urbana según el último censo de INEGI en 2010. Limita

al norte con los municipios de Tlapacoyan y Martínez de la Torre; al este con los municipios de Martínez de la Torre, Misantla, Tenochtitlán y Altotonga; al sur con el municipio de Altotonga; al oeste con los municipios de Altotonga, Jalacingo y Tlapacoyan (SEFIPLAN, 2018b).

Ambos municipios reciben el servicio de agua potable a través de la Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV) con sede en Altotonga. Dentro del municipio de Altotonga, la localidad urbana del mismo nombre registró 5,257 tomas de agua a septiembre de 2018, mientras que para el municipio de Atzalan, su cabecera municipal del mismo nombre también tuvo 695 tomas registradas en el mismo período de tiempo. El río Pancho Poza, ubicado en un Área Natural Protegida (ANP) es la fuente directa de agua para CAEV, donde es potabilizada y distribuida posteriormente a las poblaciones mencionadas.

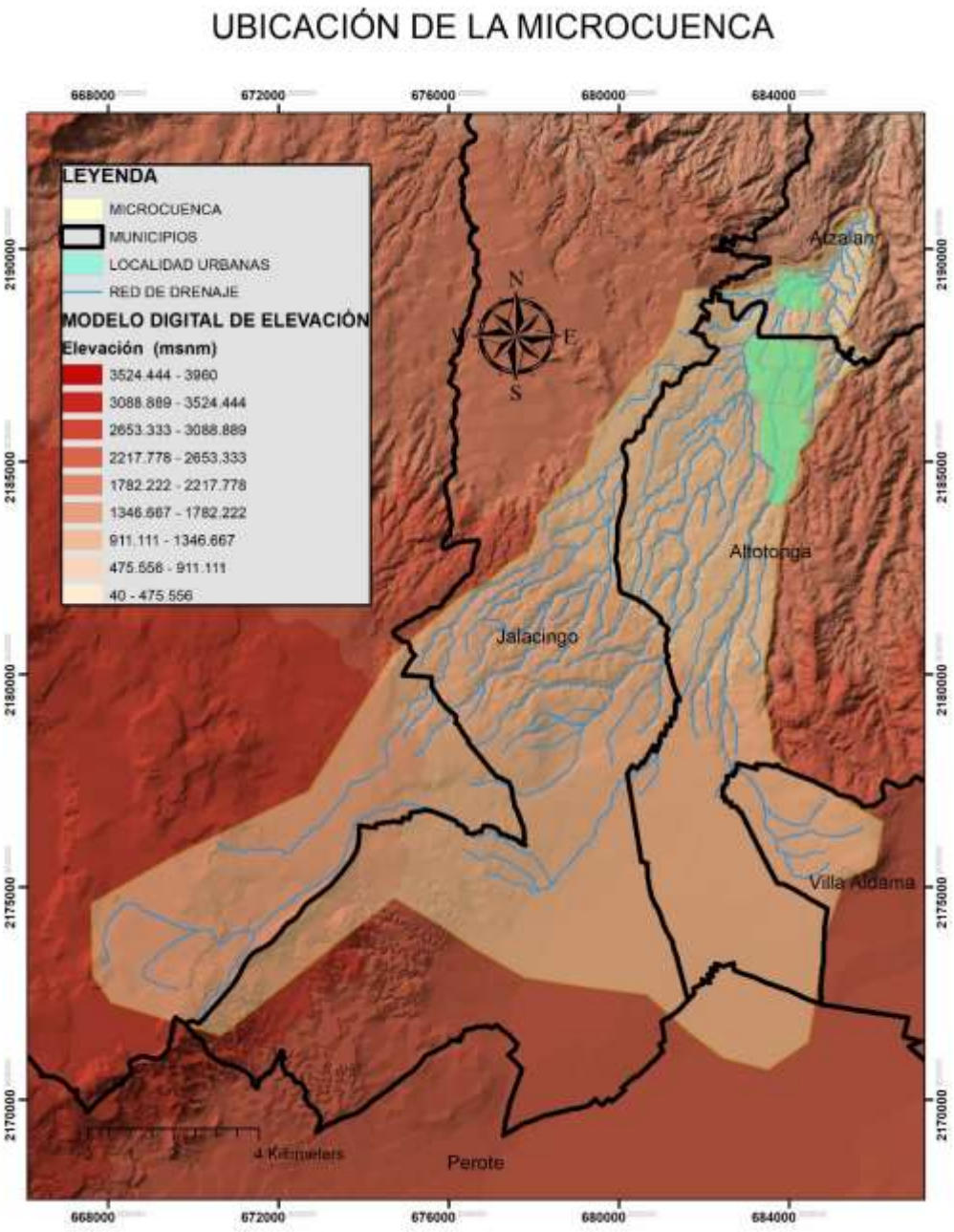


Figura 2. Localización del área de estudio
Fuente: Elaboración Pérez Córdova Selene Janitzio a través del software ArcGIS.

Dentro del contexto económico, en la tabla 5 se observa que la distribución de la Población Económicamente Activa se distribuye de forma proporcional entre los sectores primario, secundario y terciario, con una tasa de ocupación de 98%. En cuanto a la PEA no económicamente activa, se tienen 14,446 personas dedicadas a quehaceres del hogar como principal segmento de esa población.

Tabla 5. Descripción de la PEA para el municipio de Altotonga, Veracruz.

Indicador	Valor
Población de 12 años y más	47,186
Población económicamente activa	22,230
PEA ocupada	21,779
Sector primario	36.2%
Sector secundario	31.8%
Sector terciario	31.2%
No especificado	0.008
PEA desocupada	957
Población no económicamente activa	24,842
Estudiantes	7586
Quehaceres del hogar	14,446
Jubilados y pensionados	235
Incapacitados permanentes	1,816
Otro tipo	759
Tasa de participación económica	47.1%
Tasa de ocupación	98.0%

Nota. Fuente: INEGI. Encuesta Intercensal 2015.

La superficie de suelo está dominada por el uso destinado a la agricultura, seguido de los terrenos con presencia de vegetación secundaria, y es de destacar en cuarto lugar el área boscosa con 48.7 km^2, la cual es una superficie importante dentro del municipio analizado. La tabla 6 detalla lo anterior.

Tabla 6. Uso de suelo y vegetación en Altotonga, Veracruz año 2005.

Tipo de superficie	Superficie (Km2)
Superficie continental	328.7
Agricultura	120.5
Pastizal	76.6
Bosque	48.7
Selva	0
Matorral xerófilo	0
Otros tipos de vegetación	0
Vegetación secundaria	81.1

Áreas sin vegetación	0
Cuerpos de agua	0
Áreas urbanas	1.8

Nota. Fuente (CUADERNILLOS MUNICIPALES, 2019) con datos de INEGI sobre uso de suelo y vegetación.

8. Metodología

Para la valorización del servicio de provisión de agua presente en el ANP Río Pancho Poza se utilizó el método de valoración contingente, generalmente preferido a otros métodos debido a su gran flexibilidad (Lalika, Meire, Ngaga, & Sanga, 2017). La disposición a pagar (DAP) se obtuvo con la aplicación de una encuesta de elección dicotómica de doble límite (*double bound dichotomous choice*), propuesto por Hanemann et al., (1991) que introduce una segunda pregunta dicotómica con un pago, mayor o menor, al valor de la primera pregunta, esto depende de si la respuesta es "sí" o "no", respectivamente.

Para el caso del uso del modelo dicotómico, se ha seguido la metodología propuesta por López-Feldman (2013) y sus comandos *singleb* y *doubleb* desarrollados para la paquetería de Stata, que permiten estimar econométricamente la DAP. En un modelo dicotómico simple, se le pregunta al individuo i sobre la disponibilidad a realizar un pago t_i, el cual se encuentra dentro de los valores del vector de pagos y es asignado aleatoriamente para cada individuo, con únicamente dos posibles respuestas $y_i = 0$ si la respuesta es no y $y_i = 1$ si el individuo responde sí. La estimación de la DAP puede ser representada mediante una función lineal de la forma:

$$DAP_i(z_i, u_i) = z_i'\beta + u_i$$

Donde $\boldsymbol{z_i}$ es el vector de variables explicativas, $\boldsymbol{\beta}$ el vector de parámetros y $\boldsymbol{u_i}$ es un término de error. Se espera una respuesta afirmativa cuando $DAP_i > t_i$, entonces la probabilidad de observar una respuesta positiva tomando en cuenta las variables explicativas está dada por:

$$Pr(y_i = 1|z_i) = Pr(DAP_i > t_i$$

$$= Pr(z_i'\beta + u_i > t_i)$$
$$= Pr(u_i > t_i - z_i'\beta)$$

Asumimos que el término de error sigue una distribución aproximadamente normal: $u_i \sim N(0, \sigma^2)$ entonces:

$$Pr(y_i = 1|z_i) = \ Pr\left(v_i > \frac{t_i - z_i'\beta}{\sigma}\right)$$
$$= 1 - \Phi\left(\frac{t_i - z_i'\beta}{\sigma}\right)$$
$$Pr(y_i = 1|z_i) \ = \ \Phi\left(z_i'\frac{\beta}{\sigma} - t_i\frac{1}{\sigma}\right)$$

Donde $v_i \sim N(0,1)$ tiene una distribución unitaria y $\Phi(x)$ es la normal estándar acumulada, semejante a un modelo Probit tradicional, con de la diferencia además de la inclusión de variables explicativas, de la variable t_i, referente al monto en cuestión. A través de la aplicación del método de máxima verosimilitud a la última ecuación se puede resolver para obtener β y σ. Por otra parte, el software de Stata dispone del comando Probit para ejecutar el modelo directamente, así como la alternativa del comando *singleb* desarrollado por López-Feldman (2013).

En el caso del modelo Probit, la inclusión de t_i, permite prescindir del supuesto de una varianza unitaria, e incluyéndolo como variable explicativa, se obtienen las estimaciones de $\hat{\alpha} = \frac{\hat{\beta}}{\hat{\sigma}}$, el vector de coeficientes asociados con cada una de las variables explicativas, y $\hat{\delta} = -\frac{1}{\hat{\sigma}}$, el coeficiente de la variable que refleja el monto ofertado. Haciendo uso de $\hat{\alpha}$ y $\hat{\delta}$, se puede obtener una estimación consistente de β, expresada de la forma $\hat{\beta} = -\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\delta}}$, estableciendo el valor esperado de la DAP :

$$E\left(DAP|\tilde{z}, \hat{\beta}\right) = \tilde{z}'\left[-\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\delta}}\right]$$

Donde $\tilde{z}'$ es un vector con los valores específicos de las variables explicativas, ya sea el valor para cada individuo, el valor para cierto grupo de individuos o el valor promedio. Una cuestión a tener en consideración con este método es que si al

individuo i se le presenta un monto t_i, y responde negativamente, se puede inferir que $0 \leq DAP < t_i$, mientras que si contesta afirmativamente entonces $t_i \leq DAP < \infty$, lo que conlleva a necesitar muestras relativamente grandes para obtener estimaciones más confiables (López-Feldman, 2013), ante lo cual Hanemann (1991) el método de pregunta dicotómica con seguimiento o de doble límite, que introduce una segunda pregunta, con un monto más alto en caso de que la respuesta inicial fuera "sí" o un monto más bajo si el individuo respondió "no"

Siendo t_i^1 y t_i^2 las dos ofertas consecutivas, y y_i^1 y y_i^2 sus respuestas correspondientes, las posibles combinaciones a dos preguntas dicotómicas consecutivas se presentan en la tabla 7:

Tabla 7. Combinaciones de respuestas en el modelo dicotómico de doble límite.

Casos	Primera respuesta y_i^1	Segunda respuesta y_i^2	Relación entre ofertas	Intervalo para la DAP
1	1	0	$t_i^2 > t_i^1$	$t_i^1 \leq DAP < t_i^2$
2	1	1	$t_i^2 > t_i^1$	$t_i^2 \leq DAP < \infty$
3	0	1	$t_i^2 < t_i^1$	$t_i^2 \leq DAP < t_i^1$
4	0	0	$t_i^2 < t_i^1$	$0 \leq DAP < t_i^2$

Nota. Fuente: Roldán (2016). *Valoración económica de recursos hídricos para el suministro de agua potable. El caso del Parque Nacional Cajas. La cuenca del río Tomebamba.* Universidad de Alicante, Departamento de Análisis Económico Aplicado, Alicante.

En los casos 1 y 3 se tienen ahora intervalos bien definidos para la DAP a diferencia del método dicotómico simple, mientras que para los casos 2 y 4 son similares a los encontrados en él, aunque t_i^2 está más cerca de la valoración verdadera que t_i^1, y es en este sentido que el método dicotómico doble puede permitir obtener información más precisa sobre la disposición a pagar. Dado que y_i^1 y y_i^2 representan las respuestas a la primera y segunda pregunta, la probabilidad de que el individuo responda Sí a a la primera pregunta y No a la segunda, se puede expresar como $\Pr\left(y_i^1 = 1, y_i^2 = 0 | z_i\right) = \Pr(Sí, No)$, expresión similar para las 3 combinaciones restantes. Bajo los supuestos de que la función $DAP_i(z_i, u_i) = z_i'\beta + u_i$ y $u_i \sim N(0, \sigma^2)$, la probabilidad de que cada caso se presente está dada por:

Caso 1: $y_i^1 = 1, y_i^2 = 0$

$$\begin{aligned}
\Pr(Sí, No) &= \Pr(t^1 \leq DAP < t^2) \\
&= \Pr(t^1 \leq z_i'\beta + u_i < t^2) \\
&= Pr\left(\frac{t^1 - z_i'\beta}{\sigma} \leq \frac{u_i}{\sigma} < \frac{t^2 - z_i'\beta}{\sigma}\right) \\
&= \Phi\left(\frac{t^2 - z_i'\beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t^1 - z_i'\beta}{\sigma}\right)
\end{aligned}$$

La última igualdad se obtiene haciendo uso de $\Pr(a \leq X < b) = F(b) - F(a)$, por lo que usando la propiedad de simetría se tiene que:

$$\Pr(Sí, No) = \Phi\left(z_i'\frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma}\right) - \Phi\left(z_i'\frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right)$$

Caso 2: $y_i^1 = 1, y_i^2 = 1$

$$\begin{aligned}
\Pr(Sí, Sí) &= \Pr(DAP > t^1, DAP \geq t^2) \\
&= \Pr(z_i'\beta + u_i > t^1, z_i'\beta + u_i \geq t^2)
\end{aligned}$$

Aplicando la regla de Bayes, $\Pr(A, B) = \Pr(A|B) \times Pr(B)$ se tiene que:

$$\Pr(Sí, Sí) = \Pr(z_i'\beta + u_i > t^1 | z_i'\beta + u_i \geq t^2) \times \Pr(z_i'\beta + u_i \geq t^2)$$

Ya que $t^2 > t^1$ y por tanto $\Pr(z_i'\beta + u_i > t^1 | \Pr\left(z_i'\beta + u_i \geq t^2\right) = 1$ entonces:

$$\begin{aligned}
\Pr(Sí, Sí) &= \Pr(u_i \geq t^2 - z_i'\beta) \\
&= 1 - \Phi\left(\frac{t^2 - z_i'\beta}{\sigma}\right)
\end{aligned}$$

Por simetría:

$$\Pr(Sí, Sí) = \Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right)$$

Caso 3: $y_i^1 = 0, y_i^2 = 1$

$$\begin{aligned}
\Pr(No, Sí) &= \Pr(t^2 \leq DAP < t^1) \\
&= \Pr(t^2 \leq z_i^{'}\beta + u_i < t^1) \\
&= Pr\left(\frac{t^2 - z_i^{'}\beta}{\sigma} \leq \frac{u_i}{\sigma} < \frac{t^1 - z_i^{'}\beta}{\sigma}\right) \\
&= \Phi\left(\frac{t^1 - z_i^{'}\beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t^2 - z_i^{'}\beta}{\sigma}\right)
\end{aligned}$$

$$\Pr(No, Sí) = \Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right) - \Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma}\right)$$

Caso 4: $y_i^1 = 0, y_i^2 = 0$

$$\begin{aligned}
\Pr(No, No) &= \Pr(DAP < t^1, DAP < t^2) \\
&= \Pr(z_i^{'}\beta + u_i < t^1, z_i^{'}\beta + u_i < t^2) \\
&= \Pr(z_i^{'}\beta + u_i < t^2) \\
&= \Phi\left(\frac{t^2 - z_i^{'}\beta}{\sigma}\right)
\end{aligned}$$

$$\Pr(No, No) = 1 - \Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right)$$

El incluir preguntas de seguimiento incrementa la complejidad del análisis econométrico, por lo que ya no se pude recurrir a un modelo Probit tradicional para su solución, ante lo cual López-Feldman (2013) propone generar una función de

verosimilitud, para obtener directamente las estimaciones de β y σ a través del método de máxima verosimilitud. La función a maximizar tiene la forma:

$$\sum_{i=1}^{N}\left[d_i^{sn} ln\left(\Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma}-\frac{t^1}{\sigma}\right)-\Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma}-\frac{t^2}{\sigma}\right)\right)+d_i^{ss} ln\left(\Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma}-\frac{t^2}{\sigma}\right)\right)\right.$$
$$\left.+d_i^{ns} ln\left(\Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma}-\frac{t^2}{\sigma}\right)-\Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma}-\frac{t^1}{\sigma}\right)\right)+d_i^{nn}\left(1-\Phi\left(z_i^{'}\frac{\beta}{\sigma}-\frac{t^2}{\sigma}\right)\right)\right]$$

Donde d_i^{sn}, d_i^{ss},d_i^{ns}, d_i^{nn} son variables indicador que toman el valor de uno o cero de acuerdo con el caso que le corresponda a cada individuo. Una vez que se tiene β y σ, se puede estimar la DAP mediante la función:

$$E\left(DAP|\tilde{z},\hat{\beta}\right)=\tilde{z}'\left[-\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\delta}}\right]$$

Una vez que se dispuesto lo anterior, se procedió a calcular el número de encuestas a aplicar, mediante una muestra estratificada con asignación proporcional. Primero, se utilizó la fórmula de tamaño de muestra finito (Badii, Castillo, & Guillen, 2017):

$$n=\frac{Z_\alpha^2 * N * p * q}{\varepsilon^2(N-1)+Z_\alpha^2 * p * q}$$

$$n=\frac{1.96_{.05}^2 * 5{,}952 * .5 * .5}{.8^2(5{,}952-1)+1.96_{.05}^2 * .5 * .5}$$

$$\boldsymbol{n=147}$$

Donde:

n: Tamaño muestral

N: Tamaño de la población

α: Nivel de confianza

Z_α: Valor correspondiente a la distribución Normal N (0, 1)

p: Probabilidad de éxito, en caso de desconocerse (p=0.5), que hace mayor el tamaño muestral.

q: Probabilidad de fracaso (1 – p)

ε: Error que se prevé cometer

Dado el tamaño de la población de la muestra, N= 5,952 (conexiones de agua potable), el error se estimó en 8% para un intervalo de confianza de 95% (z= 1, 96), y una probabilidad de aceptación de la oferta p= 50,00 %; el tamaño requerido de la muestra fue de 147 encuestas a realizar. Los parámetros tienen en cuenta el grado de error que se puede presentar en las encuestas en los mercados simulados, pero sin perder fiabilidad o significancia.

Una vez que se obtuvo la muestra, se estimó la proporción de tamaño de la muestra para cada uno de los municipios:

$$n_{h=}\ n\frac{N_h}{N}$$

Para la localidad de Altotonga:

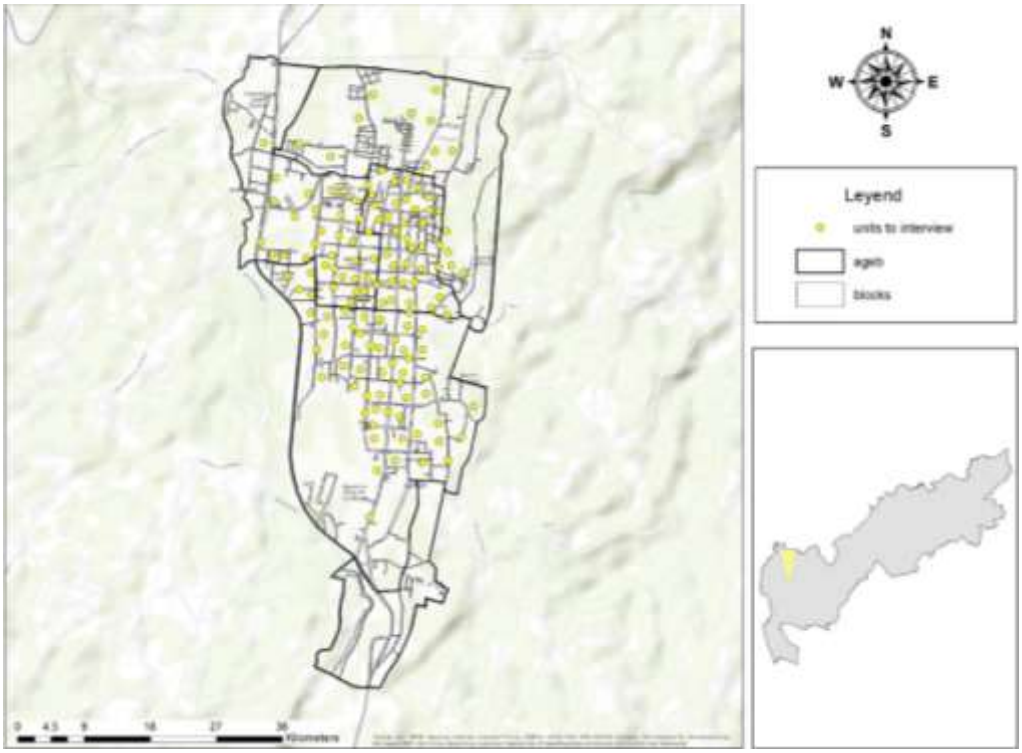
$$130 = 147\frac{5{,}257}{5{,}952}$$

Mientras que para la localidad de Atzalan:

$$17 = 147\frac{695}{5{,}952}$$

Para el municipio de Altotonga, la ecuación establece que 130 entrevistas son necesarias; la cantidad se ajustó a 132 para que coincida con el vector de precios inicial (3, 5, 7, 10) que tiene por lo tanto 33 entrevistas para cada cantidad. En el caso del municipio Atzalan, la proporción de entrevistas requerida era 17,

aumentando el número a 28 para una adecuada relación entre las cantidades iniciales y el número de entrevistas a realizar. El número total de entrevistas realizadas fue de 160 entre ambos municipios. Para la selección de las unidades de la muestra, 160 puntos fueron distribuidos al azar dentro de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) como se indica en la figura número tres.



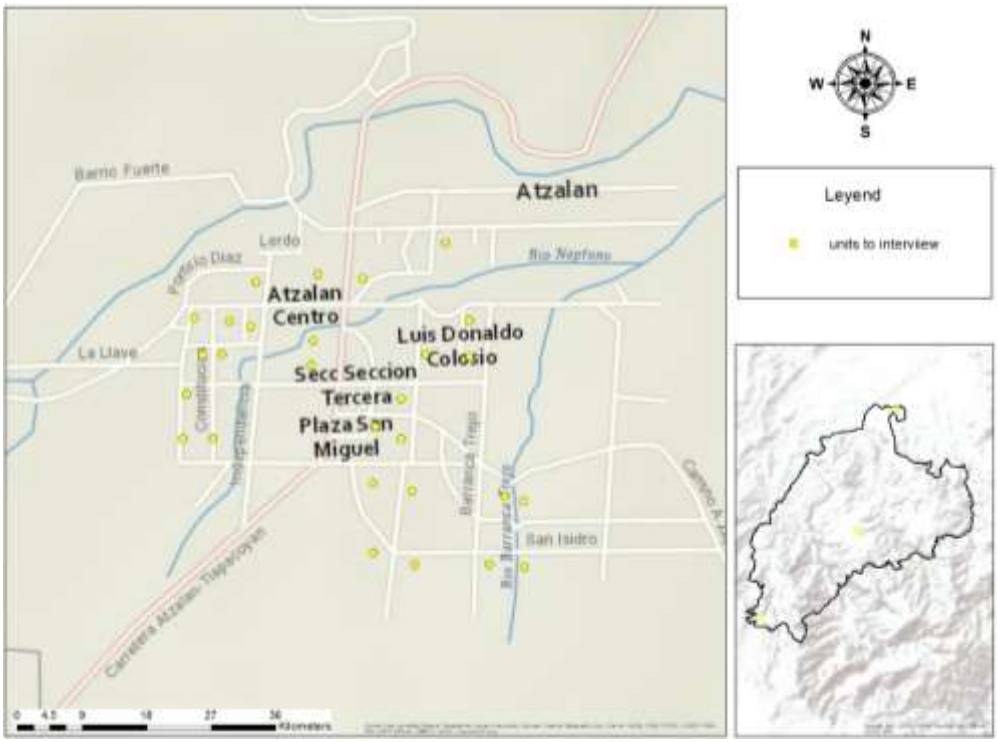


Figura 3. Distribución de las unidades a muestrear dentro de las AGEB urbanas de los municipios de Altotonga y Atzalan
Fuente: Elaboración Aylin Barreda Alarcón utilizando el software ArcGIS.

8.1 Variables de estudio

Una vez obtenida la muestra significativa para el presente análisis, se delimitarán las variables de estudio en este proyecto de investigación, quedando de la siguiente forma:

Variable Dependiente

Y_1 Disponibilidad a pagar: Variable binaria que toma el valor de 1 cuando el encuestado esté de acuerdo con realizar un pago por el servicio ambiental y tomará el valor de 0 en caso contrario.

Variables Independientes

X_1 Ingreso Familiar: Variable que representa el ingreso mensual del entrevistado.

X_2 Consumo promedio anual de agua potable: Permite ubicar el nivel de consumo por hogar encuestado.

X_3 Disponibilidad del servicio: Indica si existe flujo constante de agua potable o si existen periodos de suspensión del servicio.

X_4 Variables de percepción sobre los Servicios Ambientales: Variable que permitirá determinar cuál es la opinión de los encuestados respecto a la importancia y calidad de los recursos hídricos y forestales existentes en la reserva ecológica.

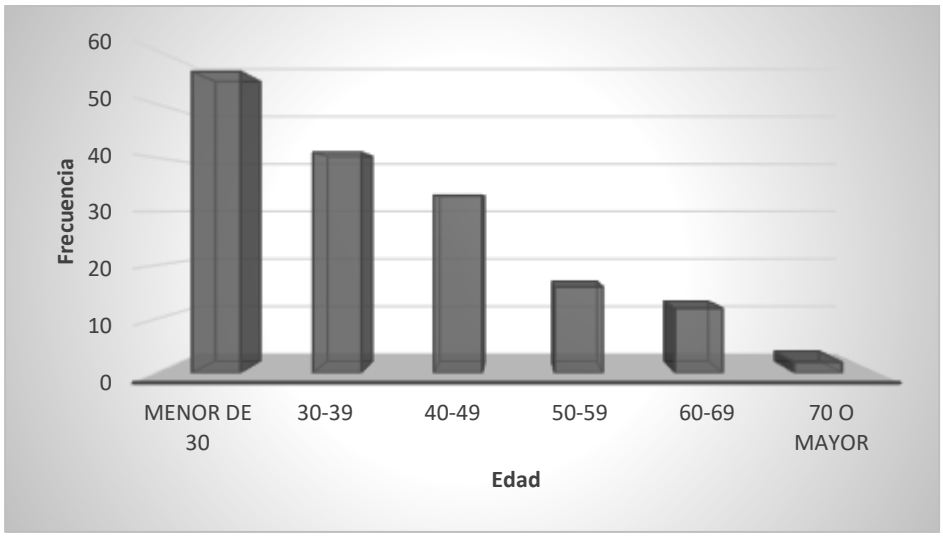
X_5 Características socioeconómicas del hogar: Conjunto de variables que enmarcan otras características relevantes de los consumidores (edad, sexo, escolaridad, etc.) que complementaran el análisis.

Como vehículo de pago se propone la utilización de los recibos de cobro mensual emitidos por CAEV Altotonga, siendo este el medio de incluir el pago por servicios ambientales (PSA) por simplificación de operación.

9. Resultados

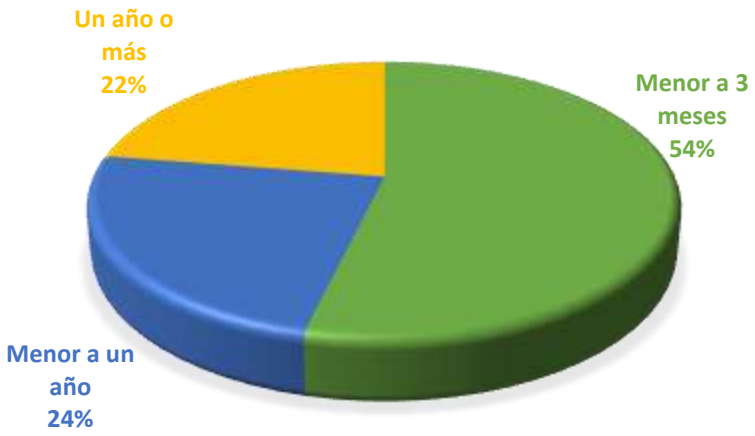
Análisis estadístico descriptivo

La aplicación de las encuestas se realizó en dos etapas, la primera durante el mes de octubre de 2018 y la segunda en el mes de marzo de 2019. De los 160 participantes en las encuestas, el 55% fueron mujeres y el 45% restante hombres, los cuales declararon ser los jefes del hogar, conyugues o sus hijos en la mayoría de los casos. Las encuestas fueron aplicadas a personas mayores de 18 años, con una distribución de edades ilustrada por la gráfica 1, de donde se tiene que el 81% de los encuestados son menores de 50 años. En cuanto al nivel educativo, el 63% estuvo conformado por personas que cursaron bachillerato y universidad como grado máximo de estudios.



Gráfica 1. Distribución de la edad en la muestra de estudio
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas.

La primera sección a analizar hace referencia al conocimiento sobre la ANP Río Pacho Poza, en donde los resultados muestran que un 100% de los entrevistados son conscientes de su presencia, y el 80% cree que es muy benéfica para las poblaciones Altotonga y Atzalan. La gráfica 2 muestra que el 78% de ellos informó haber visitado la ANP en un lapso menor a un año. Los altos porcentajes obtenidos para estas preguntas se pueden atribuir a la proximidad del sitio de estudio a los centros de población y su fácil acceso, incrementando su interacción.



Gráfica 2. Última visita al ANP Río Pancho Poza
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas.

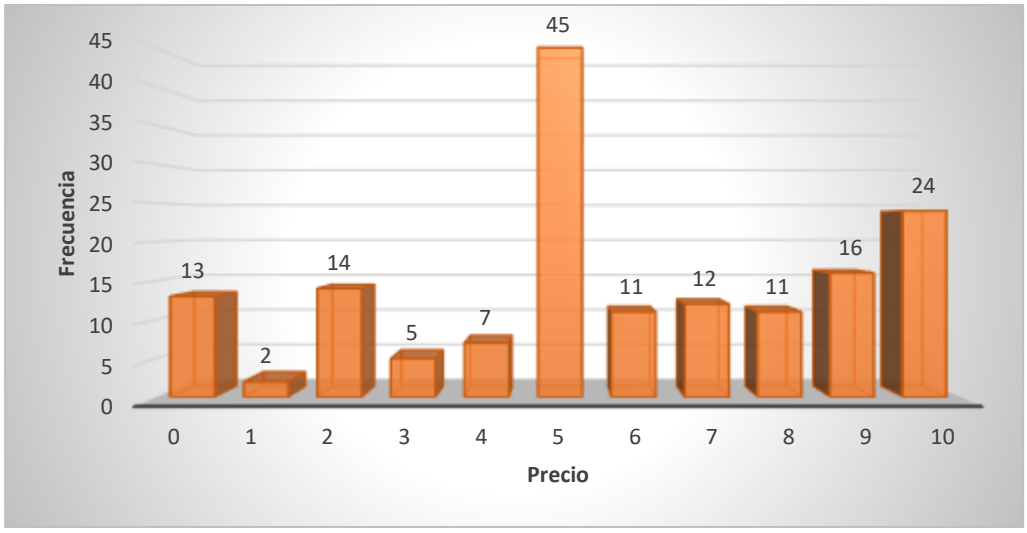
Posteriormente, un 97% de los entrevistados afirmó que es importante invertir recursos para proteger a la ANP siempre y cuando estos fueran realmente aplicados y manejados de forma transparente. Los motivos mencionados para alentar su preservación fueron el respeto a la naturaleza así como por la utilidad que para las personas representa, tanto en la provisión de servicios ambientales como en la posibilidad de hacer actividades de recreación y de educación ambiental. Cuando se preguntó acerca de cuál o cuáles agentes deberían hacerse cargo del cuidado de dicho lugar, la mayoría de las personas indicaron que era un deber de la ciudadanía en primer lugar, seguido del gobierno municipal y el estatal. Las organizaciones ambientales y los vecinos residentes dentro de ANP también fueron señalados como posibles participes de su preservación, aunque en una cuantía relativamente baja.

Un tema importante es el que se refiere al conocimiento de los problemas que han sido recientemente presentados en el ANP; 66% de los entrevistados respondieron conocer acerca de algunos de ellos, entre las respuestas más frecuentes son:

- Apertura de caminos dentro de la reserva.

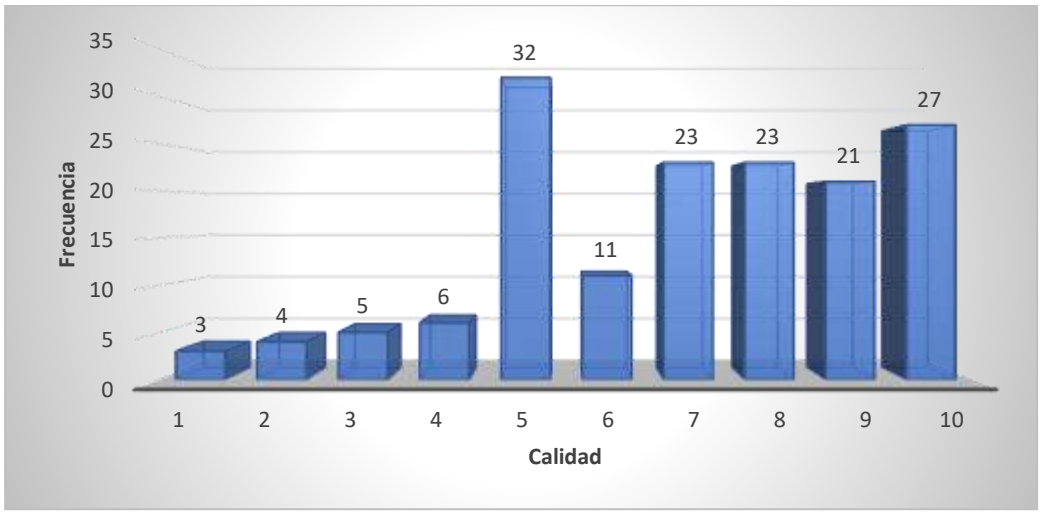
- Sobreexplotación de los recursos hídricos.
- Contaminación del agua.
- Presencia de basura en caminos y parte del bosque.
- Cambio en el uso de suelo por parte de algunos de los residentes.
- Disminución del caudal del río.
- Baja inversión de recursos económicos para su cuidado.
- Tomas irregulares de agua para comunidades aledañas.

La segunda sección se refiere a la percepción del servicio de agua proporcionado por CAEV Altotonga. En primera instancia se les preguntó a las personas conformantes de la muestra sobre la percepción que tenían acerca del precio del agua potable que llega a sus domicilios, utilizando una escala de 0 a 10, siendo 0 “muy barata” y 10 “muy cara”, con los respectivos valores intermedios, presentándose los resultados en la gráfica 3. El valor marcado con el número 5 tuvo la mayor frecuencia, correspondiendo a un valor central, así como presentando un comportamiento creciente hacia los valores más altos para la mayor parte de los valores restantes, lo que implica que la percepción que se tiene sobre el precio del agua es de moderado a alto.



Gráfica 3. Percepción sobre el precio del agua potable
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas.

Posteriormente se les cuestionó acerca de la percepción que tenían sobre la calidad del agua potable suministrada por CAEV Altotonga, utilizando la misma escala usada en la percepción del precio. Aunque el valor con mayor mención fue el número 5, el 44% de los valores señalados correspondieron a los 3 valores más altos de la escala, que hacen referencia a una percepción “muy buena”. El gráfico 4 sintetiza los resultados, donde los valores ubicados detrás del punto intermedio de la escala, equivalentes a una categorización de “mala” y “muy mala” constataron únicamente el 11% del total analizado.



Gráfica 4. Percepción sobre la calidad del agua potable
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas.

Respecto a los costos de facturación por el servicio, el 78% ubicó el monto mensual en un rango menor a $150, siendo el intervalo de $51 a $100 el de mayor frecuencia, como puede observarse en la gráfica 5. Un aspecto a destacar es el cobro del 1% en la cantidad total del recibo de agua para el rubro de “Pago por Servicios Ambientales”, canalizado posteriormente al Fondo Ambiental Veracruzano. Al ser cuestionados sobre si conocían a que hacía referencia ese concepto, el 82% respondió negativamente, aunque algunos entrevistados mencionaron que si lo habían notado como parte de los cobros en su recibo.

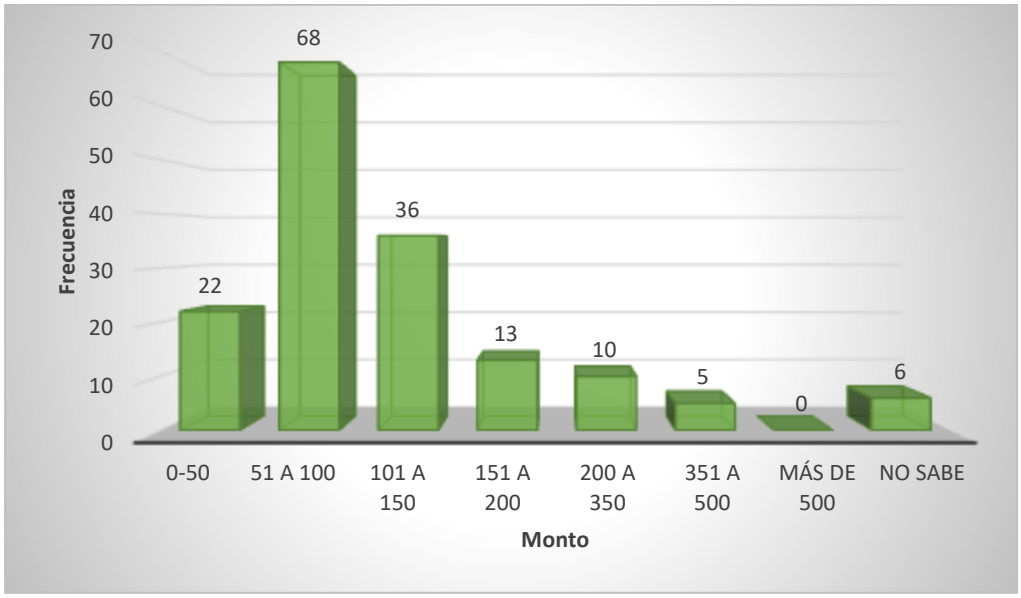
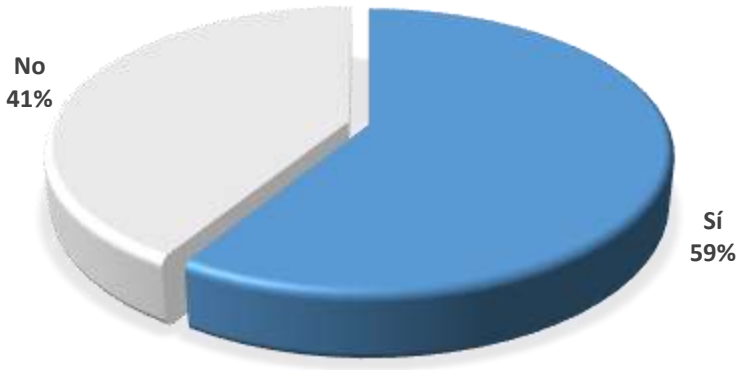


Gráfico 5. Monto mensual promedio del recibo de agua potable
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas.

Un elemento de interés para la presente investigación era conocer si existían interrupciones en el suministro del servicio de agua potable, también conocido comúnmente como tandeo, encontrándose que un 59% de los encuestados respondió afirmativamente, como lo ilustra la gráfica 6, presentándose esta situación con mayor frecuencia en las viviendas más alejadas del centro de la localidad de Altotonga.



Gráfica 6. Presencia de desabasto en el suministro de agua potable
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas

En cuanto a las actividades en las que se destinaba el consumo de agua, el lavado de ropa, aseo del hogar y la preparación de alimentos y bebidas fueron las que los encuestados mencionaron destinar mayor cantidad de agua, en contraste con la que se utilizaría para el lavado de autos, la jardinería o como insumo para actividades de producción, coincidiendo con el perfil de las localidades de Altotonga y Atzalan, donde la el consumo de agua para uso residencial es predominante y el de tipo industrial es poco significativo.

Análisis econométrico

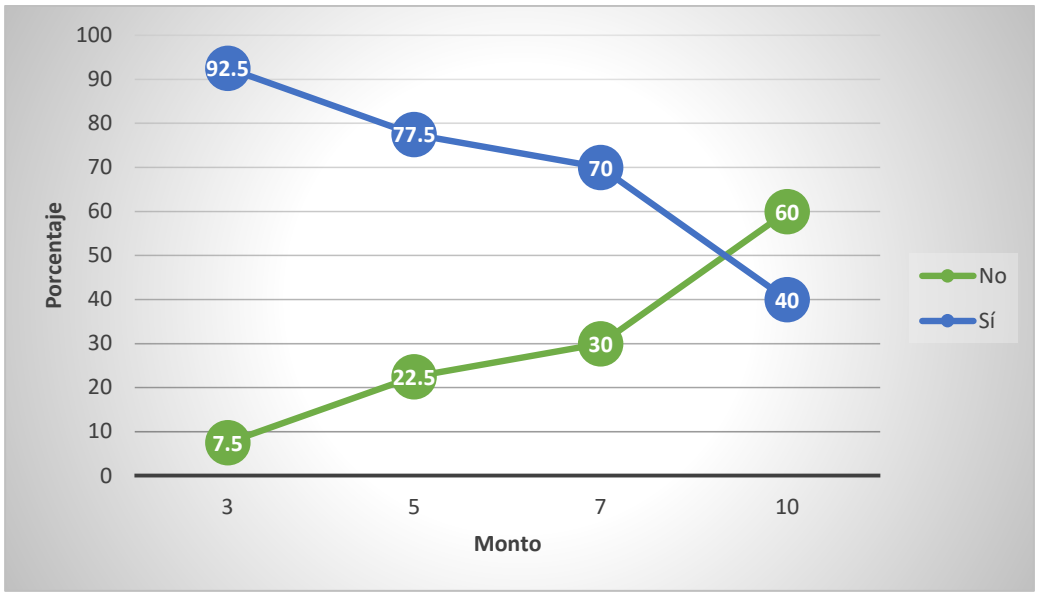
Una vez realizado el análisis de la muestra a través de la estadística descriptiva, se procedió al cálculo de la DAP destinada a coadyuvar a la preservación del servicio de provisión de agua que proporciona el ANP Río Pancho Poza. En primera instancia, se determinó un vector de precios para evitar la presencia del sesgo de partida (Green et al., 1998), ajustado a los resultados de las encuestas piloto el cual se conformó por cuatro grupos homogéneos distribuidos aleatoriamente en el proceso de levantamiento de encuesta. Los montos y sus frecuencias relativa y acumulada se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Distribución del vector inicial de precios

Monto inicial	Frecuencia	Porcentaje	Fr. Acumulada
3	40	25	25
5	40	25	50
7	40	25	75
10	40	25	100
Total	160	100%	

Nota. Fuente: Elaboración propia usando el software Stata versión 14.

El comportamiento de las respuestas positivas y negativas para este vector de precios puede observarse en la gráfica 7, con un descenso en el porcentaje de respuestas afirmativas conforme los montos iban aumentando, situación que es de esperarse dentro del método de valoración contingente (Mitchell & Carson, 1989). La fijación del vector de precios, con cantidades relativamente bajas, correspondió con los resultados arrojados en las encuestas piloto, y el mantener una relación coherente respecto de los recibos de agua potable, importante indicador del valor económico que se le otorga al agua en la zona de estudio, y que como se mostró anteriormente, en su gran mayoría recaen en un intervalo de $50 a $100 al mes, sin dejar de lado otro punto de comparación, el PSA del 1% sobre la facturación total existente, elementos que en conjunto influyeron en la fijación de los montos propuestos.



Gráfica 7. Porcentajes de respuestas positivas y negativas para el vector inicial de precios
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas

Posteriormente, se procedió a seleccionar el modelo econométrico que calcule la DAP con mayor fiabilidad. Dado que en el proceso de levantamiento de datos se les presentó dos montos a los participantes para su aceptación o rechazo, se puede excluir la segunda cantidad monetaria y ejecutar un modelo utilizando únicamente el valor del monto 1, por ser exógeno al segundo, procedimiento que no puede hacerse de forma inversa ya que el segundo monto depende directamente del primero. Para ello, se seleccionó un modelo tipo Probit, el cual asume que la variable dependiente (y_i), toma valores discretos de cero y uno (variable binaria) que representan dos alternativas a elegir. Los modelos Probit son no lineales en los parámetros; por lo cual los estimadores se obtienen mediante el método de máxima verosimilitud (Wooldridge, 2006).

Se diseñó un modelo Probit donde la variable dependiente binaria *Respuesta 1* toma los valores de 0 cuando la respuesta fue “No” y 1 cuando se respondió “Sí”, incluyendo las variables explicativas a través de un proceso iterativo de selección, similar al método conocido como paso a paso (Stepwise Regression), las cuales se muestran en la tabla 9. La variable *Monto 1*, es decir la cantidad presentada al

encuestado, fue significativa al 5% y al tener signo negativo, indica que conforme aumentan los montos, la probabilidad de tener una respuesta positiva para la variable dependiente disminuye. La variable escolaridad de igual forma es significativa al 5% y al poseer signo positivo, implica que a mayor nivel educativo hay mayor posibilidad de responder afirmativamente. Tres variables más dentro del modelo resultaron significativas al nivel señalado: *Precio_agua, Calidad_agua y Con_problema,* todas con signo positivo, indicando para las dos primeras, un aumento en la probabilidad de responder afirmativamente conforme aumentaba el nivel de percepción en la escala señalada entre 0 y 10, en tanto que para la última variable el conocer las problemáticas presentes en el área de estudio aumenta las probabilidades de aceptar cooperar económicamente.

Tabla 9. Modelo Probit con variables explicativas

Respuesta 1	Coeficiente	Error estándar	Z	P>|z|	Intervalo de confianza al 95%	
Monto 1	-0.2966572	0.0582947	-5.09	0.00**	-0.4109128	-0.1824017
Edad	-0.127172	0.1014334	-1.25	0.21	-0.325978	0.0716339
Escolaridad	0.2773027	0.1146195	2.42	0.016**	0.0526525	0.5019528
Sexo	-0.0380095	0.2431056	-0.16	0.876	-0.5144876	0.4384687
Precio_agua	0.0999879	0.0479975	2.08	0.037**	0.0059145	0.1940614
Calidad_agua	0.1281102	0.0556371	2.3	0.021**	0.0190635	0.2371568
Con_problema	0.5764989	0.2527135	2.28	0.023**	0.0811897	1.071808
_cons	-0.0062981	0.8542081	-0.01	0.994	-1.680515	1.667919

Nota. Fuente: Elaboración propia usando el software Stata versión 14.

Para la validación en el diseño de los modelos estimados por el método de máxima verosimilitud, se recurrió a al cálculo del *test de Wald* y de la *Razón de Verosimilitud.* El test de Wald parte de la hipótesis nula que los parámetros de interés son simultáneamente iguales a cero. Si lo son, esto sugiere fuertemente que eliminarlos del modelo no reducirá sustancialmente el ajuste de ese modelo, ya que un predictor cuyo coeficiente es muy pequeño en relación con su error estándar generalmente no está haciendo mucho para ayudar a predecir la variable dependiente (Bruin, 2006).

Para el caso del modelo Probit, se constató H_0 para las variables explicativas en su conjunto, con los resultados ilustrados en la tabla 10. Se tiene un valor de *Chi-cuadrada* de 35.95, con 7 grados de libertad, uno por cada variable evaluada. El *p- value* asociado fue de 0.0000, por lo que se puede rechazar la hipótesis nula y por consiguiente incluir estas variables crea una mejora estadísticamente significativa en el ajuste del modelo.

Tabla 10. Test de Wald para el modelo Probit con variables explicativas	
(1)	[respuesta 1] Monto 1 = 0
(2)	[respuesta 1] Edad = 0
(3)	[respuesta 1] Escolaridad = 0
(4)	[respuesta 1] Sexo = 0
(5)	[respuesta 1] Precio_agua = 0
(6)	[respuesta 1] Calidad_agua = 0
(7)	[respuesta 1] Con_problema = 0
	chi2(7) = **35.95**
	Prob > chi2 = **0.0000**
Nota. Fuente: Elaboración propia usando el software Stata versión 14.	

Una prueba alternativa al test de Wald es calcular la Razón de Verosimilitud (RV), la cual implica estimar dos modelos y compararlos para observar si hay una diferencia significativa (Gould, Pitblado, & Sribney, 2006), en caso de que esta exista, se dice que el modelo menos restrictivo (el que tiene más variables) se ajusta a los datos significativamente mejor que el modelo más restrictivo. El estadístico de prueba RV se calcula de la siguiente manera:

$$RV = -2\ln(L(m_1)/L(m_2)) = 2(\text{loglik}(m_2) - \text{loglik}(m_1))$$

Donde m_1 es el modelo más restrictivo, y m_2 es el modelo menos restrictivo. Se tiene una distribución chi-cuadrada con grados de libertad iguales a la diferencia en el número de grados de libertad entre los dos modelos (es decir, el número de variables agregadas al modelo) (Bruin, 2006).

Siguiendo la formula antes descrita y haciendo uso del software Stata 14, se realizó el test de RV comparando el modelo sin variables explicativas respecto al modelo completo, pudiéndose tomar al modelo uno como sub-modelo del segundo. Se obtuvo un valor de *chi- cuadrada* para el test de 48.74, con 7 grados de libertad y un *p-value* de 0.0000, por lo que agregar las variables predictoras juntas (no sólo individualmente) dan como resultado una mejora estadísticamente significativa en el ajuste del modelo.

Una vez probada la fiabilidad de las variables conformantes del modelo y observado su comportamiento, se procedió al cálculo de la disponibilidad a pagar. De acuerdo con Haab & McConell (2002) es recomendable seguir los siguientes criterios para una medida válida de la DAP:

1. La disposición a pagar tiene un límite inferior no negativo y un límite superior no mayor que el ingreso.

2. La estimación y el cálculo se realizan sin truncamiento arbitrario.

3. Hay coherencia entre la aleatoriedad para la estimación y la aleatoriedad para el cálculo.

Se parte del supuesto de normalidad de los errores, por lo que el valor esperado de la DAP está dado por:

$$E(DAP_i|z_i, \beta) = z'_i\beta$$

El modelo Probit calcula una estimación consistente de β utilizando $\hat{\alpha}$ y $\hat{\delta}$, generados previamente, por lo que de forma genérica se tiene:

$$E(DAP|\tilde{z}\ , \beta) = \tilde{z}, \hat{\beta}) = \tilde{z}'\left[-\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\delta}}\right]$$

Donde el vector $\tilde{z}'$ representa los valores específicos para las variables explicativas, en este caso para el promedio general de la muestra (López-Feldman, 2013). La DAP estimada fue de $8.68, como se ilustra en la tabla 11, ello para el caso de

tomar únicamente el primer monto, como si se tratase de un modelo dicotómico simple.

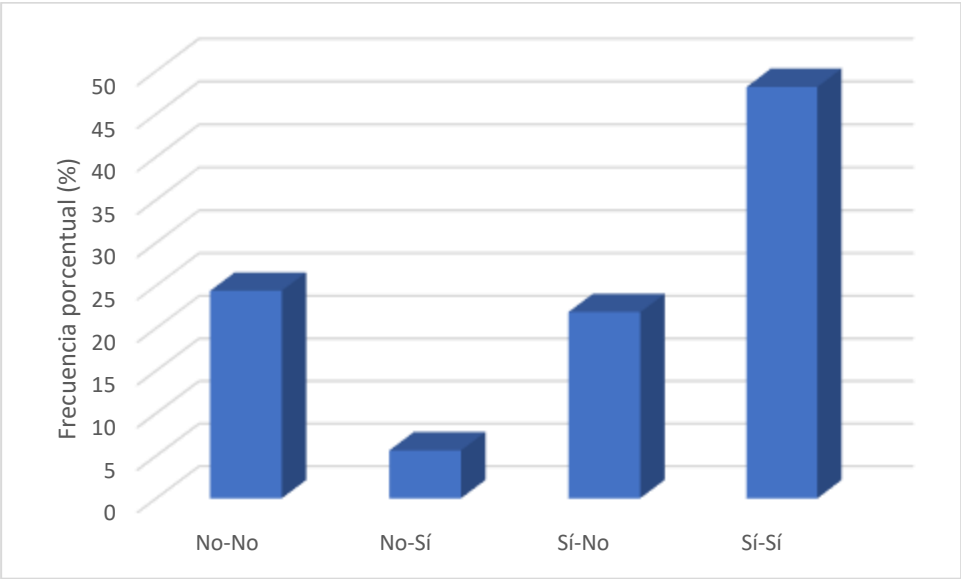
Tabla 11. Estimación de la DAP para el modelo Probit con variables explicativas

Respuesta 1	Coeficiente	Error estándar	Z	P>|z|	Intervalo de confianza al 95%	
DAP	**8.684457**	.517057	16.80	0.000	7.671044	9.697871

Nota. Fuente: Elaboración propia usando el software Stata versión 14.

El segundo modelo empleado es el dicotómico de doble límite, el cual hace uso de un segundo monto mayor o menor al inicial, en función de la respuesta otorgada en primera instancia. Dada su particular estructura el profesor Feldman (2013) desarrolló el comando *doubleb* disponible en la paquetería de Stata, el cual permite obtener directamente los estimadores de β y σ por medio del método de máxima verosimilitud.

La distribución para las combinaciones en las respuestas a los montos uno y dos se presentan en la gráfica “”, observándose una predominancia para el binomio “Sí-Sí”, seguido de la combinaciones “No-No” y “Sí-No”, dejando un porcentaje de sólo 5% para “No-Sí”.



Gráfica 8. Porcentajes de respuestas positivas y negativas para el vector inicial de precios
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en encuestas realizadas

El conjunto de variables explicativas correspondió al usado en el modelo Probit. Los resultados de la modelación econométrica se presentan en la tabla 12. La variable escolaridad es la que cuenta con mayor significancia al tener un *p-value* de 0.000, y al contar con signo positivo, indica que a mayor nivel educativo la probabilidad de aportar económicamente aumenta. Por su parte, la variable edad es significativa al 5% y posee signo negativo, por lo que a mayor edad del encuestado, menor la posibilidad de tener una respuesta positiva. La última variable significativa fue la percepción en la calidad del agua, cuyo coeficiente positivo implica que una mayor calidad percibida, incrementa la probabilidad de aportar. El resto de las variables no mostraron significancia individual dentro del modelo.

Tabla 12. Modelo dicotómico doble con variables explicativas

	Coeficiente	Error estándar	z	P> z	Intervalo de confianza al 95%	
Beta						
Sexo	.5998037	.6376032	0.94	0,347	-.6498757	1.849483
Edad	-.5729733	.2588716	-2.21	0,027 **	-1.080352	-.0655943
Escolaridad	1.033405	.2914022	3.55	0.000 **	.4622669	1.604543
Precio_agua	.1853561	.1229229	1.51	0,132	-.0555683	.4262804
Calidad_agua	.3063204	.1373887	2.23	0,026 **	.0370435	.5755972
Con_problema	1.089055	0.684079	1.59	0,111	-.251715	2.429825
_Constante	.7408853	2.061564	0.36	0,719	-3.299705	4.781476
Sigma _constante	3.200522	.3348679	9.56	0.000	2.544193	3.856851
** Indica significancia al nivel del 5%.						

Nota. Fuente: Elaboración propia utilizando Stata versión 14.

Al igual que en el modelo Probit, para el modelo dicotómico de doble limite se procedió al cálculo del test de Wald que se presenta en la tabla 13, donde se verificaron las seis variables en su conjunto para probar o rechazar H_0, obteniendo

un valor de chi-cuadrada de 34.28 con seis grados de libertad y un p-value de 0.000, que por consiguiente permite rechazar la hipótesis nula y el incluir estas variables en el modelo ayuda de forma significativa a tener un mejor ajuste del modelo.

Tabla 13. Test de Wald para el modelo dicotómico doble
(1) [Beta] Edad = 0
(2) [Beta] Escolaridad = 0
(3) [Beta] Sexo = 0
(4) [Beta] Precio_agua = 0
(5) [Beta] Calidad_agua = 0
(6) [Beta] Con_problema = 0
chi2(6) = **34.28** *Prob > chi2 =* **0.0000**
Nota. Fuente: Elaboración propia usando el software Stata versión 14.

Respecto a la prueba de Razón de Verosimilitud, se aplica nuevamente la fórmula:

$$\mathrm{RV}=-2\ln(\mathrm{L}(\mathrm{m}_1)/\mathrm{L}(\mathrm{m}_2))=2(\mathrm{loglik}(\mathrm{m}_2)-\mathrm{loglik}(\mathrm{m}_1)$$

Siendo m_2 en este caso el modelo que incluye todas las variables explicativas, en tanto que m_1 sólo está conformado por las cantidades ofrecidas y sus respuestas, es decir, Monto 1, Respuesta 1, Monto 2, Respuesta 2. El valor de *Chi-cuadrada* calculado para el test fue de 34.40, con seis grados de libertad y un *p-value* de 0.000, que por tanto implica una mejoría en el ajuste del modelo si se incluyen en su conjunto las seis variables seleccionadas a la par de los montos y sus respectivas respuestas.

Para el cálculo de la DAP en este modelo, dado que con el comando *doubleb* se estimó directamente $\hat{\beta}$, la fórmula empleada es:

$$E(DAP_i|z_i,\beta) = z'_i\beta$$

Los resultados generados arrojaron una DAP de $7.60 para este modelo, con un intervalo de confianza del 95%. La tabla siguiente detalla el cálculo.

Tabla 14. DAP para modelo dicotómico doble con variables explicativas

	Coeficiente	Error estándar	z	P> z	Intervalo de confianza al 95%	
DAP	**7.603252**	.3250085	23.39	0.000	6.966247	8.240257

Nota. Fuente: Elaboración propia utilizando Stata versión 14

Una vez calculados ambos modelos y sus respectivas estimaciones de la disposición a pagar, la selección del modelo adecuado dependerá de la precisión en sus estimaciones, y dado que a diferencia de los modelos que hacen uso del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) que recurren a comparativos en la bondad de ajuste por medio del R^2, en el caso de aplicar el método de Máxima Verosimilitud no existe una medida similar, y las propuestas como el R^2 de MacFadden generan incertidumbre entre los investigadores (Shtatland, Kleinman, & Cain, 2002; Smith & McKenna, 2013), en su lugar se optó por seguir el criterio de Hanemann et al., (1991) donde intervalos de confianza más pequeños traen por consiguiente estimaciones más precisas.

Para el modelo Probit la DAP estimada fue de $8.68 con un error estándar de .517057 y un intervalo de confianza que va de los $7.67 a los $9.66, en tanto que para el modelo dicotómico de doble límite la DAP calculada fue de $7.60, presentando un error estándar de .325008 y su respectivo intervalo de confianza de $6.96 a $8.24, con un nivel de confianza de 95% para ambos modelos. Siguiendo el criterio elegido, el modelo con una mayor precisión en la estimación de la DAP es el dicotómico de doble límite, por lo cual los cálculos subsiguientes en la investigación tendrán en cuenta sus resultados.

La DAP del modelo con mayor precisión es ligeramente menor que la obtenida con en un modelo Probit, situación usual al recurrir a modelos con preguntas de seguimiento (Alberini, Kanninen, & Carson, 1997; Haab & McConnell, 2002). Utilizando la DAP del modelo de doble límite ($7.60) y tomando en cuenta la población que recibe el servicio de agua potable por parte de CAEV Altotonga, se tienen 5,952 contribuyentes potenciales, lo que anualmente aportaría $45,235.2

para el cuidado del servicio de provisión de agua existente en el ANP Río Pancho Poza; utilizando la factura mensual del organismo operador como vehículo de pago.

11 Conclusiones

De acuerdo a Fernández Moreno (2008) las áreas naturales en ambientes urbanos son importantes para la investigación social, ya que en ellas se dan distintas problemáticas de la relación entre seres humanos y recursos naturales, en este sentido la presente investigación realizó un análisis acerca del valor económico otorgado a los servicios ambientales hídricos, con énfasis en el servicio de provisión, que la ANP Río Pancho Poza posee y de los cuales se benefician los centros de población aledaños. Para ello se condujo la aplicación de encuestas a una muestra de 160 individuos, la cual es representativa de la población usuaria del servicio de agua potable administrado por CAEV sede Altotonga, dividida en 132 encuestados para la localidad de Altotonga y 28 para la localidad de Atzalan, en proporción directa al número de usuarios.

En primer lugar se encontró que los encuestados poseen un alto conocimiento sobre la ANP y sus problemáticas, que en los últimos años ha llevado incluso a movilizaciones para exigir un alto a las afectaciones causadas por particulares y la autoridad municipal en algunos casos. La cercanía respecto al centro poblacional es fundamental para el grado de interacciones que presenta, ya sean estas positivas o negativas, y a pesar de la existencia de un Plan de Manejo que dicta las directrices en la forma de actuar en cada caso, la falta de actualización de este documento y la escasa voluntad a que sus lineamientos se respeten por parte de las autoridades competentes, en este caso del orden estatal-municipal(Subsecretaría de Medio Ambiente, 2001), propician que las afectaciones mencionadas por los encuestados, y otras más, persistan con el tiempo y la solución en caso de llevarse a cabo sea de manera lenta, sin embargo con la presencia de la sociedad civil algunas problemáticas han sido atendidas con mayor celeridad.

En cuanto a la percepción de los usuarios de CAEV Altotonga sobre la provisión de agua que el ANP Río Pancho Poza ofrece, es claro que es una de las características

más valoradas, a la par del valor que se le otorga por ser un sitio de recreación y turismo, por lo cual la disminución en el caudal del río y las afectaciones a la calidad del agua han generado gran preocupación entre la población circundante, acrecentado aún más por la presencia en los últimos años de “tandeos” en el servicio de agua potable, lo que ha causado molestia en los usuarios y provocado desacuerdos con la oficina operadora de CAEV en Altotonga. Ello a pesar de considerar que el cobro del servicio es razonable y que la calidad del líquido es percibida como buena.

Para el apartado central de la investigación, la valorización económica de los servicios ambientales hídricos provistos por la ANP Río Pancho Poza, después de realizar un par de modelaciones econométricas y comparar su precisión entre ellas, se optó por seleccionar el método de elección dicotómica de doble límite, que agrega una pregunta de seguimiento para la primera respuesta, lo que conllevó a una reducción del ancho para el intervalo de confianza. De las variables conformantes del modelo, el grado de escolaridad mostró la mayor significancia, presentando un signo positivo, lo que se interpreta por consiguiente que con un mayor grado educativo alcanzado, existe una mayor probabilidad a aportar; relación similar en cuanto a la percepción de la calidad del agua, entre mayor calidad se declara recibir, mayor probabilidad a responder afirmativamente a la pregunta de aportar económicamente. Respecto a la variable edad, que también resultó significativa para el modelo, presentó un signo negativo, indicando que las personas jóvenes tienen una mayor disposición a aportar monetariamente, lo que se reduce con un aumento en la edad. El resto de las variables no resultaron significativas individualmente, sin embargo su presencia ayuda a estabilizar el modelo por lo que su inclusión es necesaria.

La DAP mensual estimada fue de $7.60, lo que anualmente equivale a $91.2 para cada contribuyente potencial. Si se compara este monto con el obtenido en otros estudios tanto a nivel internacional (Roldán, 2016; Rupérez Moreno et al., 2015) como a nivel nacional (Avilés Polanco et al., 2010; Hernández Cuevas et al., 2019) se tienen algunas disparidades importantes ya que los montos ahí calculados se

encuentran entre los $300 y $1,500 anuales, explicados principalmente por afectaciones más severas al recurso valorado y por una población con niveles de ingresos más altos, sin embargo algunos de los estudios presentados al inicio de este trabajo con fines comparativos, sí mostraron similitud con la DAP aquí estimada (Cisneros et al., 2007; Arán et al., 2015; Aguilar Sánchez & De la Rosa Mejía, 2018), especialmente en el último estudio: Valoración económica del Agua en la Cuenca Alta del Río Lerma, México (2018) donde la DAP obtenida fue de $200 anuales y resaltando el hecho que debido a la extracción de agua de la Cuenca Alta para otras poblaciones, las autoridades decidieron que para compensar dicha situación, se tomaría el acuerdo de no cobrar el suministro de agua a los habitantes de Almoloya del Río, lo que de acuerdo con los autores ha contribuido a fomentar una actitud de poco respeto al uso del recurso agua. En comparación con el mencionado estudio la DAP es similar, aunque la actitud no cooperativa de los encuestados difiere con lo declarado por los participantes en esta investigación. Una característica en común de los estudios con bajas DAP estimadas y aquí aludidos, es analizar localidades pequeñas y con niveles de ingreso bajos.

Utilizando la DAP mensual del modelo de doble límite ($7.60) y tomando en cuenta la población que recibe el servicio de agua potable por parte de CAEV Altotonga, se tienen 5,952 contribuyentes potenciales, lo que anualmente aportaría $540,360 para la preservación de los servicio ambientales hídricos provistos por el ANP Río Pancho Poza, lo cual debería ajustarse a la tasa de morosidad para una estimación más precisa, al proponerse el recibo de cobro mensual como vehículo de pago. En cuanto a la posibilidad de implementar un pago por servicios ambientales gestionado de manera local, su factibilidad se ve limitada por la complejidad de su funcionamiento y el escaso conocimiento sobre el tema por parte de la población local (un 82% de los encuestados dijo desconocer el concepto de pago por servicios ambientales).

Una medida que podría llevarse a cabo en este aspecto, es participar en las convocatorias para acceder a los recursos destinados a la preservación de los ecosistemas veracruzanos, a través del Fondo Ambiental Veracruzano, cuyas

políticas los últimos años es apoyar proyectos de gestión local conjunta de los recursos, con la colaboración de organizaciones locales registradas y que hayan colaborado previamente con la dependencia Secretaria de Medio Ambiente del estado de Veracruz. La colaboración conjunta de todos los actores involucrados será necesaria para la preservación de los benéficos proporcionados por el ANP Río Pancho Poza, con aplicación de medidas correctivas en etapas tempranas de afectación, especialmente sobre sus recursos hídricos.

Bibliografía

Aguilar Sánchez, G., & De la Rosa Mejía, E. (2018). Valoración Económica del Agua en la Cuenca Alta del Río Lerma, México. *Revista de Estudios Andaluces*, (35), 101–122. https://doi.org/10.12795/rea.2018.i35.04

Ahlheim, M., & Buchholz, W. (2000). WTP or WTA - Is that the Question? - Reflections on the difference between “willingness to pay” and “willingness to accept.” *Zeitschrift Für Umweltpolitik Und Umweltrecht*, *2*(June 2014), 253–271. Retrieved from http://www.wiwi.uni-regensburg.de/buchholz/forschung/buchholz/WTP_ WTA.pdf

Ajzen, I., Brown, T. C., & Rosenthal, L. H. (1996). Information Bias in Contingent Valuation: Effects of Personal Relevance, Quality of Information, and Motivational Orientation. *Journal of Environmental Economics and Management*, *30*(1), 43–57. https://doi.org/10.1006/jeem.1996.0004

Alberini, A., Kanninen, B., & Carson, R. T. (1997). Modeling Response Incentive Effects in Dichotomous Choice Contingent Valuation Data. *Land Economics*, *73*(3), 309. https://doi.org/10.2307/3147170

Allan, T., & Winpenny, J. (2006). Managing Water as an Economic Resource. *The Geographical Journal*. https://doi.org/10.2307/3059996

Arán, D. S., Felsztyna, I., & Huais, P. Y. (2015). Valoración económica de la población de Río Ceballos sobre el bosque nativo de la Reserva Hídrica

Natural del Parque La Quebrada. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *2*(1), 131–138. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/303381837

Asbjornsen, H., Manson, R. H., Scullion, J. J., Holwerda, F., Muñoz-Villers, L. E., Alvarado-Barrientos, M. S., … Adrian Bruijnzeel, L. (2017). Interactions between payments for hydrologic services, landowner decisions, and ecohydrological consequences: Synergies and disconnection in the cloud forest zone of central Veracruz, Mexico. *Ecology and Society*, *22*(2). https://doi.org/10.5751/ES-09144-220225

Avilés Polanco, G., Huato Soberanis, L., Troyo Diéguez, E., Murillo Amador, B., García Hernández, J., & Beltrán Morales, L. (2010). Valoración económica del servicio hidrológico del acuífero de La Paz, B.C.S.: Una valoración contingente del uso de agua municipal. *Frontera Norte*, *22*(43), 4. https://doi.org/10.17428/rfn.v22i43.867

Azqueta Oyarzun, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental* (J. Stumpf, Ed.). Madrid, España: McGraw Hill.

Azqueta Oyarzun, D., Alviar Ramírez, M., Domínguez Villalobos, L., & O'Ryan, R. (2007). El valor del medio ambiente. In J. I. Fernández (Ed.), *Introducción a la economía ambiental* (pp. 69–97). McGraw Hill.

Badii, M. H., Castillo, J., & Guillen, A. (2017). Tamaño óptimo de la muestra. *Innovaciones de Negocios*, *0*(09), 13. Retrieved from http://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/199

Bateman, I. J., & Willis, K. G. (2001). Valuing Environmental Preferences. In *Valuing Environmental Preferences*. https://doi.org/10.1093/0199248915.001.0001

Benson, D., Gain K, A., & Rouillard, J. J. (2015). Water Governance in a Comparative Perspective: From IWRM to a "Nexus" Approach? *Water Alternatives*, *8*(1), 756–773. Retrieved from www.water-alternatives.org

Bergstrom, J. C. (1990). Concepts and measures of the economic value of environmental quality: A review. *Journal of Environmental Management*. https://doi.org/10.1016/S0301-4797(05)80035-0

Bergstrom, J. C., Stoll, J. R., & Randall, A. (1989). Information Effects in Contingent Markets. *American Journal of Agricultural Economics*. https://doi.org/10.2307/1242024

Bishop, R. C., Heberlein, T. A., & Kealy, M. J. (1983). Contingent valuation of environmental assets: comparisons with a simulated market. *Natural Resources Journal*.

Bishop, Richard C., & Heberlein, T. A. (1979). Measuring Values of Extramarket Goods: Are Indirect Measures Biased? *American Journal of Agricultural Economics*, *61*(5), 926. https://doi.org/10.2307/3180348

Bockstael, N. E., & Freeman, A. M. (2005). Chapter 12 Welfare Theory and Valuation. *Handbook of Environmental Economics*, Vol. 2, pp. 517–570. https://doi.org/10.1016/S1574-0099(05)02012-7

Boyle, K. J., Bishop, R. C., & Welsh, M. P. (1985). Starting point bias in contingent valuation bidding games. *Land Economics*, *61*(2), 188–194. https://doi.org/10.2307/3145811

Boyle, Kevin J., & Bishop, R. C. (1988). Welfare Measurements Using Contingent Valuation: A Comparison of Techniques. *American Journal of Agricultural Economics*, *70*(1), 20–28. https://doi.org/10.2307/1241972

Brookshire, D. S., Ives, B. C., & Schulze, W. D. (1976). The valuation of aesthetic preferences. *Journal of Environmental Economics and Management*. https://doi.org/10.1016/0095-0696(76)90004-8

Bruin, J. (2006). Newtest: command to compute new test. Retrieved February 28, 2020, from UCLA: Statistical Consulting Group. website: https://stats.idre.ucla.edu/stata/faq/how-can-i-perform-the-likelihood-ratio-

wald-and-lagrange-multiplier-score-test-in-stata/

Carson, R. T., Flores, N. E., & Meade, N. F. (2001). Contingent valuation: Controversies and evidence. *Environmental and Resource Economics*. https://doi.org/10.1023/A:1011128332243

Carson, R. T., & Hanemann, W. M. (2005). Chapter 17 Contingent Valuation. *Handbook of Environmental Economics*. https://doi.org/10.1016/S1574-0099(05)02017-6

Ciriacy-Wantrup, S. V. (1947). Capital returns from soil-conservation practices. *Journal of Farm Economics*, *29*(4), 1181–1196.

Cisneros, J., Alpizar, F., & Madrigal, R. (2007). Valoracion economica de los beneficios de proteccion del recurso hidrico bajo un esquema de pago por servicios ecosistemicos en Copan Ruinas, Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente*, (51–52), 143–152. Retrieved from http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CENIDA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=047489

Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., … Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. https://doi.org/10.1038/387253a0

Davis, R. (1963). *The value of outdoor recreation: An economics study of the Maine woods*. Harvard University.

DOF (DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN). (2012). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Retrieved from https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf

Enríquez Andrade, R. (2005). Valoración economica en areas naturales protegidas. In *Manual para el análisis económico de áreas natruales protegidas en Mexico* (2nd ed., p. 62). Retrieved from

http://fcm.ens.uabc.mx/~enriquez/complementos/proyectos/ManualAMPs2.pdf

Ezzine-De-Blas, D., Dutilly, C., Lara-Pulido, J. A., Le Velly, G., & Guevara-Sanginés, A. (2016). Payments for environmental Services in a policymix: Spatial and temporal articulation in Mexico. *PLoS ONE*, *11*(4). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152514

Gould, W., Pitblado, J., & Sribney, W. (2006). *Maximum likelihood estimation with Stata* (Fourth). Retrieved from https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=6OH1LtY7e-AC&oi=fnd&pg=PR15&dq=Maximum+Likelihood+Estimation+with+Stata&ots=2m7fUCsEjC&sig=ksoMkxuyYLfG8ct-WD6VPVCzNEE

Grafton, R. Q., Adamowicz, W., Dupont, D., Nelson, H., Hill, R. J., & Renzetti, S. (2008). The Economics of the Environment and Natural Resources. In *The Economics of the Environment and Natural Resources*. https://doi.org/10.1002/9780470755464

Green, D., Jacowitz, K. E., Kahneman, D., & McFadden, D. (1998). Referendum contingent valuation, anchoring, and willingness to pay for public goods. *Resource and Energy Economics*, *20*(2), 85–116. https://doi.org/10.1016/s0928-7655(97)00031-6

Haab, T., & McConnell, K. (2002). Valuing Environmental and Natural Resources. In *Valuing Environmental and Natural Resources*. https://doi.org/10.4337/9781843765431

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. https://doi.org/10.2307/1242453

Hanemann, W. Michael. (1991). Willingness to pay and willingness to accept: How much can they differ? *The American Economic Review*, *81*(3), 647–635.

Hanemann, W M. (2006). The economic conception of water. *Water Crisis: Myth or*

Reality, (2000), 60–91. https://doi.org/doi:10.1201/9781439834275.pt2a

Hau, T. D. K. (1983). Some Hicksian and Marshallian consumer's surplus estimates in discrete choice. *Economics Letters*. https://doi.org/10.1016/0165-1765(83)90136-2

Hernández Cuevas, F. I., Vázquez Bracho Illescas, A., Loranca Rodríguez, K. G., & Mc Manus Gómez, M. P. (2019). Valoración contingente del recurso hídrico: Caso Reserva Ecológica de Cuxtal, Yucatán. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, *15*(1), 14–27. https://doi.org/10.4067/s0718-235x2019000100014

Hoyos, D., & Mariel, P. (2010). Contingent valuation: Past, present and future. *Prague Economic Papers*, (4), 329–343. https://doi.org/10.18267/j.pep.380

ICWE. (1992). The Dublin Statement and Report of the Conference. *International Conference on Water and the Environment (ICWE): Development Issues for the 21st Century*, 70. Retrieved from http://www.wmo.int/pages/prog/hwrp/documents/english/icwedece.html

Johnston, R. J., Boyle, K. J., Adamowicz, W. (Vic), Bennett, J., Brouwer, R., Cameron, T. A., … Vossler, C. A. (2017). Contemporary Guidance for Stated Preference Studies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, *4*(2), 319–405. https://doi.org/10.1086/691697

Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*. https://doi.org/10.1111/j.1536-7150.2011.00774.x

Klink, F. A. (1991). Algunas cuestiones sobre economía del agua. *Agricultura y Sociedad*, *59*, 197–222.

Kolstad, C. D., & Guzman, R. M. (1999). Information and the divergence between willingness to accept and willingness to pay. *Journal of Environmental Economics and Management*, *38*(1), 66–80. https://doi.org/10.1006/jeem.1999.1070

Krutilla, J. V. (1967). Conservation reconsidered. *The American Economic Review*. https://doi.org/10.1126/science.151.3712.867-a

Labandeira, X., León, C., & Vázquez, M. X. (2007). Economía Ambiental. In *Pearson Educación*. Retrieved from http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo62.htm

Lalika, M. C. S., Meire, P., Ngaga, Y. M., & Sanga, G. J. (2017). Willingness to pay for watershed conservation: are we applying the right paradigm? *Ecohydrology and Hydrobiology*, *17*(1), 33–45. https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2016.12.004

Langford, M. (2005). The United Nations concept of water as a human right: A new paradigm for old problems? *International Journal of Water Resources Development*, *21*(2), 273–282. https://doi.org/10.1080/07900620500035887

Lomas, P. L., Martín-lópez, B., Louit, C., Montoya, D., Montes, C., & Álvarez, S. (2005). *Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas*. España: Fundación Interuniversitaria Fernanda González Bernáldez.

López-Feldman, A. (2013). Introduction to contingent valuation using Stata. *Mexican Stata Users' Group Meetings 2013 12*, 18. Retrieved from https://ideas.repec.org/p/boc/msug13/12.html

Milon, J. W. (1989). Contingent valuation experiments for strategic behavior. *Journal of Environmental Economics and Management*. https://doi.org/10.1016/0095-0696(89)90022-3

Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1989). Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. In S. Allen (Ed.), *Resources for the Future*. Retrieved from https://content.taylorfrancis.com/books/download?dac=C2011-0-05561-4&isbn=9781135887742&format=googlePreviewPdf

Morrison, M. D., Blamey, R. K., & Bennett, J. W. (2000). Minimising payment

vehicle bias in contingent valuation studies. *Environmental and Resource Economics*, *16*(4), 407–422. https://doi.org/10.1023/A:1008368611972

Muñoz-Piña, C., Rivera, M., & Cisneros, A. (2011). Retos de la focalización del Programa de Pago por los Servicios Ambientales en México. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, *228*(1), 87–113. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Munoz-Pina/publication/260021326_Retos_de_la_Focalizacion_del_Programa_de_Pago_por_los_Servicios_Ambientales_en_Mexico/links/571aa2d908ae408367bc8f15/Retos-de-la-Focalizacion-del-Programa-de-Pago-por-los-Servici

Nava-López, M., Selfa, T. L., Cordoba, D., Pischke, E. C., Torrez, D., Ávila-Foucat, S., … Maganda, C. (2018). Decentralizing Payments for Hydrological Services Programs in Veracruz, Mexico: Challenges and Implications for Long-term Sustainability. *Society and Natural Resources*, *31*(12), 1389–1399. https://doi.org/10.1080/08941920.2018.1463420

Park, J. H., & MacLachlan, D. L. (2008). Estimating willingness to pay with exaggeration bias-corrected contingent valuation method. *Marketing Science*. https://doi.org/10.1287/mksc.1070.0321

Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Verma, M., … Simpson, R. D. (2012). The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. In *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations* (pp. 183–256). https://doi.org/10.4324/9781849775489

Penna, J. A., de Prada, J. D., & Cristeche, E. (2011). Valoración económica de los servicios ambientales: Teoría, métodos y aplicaciones. *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, Herramientas y Aplicaciones Para El Ordenamiento Territorial. INTA, Buenos Aires*, 85–119. Retrieved from http://www.researchgate.net/profile/Esteban_Jobbagy/publication/249643891_Valoracin_de_Servicios_Ecosistmicos._Conceptos_herramientas_y_aplicaciones_para_el_ordenamiento_territorial/links/0deec51e963480928c000000.pdf#

page=91

Perevochtchikova, M., & Ochoa Tamayo, A. M. (2012). Avances y limitantes del programa de pago de servicios ambientales hidrológicos en México, 2003-2009. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *3*(10), 89–112.

Perevochtchikova, M., & Rojo-Negrete, I. A. (2014). La percepción de los efectos del Programa de Pago por Servicios Ambientales. Caso de estudio de la comunidad de San Miguel y Santo Tomás Ajusco, Distrito Federal. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, *23*, 15–30.

Perez-Verdin, G., Sanjurjo-Rivera, E., Galicia, L., Hernandez-Diaz, J. C., Hernandez-Trejo, V., & Marquez-Linares, M. A. (2016, October 1). Economic valuation of ecosystem services in Mexico: Current status and trends. *Ecosystem Services*, Vol. 21, pp. 6–19. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.07.003

Peterson, J. M., & Hendricks, N. P. (2016). Economics of Water. *The Oxford Handbook of Water Politics and Policy*, (September), 1–19. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199759927.013.0005

Rogers, P., De Silva, R. D., & Bhatia, R. (2002). Water is an economic good: How to use prices to promote equity efficiency and sustainability. *Water Policy*. https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00004-1

Roldán, D. (2016). TESIS:Valoración económica de recursos hídricos para el suministro de agua potable El caso del Parque Nacional Cajas La cuenca del río Tomebamba. *Fcghszd*, 294.

Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, *82*(1), 34–55. https://doi.org/10.1086/260169

Rupérez Moreno, C., Pérez Sánchez, J., Senent Aparicio, J., & del Pilar Flores Asenjo, M. (2015). The economic value of conjoint local management in water

resources: Results from a contingent valuation in the Boquerón aquifer (Albacete, SE Spain). *Science of the Total Environment*, *532*, 255–264. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.028

Savenije, H. H. G., & Van der Zaag, P. (2008). Integrated water resources management: Concepts and issues. *Physics and Chemistry of the Earth*, *33*(5), 290–297. https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.02.003

SEFIPLAN. (2018a). *CUADERNILLOS MUNICIPALES, ALTOTONGA*. Retrieved from www.altotonga.gob.mx

SEFIPLAN. (2018b). *CUADERNILLOS MUNICIPALES, ATZALAN*. Retrieved from http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2018/05/Atzalan.pdf

SEMARNAT-CONAFOR. (2011). *EL PROGRAMA DE PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES*. Retrieved from http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/2308Programa de Pago por Servicios Ambientales.pdf

SEMARNAT-CONANP. (2017). *Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018 Revisión y Evaluación de Medio Término Ciudad de México*. Retrieved from https://simec.conanp.gob.mx/pdf_evaluacion/PNANP2014-2018.pdf

Shtatland, E. S., Kleinman, K., & Cain, E. M. (2002). One More Time About R2 Measures of Fit in Logistic Regression. *NESUG 15 Proceedings*, (15), 222–226. Retrieved from http://www.lrz-muenchen.de/~wlm/ST004.pdf

Silverman, J., & Klock, M. (1989). The behavior of respondents in contingent valuation: Evidence on starting bids. *The Journal of Behavioral Economics*. https://doi.org/10.1016/0090-5720(89)90018-1

Sims, K. R. E., Alix-Garcia, J. M., Shapiro-Garza, E., Fine, L. R., Radeloff, V. C., Aronson, G., … Yañez-Pagans, P. (2014). Improving Environmental and Social Targeting through Adaptive Management in Mexico's Payments for

Hydrological Services Program. *Conservation Biology*, *28*(5), 1151–1159. https://doi.org/10.1111/cobi.12318

Smith, T. J., & McKenna, C. M. (2013). A comparison of logistic regression pseudo R2 indices. *Multiple Linear Regression Viewpoints*, *39*(2), 17–26. Retrieved from file:///C:/Users/Nga/Downloads/Smith_v39n2.pdf

Subsecretaría de Medio Ambiente. (2001). *Programa de Manejo Área Natural Protegida Río Pancho Poza*. Xalapa, Veracruz.

Tietenberg, T., & Lewis, L. (2018). Environmental and Natural Resource Economics. In *Environmental and Natural Resource Economics*. https://doi.org/10.4324/9781315208343

Tyrväinen, L. (1997). The amenity value of the urban forest: An application of the hedonic pricing method. *Landscape and Urban Planning*, *37*(3–4), 211–222. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)80005-9

Uclés Aguilera, D. (2006). El valor económico del medio ambiente. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, *15*(2), 9. https://doi.org/10.7818/re.2014.15-2.00

United Nations. (1992). The Dublin Statement on Water and Sustainable Development. In *Environmental Conservation*. https://doi.org/10.1017/S0376892900030733

Veronesi, M., Alberini, A., & Cooper, J. C. (2011). Implications of Bid Design and Willingness-To-Pay Distribution for Starting Point Bias in Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation Surveys. *Environmental and Resource Economics*, *49*(2), 199–215. https://doi.org/10.1007/s10640-010-9430-1

Wooldridge, J. (2006). *Introductory econometrics: A modern approach* (3rd ed.). New York: Thomson.

WWAP. (2015). The United Nations World Water Development Report 2015: Water

for a Sustainable World; facts and figures. In *Paris, UNESCO*. https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00004-1

Yañez Mondragón, C. F. (2007). *Las Áreas Naturales Protegidas en México , criterios para su determinación . Caso estudio : Sierra Tarahumara , Estado de Chihuahua*. 65. https://doi.org/10.1016/j.beproc.2008.12.009