



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ECONOMÍA ♦ DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN ECONOMÍA

**Valoración económica de la calidad de agua de la subcuenca Río Pajaritos en
Veracruz: un análisis con el método de valoración contingente**

ENSAYO

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
Especialista en Economía Ambiental y Ecológica

PRESENTA:
Nora Eliza Toral Ramírez

TUTOR:
Dr. Saúl Basurto Hernández

Ciudad Universitaria, CD. MX.

Mayo de 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es estimar el valor económico de la calidad del agua en la subcuenca Río Pajaritos. Dicha subcuenca se ubica entre los municipios de Actopan, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios y Úrsulo Galván en el estado de Veracruz, México. En los últimos años, existe la amenaza de tener actividades mineras en la subcuenca, lo que pone en riesgo los ecosistemas. Utilizo el método de Valoración Contingente (CV) para obtener el valor económico de la calidad del agua, lo que me permite estimar la disposición a pagar (DAP) de los usuarios de la subcuenca para evitar que la calidad del agua se vea afectada por la instalación de actividades mineras en la región. Los resultados de 283 encuestas aplicadas en 4 de las localidades con mayor número de habitantes mostraron que la DAP por la calidad del agua en la subcuenca Río Pajaritos es de \$228 pesos mexicanos por año por hogar y, dado que hay 7190 hogares, la contribución anual para mantener la calidad del agua sería, en promedio, de \$ 1,639,320. Se encontró que las variables hijos, ingresos y percepción de escasez de agua estaban asociadas a la DAP. Estos resultados deben servir como una herramienta importante para la gestión, evaluación y uso del agua de la subcuenca, porque es considerada un atributo del agua que no tiene precio de mercado.

Palabras clave: Valoración económica, valoración contingente, agua, calidad del agua, disponibilidad a pagar, minería

Código JEL (Journal of Economical Literature): Q51, Q25, Q58.

Agradecimientos: Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM IA303221. Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida.

Abstract

The main purpose of this work is to estimate the economic value of water quality in the Río Pajaritos sub-basin. Such a sub-basin is located between the municipalities of Actopan, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios and Úrsulo Galván in the state of Veracruz, Mexico. In recent years, there is a threat of having mining activities in the sub-basin, which puts the ecosystems at risk. I use the Contingent Valuation (CV) method to obtain the economic value of water quality, which allows me to estimate the willingness to pay (DAP) by users of the sub-basin for avoiding their water quality being affected by the installation of mining activities in the region. The results of 283 surveys applied in 4 of the localities with the highest number of inhabitants showed that the WTP for water quality in the Río Pajaritos sub-basin is \$228 mexican pesos per year per household and, given that there are 7190 households, the annual contribution to maintain water quality would be, on average, \$1,639,320. It was found that the variables children, income, and perception of water scarcity were associated to the WTP. These results should serve as an important tool for the management, evaluation and use of sub-basin water, because it considers an attribute of water that has not market price.

Key words: Economic valuation, contingent valuation, water, water quality, willingness to pay, mining

JEL classification (Journal of Economical Literature): Q51, Q25, Q58.

Acknowledgements: This research work was supported by the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), UNAM IA303221. I thank DGAPA- UNAM for the scholarship.

ÍNDICE

1. Introducción	5
2. Método de Valoración Contingente	8
3. Revisión de literatura	11
4. Caracterización de la cuenca Río Pajaritos	13
5. Metodología.....	19
5.1 Desarrollo del método de valoración contingente	19
5.2 Diseño del instrumento de encuesta	19
5.3 Elección del formato de la entrevista	23
5.4 Identificación de la población de interés y desarrollo de una estrategia de muestreo	24
5.5 Análisis de las respuestas de la encuesta para obtener la DAP	25
6. Resultados.....	30
7. Conclusiones	39
Referencias.....	42
Apéndice I.....	45

1. Introducción

Según datos de la Secretaría de Economía, el sector minero-metalúrgico en México contribuye con el 4% del PIB nacional, ocupando el primer lugar como destino de inversión en exploración minera de América Latina y contribuyendo con la generación de 352,666 empleos directos (SE, 2019). Sin embargo, es una de las actividades industriales que mayores impactos ambientales causa, ya que la extracción y el procesamiento de los minerales demanda grandes cantidades de agua y energía, además, los residuos que genera son importantes fuentes de contaminación que afectan directamente el medio ambiente.

En efecto, en el 2019 la minería ocupó el primer lugar dentro de las causas que generaron sitios potencialmente contaminados (SPC)¹, donde se identificó un responsable, propietario o poseedor (Gómez y Peláez, 2020). Particularmente, la minería se ubica entre las principales actividades antropogénicas contaminantes del agua, ya que la expone a la contaminación tanto en las fases de exploración y explotación como en la de cierre, ya sea por filtraciones al subsuelo de lixiviados en jales mineros y pilas de lixiviación, por filtraciones de metales pesados generados en las tepetateras o por derrames accidentales (Mora, 2016; Gómez y Peláez, 2020).

En México existen poco más de 25,000 títulos de concesiones mineras vigentes (Suárez, 2021) y una de ellas le fue otorgada a la empresa Candelaria Mining Corp., al sureste del municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios y en el noroeste de Actopan, ambos en la porción central del Estado de Veracruz. Dicha empresa manifestó en el 2017, a través de un Documento Técnico Unificado (DTU) un proyecto llamado “La Paila”, que tiene la intención de comenzar con actividades de explotación en el cerro que lleva el mismo nombre. De acuerdo con el DTU, las actividades necesarias para la explotación se localizan entre las subcuencas Río Barraca-Hernández y Río Pajaritos, dejando a esta última una parte del tajo, las piletas y el patio de lixiviado.

¹ Sitios de los que se sospecha que existe contaminación, pero no se cuenta con evidencia fehaciente de ello.

Lo anterior podría vulnerar el derecho al agua de las personas que habitan el área de la subcuenca de Río Pajaritos, especialmente en su componente de disponibilidad y calidad. El derecho al agua, reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el 2010, se refiere a que todos los seres humanos deben tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal, segura, aceptable y asequible, y accesible físicamente². De modo que, la instalación de una mina en la región de la subcuenca de Río Pajaritos genera un fuerte riesgo de contaminación de las fuentes hídricas contiguas, lo cual pondría en peligro la calidad y, por tanto, el derecho al agua de los habitantes.

Aunque la empresa minera mencionada plantea la generación de 179 empleos directos (profesionales, técnicos, operadores de quipo pesado, entre otros) y 716 empleos indirectos (hospedaje, alimentación, panaderías y abarrotes, entre otros) durante los 7 años de operación del proyecto³ como beneficio para la población, ésta también podría causar daño al recurso hídrico, sobre todo porque es una región que sufre de escasez de agua, con fuertes presiones por el cambio climático y en donde las actividades productivas y la vida económica dependen tanto de este valioso líquido (LAVIDA, 2017). Por ello, en este trabajo se plantea la valorización, en términos monetarios, de la calidad del agua de la subcuenca de Río Pajaritos, con la finalidad tener un valor de referencia de este servicio ecológico vital para los seres humanos y saber cuánto se perdería si esta fuera afectada.

Aunque actualmente es posible asignarle un precio al agua a partir del costo que implica su extracción y distribución⁴, esto no considera el costo ambiental, de modo que el precio que se le da es inferior a su valor real y no se tiene en cuenta a la hora de adoptar decisiones en el sector energético e industrial, por ejemplo, ya que éstas suelen estar en manos de un reducido número de partes interesadas del sector público y privado que se guían sobre todo por una visión estrecha a corto plazo, sin tomar suficientemente en cuenta las cuestiones

² Esto implica que cada persona debe tener disponible entre 50 y 100 litros de agua al día, con un coste inferior al 3% de los ingresos del hogar, cuya fuente deberá encontrarse a menos de 1000 metros de este y su recogida no debería superar los 30 minutos.

³ Candelaria Mining Corp (2017).

⁴ Los usos de agua municipal, agrícola e industrial se caracterizan por estar regulados por mercados, donde el precio del agua sólo representa los costos de la energía requerida para su extracción, la amortización de la infraestructura hídrica y los costos de operación y distribución (Gerzain, 2010).

ambientales (UNESCO, 2021). Además, tampoco consideran que hay cambios en la provisión de un bien que no es de mercado o proporcionado públicamente (Vásquez, et al., 2009).

En este sentido, el método de Valoración Contingente (VC) ha sido utilizado ampliamente para valorar bienes o servicios ecosistémicos que no son de mercado, incluyendo los relacionados con la provisión y calidad del agua (Polyzou, et al., 2011; Kwak, et al., 2013; González-Davila, 2013), este método intenta conocer, a través de la construcción hipotética de un mercado, la disposición a pagar, o a ser compensados, por los cambios en el bienestar que les produce la modificación en las condiciones de oferta de un bien ambiental (Champ, et al., 2003). En este caso, la calidad del agua de la subcuenca Río Pajaritos.

De este modo, el objetivo de esta investigación es valorar económicamente el servicio de calidad del agua de la subcuenca Río Pajaritos, a través de la disponibilidad de los usuarios a pagar porque no se vea afectada dicha calidad por la instalación de actividades mineras en la región. Esta disponibilidad para pagar se obtendrá con el método de VC, mediante un cuestionario que simulará el mercado hipotético e indagará acerca de cuestiones socioeconómicas de los encuestados. Así mismo, se pretende que esta valoración económica sea una herramienta importante para la gestión, evaluación y utilización del agua de la subcuenca.

2. Método de Valoración Contingente

Los métodos de valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos se pueden dividir básicamente en dos: los indirectos y los directos. Los indirectos también se conocen como métodos de preferencias reveladas, ya que deducen el valor económico a partir de la observación de los mercados reales relacionados con el bien o servicio ambiental, mientras que los segundos son de preferencias declaradas y se basan en la obtención directa de las preferencias de los individuos mediante la creación de mercados hipotéticos. Los diferentes tipos de métodos se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3: Métodos de valoración económica para bienes y servicios ecosistémicos

Métodos basados en preferencias reveladas		
Tipo de método	Función	Supuestos
Cambios en la productividad	Estima el valor económico de un bien o servicio ecosistémico a partir de su contribución en la producción de otro que sí tiene precio en el mercado.	<ul style="list-style-type: none"> - El bien o servicio que se va a valorar es relevante en la producción del otro. - El precio del bien que cuenta con mercado es conocido o inferible.
Costo de viaje	Se estima basándose en los costos en los que incurre un individuo al visitar un determinado lugar para disfrutar los servicios ecosistémicos que ahí se encuentren.	<ul style="list-style-type: none"> - El número de viajes está en función de la calidad ambiental del sitio que brinda el servicio. - No hay sitios sustitutos - El único motivo del viaje es visitar el sitio - El tiempo de permanencia es exógeno y fijo ⁵
Precios hedónicos	Estima el valor del bien o servicio ecosistémico a partir de su impacto en el precio de un bien mercadeable.	<ul style="list-style-type: none"> - El precio del bien mercadeable efectivamente se ve afectado por el bien o servicio ecosistémico. - Las características del bien son continuas.

⁵ Vásquez, et al., (2007)

Costos evitados	El valor del bien o servicio ecosistémico se obtiene a partir de los costos que se evitarían si éstos no fueran afectados.	<ul style="list-style-type: none"> - La cantidad de una característica particular puede variar en forma independiente a otras características del bien mercadeable.⁶ - Existe evidencia de que las personas pueden y tienen la intención de incurrir en el gasto.
-----------------	--	--

Métodos basados en preferencias declaradas

Tipo de método	Función	Supuestos
Valoración Contingente	La estimación del valor económico del bien o servicio ambiental proviene de la disposición a pagar que se pregunta a los individuos por la mejora en la calidad o cantidad de éstos, planteándoles un mercado hipotético a través de un cuestionario.	<ul style="list-style-type: none"> - El comportamiento del individuo en el mercado hipotético es equivalente a su comportamiento en un mercado real. - El individuo tiene información completa sobre los beneficios del bien o servicio ecosistémico.
Experimentos de elección	Se estima el valor económico de diferentes atributos del bien o servicio económico a partir de la disposición a pagar de los individuos. Se obtiene también el costo de oportunidad entre los atributos.	<ul style="list-style-type: none"> - Los individuos eligen una opción hipotética basada en el análisis del conjunto de atributos. - La elección por parte del individuo es la que haría en un mercado real. - Hay información completa sobre los beneficios de las diferentes combinaciones de atributos.

Fuente: elaboración propia a partir de la revisión de literatura.

⁶ Loyola, et al., (2015)

Los métodos de preferencias reveladas tienen la ventaja de ser una técnica basada en comportamientos reales de los individuos (no hipotéticos), que reproduce con bastante fidelidad a otras técnicas empíricas usadas para valorar bienes de mercado (Loyola, et al., 2015). Por otro lado, los métodos de preferencias declaradas suelen ser útiles para medir valores de uso y de no uso⁷, sobre todo cuando no se dispone de información que permita hacer estimaciones basadas en mercados reales.

Pérez-Verdin, et al. (2016) en su estudio sobre valoraciones económicas de servicios ecosistémicos en México y encuentra que, en México, todos los estudios relacionados con el agua utilizaron el método de VC para estimar beneficios económicos. El método VC intenta conocer la disposición a pagar (DAP) o la disposición a aceptar (DAA), a través de la simulación de un mercado hipotético que suponga el cambio en la provisión de un bien o servicio ecosistémico.

La DAP y la DAA son usadas en el método de VC porque por un lado, la DAP refleja la máxima cantidad de dinero que un individuo pagaría por obtener un determinado bien público, mientras que la DAA refleja la mínima cantidad de dinero que un individuo estaría dispuesto a recibir para renunciar a dicho bien (Del Saz Salazar y García, 2002) de modo que pueden utilizarse para estimar los cambios en el bienestar que le produce a los individuos la modificación en las condiciones de oferta de un bien o servicio ambiental sin precio en el mercado (Champ et al., 2003, como se citó en Jaramillo-Villanueva, et al., (2013)).

Por lo anterior, el método de VC resulta útil para obtener el valor de la calidad del agua superficial de la subcuenca Río Pajaritos, ya que permitiría calcular la medida del cambio en el bienestar de los usuarios de dicha subcuenca si se derramaran desechos tóxicos.

⁷ El valor de uso se refiere a la utilización de los bienes o servicios ecosistémicos de forma directa o indirecta por parte de los individuos o la sociedad. Los valores de no uso son los atribuidos por los individuos o las sociedades a los bienes o servicios ecosistémicos por el puro hecho de existir o el deseo de legarlos a las futuras generaciones.

3. Revisión de literatura

La literatura sobre la valoración económica de recursos hídricos mediante el método de Valoración Contingente (VC) se ha dirigido tanto a países desarrollados como a países en desarrollo. Los estudios en los países desarrollados se han enfocado en valorar la purificación del agua (Guerrini, et al., 2018) y su calidad (Polyzou, et al., 2011; Kwak, et al., 2013; Del Saz-Salazar, et al., 2016). Con respecto a la calidad del agua, Lienhoop y Messner (2009) encontraron una disposición a pagar (DAP) de 18.96 €/año al valorar los beneficios económicos de este servicio para un distrito de lagos (en la cuenca Elba) en Alemania Oriental, el cual se vio afectado por actividades mineras.

Así mismo, en los países en desarrollo se ha evaluado la DAP por la provisión de agua y la regularidad en los flujos (Cisneros, et al., 2007; Tussupova, et al., 2015; Roldán, 2016), así como la calidad del agua (Bell, et al., 2014; Burt, et al., 2017; Vásquez y De Rezende, 2016). En este sentido, Barrios (2009) estimó una DAP de 14.4 bolivianos por parte de los habitantes de Potosí, por la mejora de la calidad del agua del Río Pilcomayo en el altiplano Boliviano. El río Pilcomayo se ha visto también afectado por desechos industriales de la actividad minera en la región.

En el caso de México, el método de VC ha sido utilizado para obtener el valor económico de los diferentes beneficios que proporciona el agua, tales como el de provisionamiento de agua de calidad, a través de la DAP por mejoras en el servicio del agua o conservación de áreas naturales (Silva-Flores, et al., 2010; Avilés-Polanco, et al., 2010; Hernández, et al., 2019; Sánchez, 2020), purificación o calidad del agua (Vásquez, et al., 2009; González-Davila, 2013) y restauración de ríos (Jaramillo-Villanueva, et al., 2013); (Ojeda, et al., 2008). Los resultados de estos estudios se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Síntesis de literatura sobre valoración económica de servicios hídricos con el MVC.

Estudio	Lugar	Bien o servicio	Objetivo	DAP o DAA
Silva-Flores et al. (2010)	El Salto, Pueblo Nuevo, Durango	Provisión de agua	Estimar la DAP para preservar las fuentes de aprovisionamiento de agua.	206 (\$/ha/año)

			Estimar la disposición a aceptar (DAA) por los dueños de los terrenos que proveen el servicio.	320 (\$/ha/año)
Avilés-Polanco et al. (2010)	Acuíferos de La Paz, Baja California Sur	Provisión de agua	Conocer la DAP de los hogares por la provisión de agua.	1593 (\$/año)
Jaramillo-Villa Nueva e al. (2013)	Río Tlapaneco, Guerrero.	Restauración de ríos	Estimar la DAP por la restauración del río para mejorar la calidad del agua del río.	132.9 pesos
Ojeda et al., (2008)	Río Yaqui, Sonora.	Restauración de ríos	Estimar los valores no comerciales del agua con base en la DAP por servicios ambientales sostenidos por los flujos de agua en el río.	876 (\$/año)
Sánchez, (2020)	Altotonga, Veracruz.	Provisión de agua	Estimar la DAP por los servicios hídricos provistos por el ANP Río Pancho Poza por ser la fuente directa de agua para potabilizar y distribuir a través de Altotonga.	91.2 (\$/año)
Hernández et al., (2019)	Mérida, Yucatán	Provisión de agua	Estimar la DAP por la conservación del recurso hídrico que proviene de la Reserva Ecológica de Cuxtla.	906 (\$/año)
Vásquez et al., (2009)	Parral, Chihuahua	Calidad del agua con distintos niveles de confiabilidad*	Obtener la DAP por agua potable de calidad y con distintos niveles de confiabilidad.	2757 (\$/año) 1758 (\$/año) 1336 (\$/año) 1226 (\$/año)

Aguilar Sánchez & De la Rosa Mejía, (2018)	Almoloya del Río, Estado de México	Calidad del agua	Estimar la DAP por recibir un servicio de agua potable de calidad, así como la generación de acciones para la conservación y recuperación de los cuerpos de agua de la localidad.	104.95 (\$/año)
---	------------------------------------	------------------	---	-----------------

Fuente: elaboración propia con base en la revisión de literatura.

Para México no se encontró ningún estudio que buscara estimar la DAP por el cambio en la calidad de agua que pudiera causar la instalación de una mina a cielo abierto, sin embargo, Lozano (2010) obtiene una DAP de 9,000 pesos colombianos mensuales por familia por mantener la calidad de agua en Boyacá, Colombia, la cual puede ser afectada por la extracción de material de arrastre por parte de la mina Bloque JG7-16511. Dicha estimación será útil para compararla con los resultados obtenidos en el presente estudio porque se utilizará el mismo método para evaluar el mismo servicio ambiental.

4. Caracterización de la cuenca Río Pajaritos

La subcuenca Río Pajaritos (RH28Bi) se encuentra en la Región hidrológica Papaloapan. Esta subcuenca es de tipo exorreica⁸, tiene 8 puntos de descarga y drena principalmente en el mar. De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales de la Red Hidrográfica edición 2.0 del INEGI, la subcuenca Río Pajaritos tiene un área de 58,361 hectáreas y un perímetro de 134.34 kilómetros, su área corresponde al 1% de la Región hidrológica a la que pertenece. Río Pajaritos limita al Norte con la subcuenca Río Barranca Hernández, al Suroeste con Río Actopan-Barra de Chachalacas y al Este con el Golfo de México. Como se puede ver en la figura 1, los municipios en los que se localiza la subcuenca son Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Úrsulo Galván y Actopan, esto es a aproximadamente a 23 kilómetros de Xalapa y 31 kilómetros del Puerto de Veracruz.

⁸ Tiene una o más salidas de agua hacia un caudal mayor o hacia un lago o hacia el mar, también son llamadas “abiertas”.

Figura 1: Ubicación de la subcuenca Río Pajaritos.



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI.

La subcuenca Río Pajaritos comprende pequeñas corrientes que se descargan principalmente en el Golfo de México, dentro de las que destacan Arroyo El Limón, Arroyo Agrio y Río Agua Fría. Así mismo, como se puede ver en la figura 2, se localizan algunas lagunas costeras como Boca Andrea, De la Sal, Del Llano y La Mancha e incluye las lagunas El Farallón y Laguna Verde que no desembocan al mar. Los principales tipos de suelo en esta región son el phaeozem, en este se pueden tener zonas agrícolas dependientes del comportamiento de la lluvia, el vertisol, el cual puede contener zonas agrícolas bastante fértiles y el tipo arenosol, en el que solo se darían con métodos de riego (INEGI, 2014).

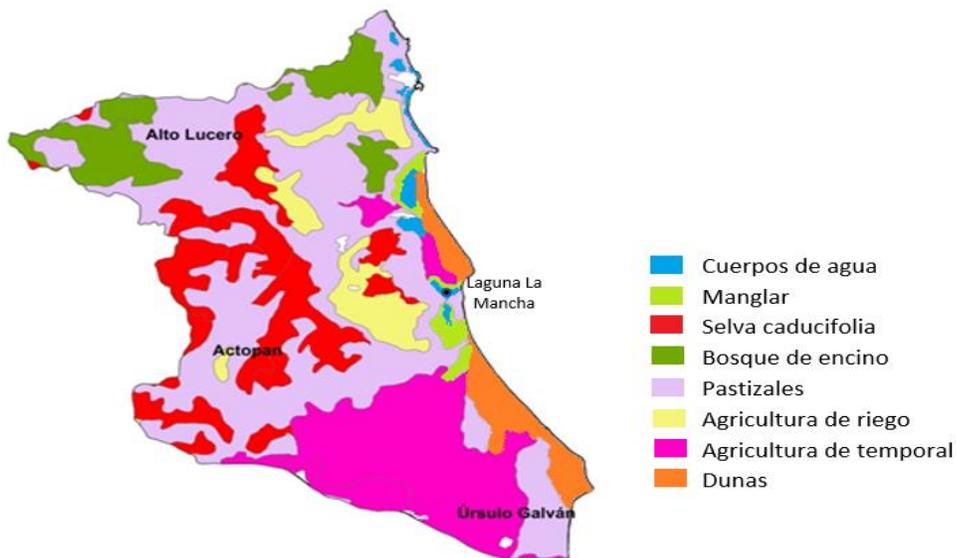
Figura 2. Principales ríos y lagunas de la Subcuenca Río Pajaritos



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI.

De acuerdo con el Conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación serie VI del INEGI (2017), los principales usos de suelo y vegetación son para la agricultura de temporal al sur de la subcuenca, agricultura de riego, pastizales cultivados y selva caducifolia, o bosque tropical caducifolio al centro y norte, también se puede encontrar al norte bosque de encinos y en el este una zona importante de manglares y dunas, esto se puede ver en la figura 3.

Figura 3. Principales usos de suelo en la subcuenca



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI

Dada la importancia de los encinares tropicales en la zona costera, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) considera una Región Prioritaria Terrestre al norte de la subcuenca, ya que constituyen un remanente del pleistoceno de origen boreal (Peresbarbosa, 2018). En esta subcuenca se encuentra también la Región Marina Prioritaria Laguna Verde-Antón Lizardo por las lagunas con vegetación conservada (humedales), zonas oceánicas, marismas, esteros y bahías con las que cuenta (Arriaga Cabrera, et al., 1998); la Región Terrestre Prioritaria Dunas Costeras Centro de Veracruz, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves, el Centro de Veracruz y Reserva La Mancha y el Sitio RAMSAR La Mancha-El Llano.

La Mancha-El Llano es el lugar con mayor relevancia. Fue nombrado Sitio Ramsar en el 2004, según la ficha de caracterización elaborada por (López-Portillo, et al., 2009), abarca 1,414 hectáreas y está conformado por playas, dunas, dos de las lagunas costeras rodeadas de manglares y humedales de agua dulce, así como por una laguna interdunaria. Este Sitio alberga muchas especies de las que se han registrado 838 plantas, 439 especies de mamíferos, 707 especies de reptiles, 282 especies de anfibios y 1,060 tipos de aves, además se considera de los corredores de aves rapaces y acuáticas más importantes del mundo del mundo, por ello es un área de importancia para la conservación de las aves.

Según la información del Censo de Población y Vivienda, en los principales resultados por localidad para el 2020 del INEGI (2020), en la subcuenca hay aproximadamente 21,533 habitantes y las localidades más grandes son de Actopan, entre ellas está Mozomboa con 3,329 habitantes, Tinajitas con 2,038 habitantes, le sigue Santa Rosa con 1,975 habitantes y ocupa el cuarto lugar San Isidro con 1,649. El número de hogares en la cuenca es de 7,190, de las cuales el 99% disponen de agua entubada en la vivienda, mientras que el 78% disponen de agua entubada abastecida del servicio público de agua. Por otro lado, el grado promedio de escolaridad en la región es de 7.07⁹ grados escolares aprobados, según el mismo censo.

⁹ Resultado de dividir el monto de grados escolares aprobados por las personas de 15 a 130 años entre las personas del mismo grupo de edad. Excluye a las personas que no especificaron los grados aprobados.

Debido a que no hay información disponible sobre datos socioeconómicos de la subcuenca, este aspecto se incluye por municipio, y los datos más relevantes se muestran en el cuadro 2. Como se puede ver, la población ocupada se concentra en el sector primario en Actopan y Alto de Lucero Gutiérrez Barrios con 48.30% y 54.20% respectivamente, mientras que en Úrsulo Galván se encuentra mayormente en el sector terciario con el 50%. El producto agrícola más importante para Actopan y Úrsulo Galván es la caña de azúcar, mientras que para Alto Lucero de Gutiérrez Barrios es el café cereza y para los tres municipios el ganado bovino es el que representa mayor producción.

Cuadro 2: Información demográfica y económica de los municipios en los que se encuentra la subcuenca Río Pajaritos.

	<i>Actopan</i>	<i>Alto Lucero</i>	<i>Úrsulo Galván</i>
Población total a/	43,838	29,877	31,066
Hombres	21,532	15,003	15,103
Mujeres	22,306	14,874	15,962
PEA ocupada b/	13,669	8,526	10,736
Sector primario	48.30%	54.20%	21.20%
Sector secundario	17.50%	12.90%	28.10%
Sector terciario	32.80%	32.10%	50.30%
Agricultura (miles de pesos) c/	667,626.8	74,231.5	536,165.3
Caña de azúcar	392,004	13,917.1 g/	490,327.3
Mango	49,613.2	7,535.3	19,429.2 h/
Maíz de grano	11,376.1	15,806.6	1,040.6
Ganadería (miles de pesos) d/	128,941	150,107.3	12,985.4
Bovino	120,650.6	136,636	6,628.6
Porcino	4,623	9,664.1	4,765.8
Fuentes de abastecimiento de agua e/	504	168	97
Volumen promedio diario de extracción (miles de metros cúbicos)	10.7	3.7	7
Viviendas particulares habitadas f/	12,979	8,688	9,393
Con disponibilidad de agua entubada	12,821	8,603	9,241

a/ Población del 2020. Obtenida de la Encuesta Intercensal 2020, CONAPO.

b/f/ Dato del 2015. Obtenido del INEGI. Encuesta Intercensal 2015.

c/d/ Dato del 2019. Obtenido del Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA.

e/ Dato del 2018. Comprende: arroyos, esteros, galerías, lagunas, norias, pozas, presas y ríos. Obtenida del Proyecto de Integración de Información Estadística y Geográfica Estatal (IIEGE), INEGI.

g/ Se refiere a la producción del café cereza.

h/ Se refiere a la producción de la semilla de caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER). Ver Cuadernillos Municipales 2020 del CEIEG (2021).

En cuanto a las fuentes de abastecimiento de agua Actopan es el municipio que más tiene con un promedio de extracción diario de agua de 10.7 mil metros cúbicos, esto tiene que ver con que presenta un mayor número de viviendas particulares habitadas, ya que son 12,979 de las cuales el 99% dispone de agua entubada. La extracción en Alto lucero es de 3.7 mil metros cúbicos con una disponibilidad de agua de 99% y para Úrsulo Galván la extracción es de 7 mil metros cúbicos y una cobertura de 98.4% de agua entubada.

El pago por el servicio de agua en las localidades de la subcuenca no es homogéneo, ya que cada localidad se organiza de forma independiente para genera acuerdos sobre la cooperación que deben hacer anual o mensualmente para mantener en buenas condiciones el servicio, esto incluye un pago monetario que va de los \$250 a \$1,800 y esporádicamente trabajo voluntario de mantenimiento.

La problemática de agua en la región se centra en la competencia por el uso de los cuerpos de agua, la escasez y la contaminación. La escasez y la competencia se dan por la diversidad de usuarios consuntivos y no consuntivos, como ganaderos, cañeros, pescadores y recreacionistas; por un modelo de desarrollo agrícola que se basa en cultivos altamente demandantes de agua y que además utiliza técnicas de irrigación ineficientes, y finalmente por la falta de planeación de uso del recurso, que se manifiesta en una extracción que es superior a la recarga de los cuerpos de agua (Ruelas-Monjardín y Chávez-Cortés, 2006). Los conflictos mencionados anteriormente podrían verse intensificados al incluir una actividad económica como lo es la minería, principalmente porque esta entraría a la competencia por el uso del agua.

5. Metodología

5.1 Desarrollo del método de valoración contingente

Los pasos que se aplicarán en el presente estudio son los que Perman, et al. (2011) plantea como necesarios para el método de VC, se señalan a continuación:

1. Crear un instrumento de encuesta para la obtención de DAP/DAA de individuos. Se puede dividir en tres componentes distintos pero relacionados:
 - a. Diseñar el escenario hipotético,
 - b. Decidir si preguntar sobre DAP o DAA,
 - c. Crear un escenario sobre los medios de pago o compensación.
2. Usar el instrumento de encuesta con una muestra de la población de interés.
3. Análisis de las respuestas a la encuesta. Esto puede tener dos componentes:
 - a. Utilizar los datos de la muestra sobre DAP/DAA para estimar el promedio de DAP/DAA para la población, llegar
 - b. Evaluar los resultados de la encuesta para juzgar la precisión de esta estimación.
4. Calcular la DAP/DAA total para la población de interés para su uso en un ECBA.
5. Realización del análisis de sensibilidad.

5.2 Diseño del instrumento de encuesta

El cuestionario para la encuesta se dividió básicamente en cuatro partes: 1) indagar sobre la apreciación del servicio a valorar de los encuestados y sobre el uso que hacen de este; 2) presentar el mercado hipotético; 3) buscar obtener la DAP y; 4) preguntar aspectos socioeconómicos que pudieran ser relevantes al analizar la DAP.

Uno de los aspectos fundamentales al diseñar la encuesta es la descripción del bien a ser evaluado donde se refieran los efectos esperados del programa bajo consideración, con el fin de descartar la posibilidad de compra de satisfacción moral¹⁰ en torno a problemas

¹⁰ Sucede cuando los individuos asignan un valor a un bien o servicio ecosistémico porque consideran que deben contribuir a una buena causa.

ambientales, así como evitar a presencia del efecto incrustación¹¹ (Loyola, et al., 2015). En este caso, se les explicó a los encuestados que el bien a ser evaluado sería la calidad del agua superficial de la subcuenca Río Pajaritos y se les mostró una imagen donde se puede ubicar el área que abarca y se señalaron las localidades con mayor población.

Posteriormente, con base en los casos en que se ha visto dañada la calidad de agua superficial por las actividades mineras en México, se les menciona que hay una concesión minera en la región y que, en caso de ser instalada la mina, esta podría generar diversos impactos ambientales relacionados con el servicio evaluado. Aunado a lo anterior, se mostró una imagen de un río con el agua contaminada por desechos mineros. De modo que la descripción del escenario hipotético presentado al encuestado fue como a continuación:

En tiempos recientes se otorgó una concesión a una empresa minera para el proyecto de extracción "La Paila", que le da el derecho de explorar la existencia de oro en un área de 55 mil hectáreas. Esta área se encuentra entre las cuencas Río Barranca Hernández y Pajaritos.

De aprobarse la instalación de una mina, se podrían generar diversos impactos ambientales relacionados con la contaminación del agua, tales como:

1. Menor disponibilidad de agua de calidad para el consumo humano (impactos negativos en la salud y problemas sociales);
2. Pérdida de especies que habitan en la cuenca del Río Pajaritos (como la pérdida de peces);
3. Menor disponibilidad de agua para el uso agrícola y ganadero (menor producción de los cultivos y ganado); y,
4. Pérdida de espacios para el uso recreativo (pocos o nulos espacios para convivir con familia o amigos).

Solo por darle un ejemplo, así podría verse el agua de la Cuenca Río Pajaritos si se instalara una mina:



¹¹ Propensión para declarar la misma DAP para situaciones que generan beneficios distintos en cuanto a calidad o cantidad.

Suponga que usted pudiera aportar una cuota trimestral por evitar que se deteriore la calidad de agua de la Cuenca Río Pajaritos ¿Estaría dispuesto a pagar dicha cuota durante 5 años y que se vea reflejado en su recibo de agua anual?

Se eligió la pregunta sobre la DAP porque aunque lo teóricamente correcto sería elegir la DAA ya que asume que el estatus quo es el punto de referencia, según Perman, et al. (2011), su práctica es indeseable puesto que los estudios donde se ha usado el formato DAA hay un nivel de respuestas de protesta de hasta el 50% según Mitchell y Carson (1993), y muchas personas se niegan a aceptar cualquier cantidad de compensación o aceptan solo grandes cantidades.

El formato de la pregunta sobre la DAP utilizado fue el dicotómico de doble límite. Dicho formato consiste en seleccionar 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 (Hanemann, et al., 1991).

Con la finalidad de facilitar la aplicación del cuestionario a la población de interés se utilizó la plataforma llamada Qualtrics¹². Dicha aplicación mostraba a cada uno de los encuestados de forma aleatoria uno de los cuatro montos de la oferta inicial (cuadro 4) al hacer la primera pregunta de la DAP con formato referéndum. La segunda cantidad ofrecida dependía de la respuesta a la primera, si la respuesta era sí, se mostraba una cantidad mayor (oferta arriba) a la primera y si la respuesta a la primera pregunta era no, se mostraba una cantidad menor (oferta abajo). Por ejemplo, si primero se pregunta si se está dispuesto a pagar \$30 y el encuestado responde sí, en la segunda preguntará la DAP por \$50, en caso de que la respuesta sea no, la cantidad mostrada a la segunda pregunta será \$20.

¹² Encuesta disponible en:
https://corexmsmy6c8v6y7qcr1.ca1.qualtrics.com/jfe/form/SV_e8P8eMNH4H2GNhz.

Cuadro 4. Cantidades ofrecidas a los encuestados. Formato simple y de doble límite

Formato simple	Formato doble límite	
<i>Oferta inicial</i>	<i>Oferta arriba</i>	<i>Oferta abajo</i>
20	30	10
30	50	20
50	80	30
80	120	50

Fuente: elaboración propia.

Para la determinación de las cantidades ofrecidas se buscó como referencia la ciudad más cercana en la que se hiciera un pago por servicio de agua, esta fue la ciudad de Xalapa. La cuota pagada en dicha ciudad es en promedio de \$90 mensuales por familia (SITAP, 2018). Además, se hizo una encuesta piloto a 20 familias, a las que se les preguntó su disposición a pagar con un formato abierto¹³. Así mismo, el medio de pago utilizado es el recibo de agua anual¹⁴ y la periodicidad del pago es trimestral porque al aplicar las encuestas piloto fue más fácil que los encuestados dimensionaran la cantidad pagada con respecto a sus ingresos. De este modo, se hizo una pregunta de tipo referéndum para saber si la población estaba dispuesta a pagar, como la siguiente:

Suponga que usted pudiera aportar una cuota trimestral por evitar que se deteriore la calidad de agua de la Cuenca Río Pajaritos ¿Estaría dispuesto a pagar dicha cuota durante 5 años y que se vea reflejado en su recibo de agua anual?

1. *Si*
2. *No*

En caso de que respondiera afirmativamente, se hacía la siguiente pregunta:

Considerando que el pago trimestral promedio por el servicio de agua en el municipio de Xalapa es de \$270, ¿estaría dispuesto a donar cada tres meses (cantidad aleatoria como oferta inicial) para evitar que se deteriore la calidad del agua de su municipio?

1. *Sí (se hace la oferta arriba, según la oferta inicial)*
2. *No (se hace la oferta abajo, según la oferta inicial)*

¹³ En este formato se le hace una pregunta abierta al encuestado para que de la cantidad exacta de su DAP.

¹⁴ Aunque no se usa medidor, se paga por el servicio una cuota fija anual, regularmente.

Cabe mencionar que, según Tudela-Mamani (2017), el formato dicotómico de doble límite reduce el sesgo que pudiera haber por respuestas negativas (típicas del formato abierto) o el sesgo de punto de partida, ya que este formato solo deja al individuo con el problema de decidir si está dispuesto a pagar o no una suma determinada por acceder a los beneficios planteados en el escenario hipotético. Veronesi, et al. (2011) al hacer pruebas a través de simulaciones sobre este método concluyen que un diseño de oferta simétrico y equilibrado puede dar lugar a sesgos muy pequeños.

Las preguntas sociodemográficas buscaban identificar específicamente el género del encuestado, su edad, el ingreso mensual de su hogar, el número de integrantes en la familia, su escolaridad, su principal fuente de ingreso y número de hijos. Así mismo, el vehículo de pago fue un incremento en la cuota que se aporta en su localidad que se viera reflejada cada tres meses, cabe mencionar que los encuestados identifican dicha cuota como recibo, aunque su estructura no sea tal. La encuesta completa se puede ver en el apéndice 1.

5.3 Elección del formato de la entrevista

Siguiendo a Perman, et al. (2011), hay al menos tres formas de obtener las respuestas de la población de interés. Una son las encuestas por teléfono, son consideradas las más baratas pero restringen la información que se le puede dar al encuestado, pues no se pueden mostrar gráficas o imágenes, por ejemplo. Las segundas son las encuestas que se hacen por correo electrónico, en este caso es posible proveer al encuestado más información y mostrar gráficos o imágenes, sin embargo, tienen un bajo índice de respuestas y aun así restringen la cantidad de información que se puede mostrar. Las últimas son las entrevistas cara a cara, estas son consideradas caras pero tienen una alta tasa de respuestas y la provisión de información es más efectiva.

Por lo anterior, se determinó que las encuestas se realizaran cara a cara, con la finalidad de alinearse con las recomendaciones de la NOAA y evitar los posibles sesgos que el aplicarla por teléfono o por correo electrónico pudieran generar, además de que la encuesta sí incluía

imágenes. Otra razón es que el muestreo que se eligió fue el aleatorio por conglomerado, de modo que la elección de los individuos dejaría de ser consistente con el tipo de muestreo si solo se encuestara a los que tiene teléfono o internet en casa, por ejemplo.

5.4 Identificación de la población de interés y desarrollo de una estrategia de muestreo

La población considerada para este estudio son los hogares residentes de que se encuentran dentro de la delimitación geográfica de la cuenca Río Pajaritos. Así mismo, para obtener una muestra probabilística representativa se utilizó un muestreo por conglomerado proporcional (Fuenlabrada, 2008).

El número de hogares se consultó también en el Censo de Población y Vivienda 2020 del (INEGI, 2020), y se tomaron las localidades con mayor número de habitantes de la cuenca. Para calcular una muestra representativa de la población, se asume que la población es conocida y finita, para el cálculo del tamaño de muestra proporcional se ha empleado la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pqN}{\varepsilon^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Donde, n es el tamaño de muestra del subconjunto de la población; $Z_{\alpha/2}$ es el valor correspondiente de distribución al 90%, N es el tamaño de la población (número de hogares); p es la prevalencia esperada del parámetro a estudiar el cual se asume desconocido por lo cual p es igual a 0.5; q es igual a (1-p); y ε es el error muestral que se presenta debido a que se emplea una muestra y no toda la población para estimar un parámetro poblacional (Anderson, et. al. 2008), se asume un valor del 5%.

Los cálculos sugieren una muestra de 250 hogares, ya que el total de hogares en la cuenca es de 2958. Asumiendo un muestreo conglomerado proporcional, donde cada municipio queda representado en la muestra en proporción exacta a su frecuencia en el total de hogares, la muestra fue distribuida de la siguiente manera (cuadro 5):

Cuadro 5: Distribución del número de encuestas en las localidades a encuestar.

Conglomerado	Nombre localidad	Hogares INEGI 2020	Frecuencia	No. de muestras
1	Mozombo	1113	38%	94
2	Tinajitas	709	24%	60
3	Santa Rosa	698	21%	51
4	San Isidro	528	18%	45
Total		2958		250

Fuente: elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda 2020.

5.5 Análisis de las respuestas de la encuesta para obtener la DAP

Para el análisis de las respuestas de la encuesta para obtener la DAP con formato dicotómico, se consideró la metodología de López-Feldman (2012) y los comandos `singleb` y `doubleb` que desarrolló de en la paquetería de Stata. El formato dicotómico simple del método VC consiste, como se mencionó anteriormente, en preguntar al individuo i si está dispuesto a pagar una cantidad determinada t_i (esta cantidad varía aleatoriamente entre individuos), de modo que solo se podría obtener $y_i = 0$ si la respuesta es no o $y_i = 1$ si la respuesta es sí. La DAP se puede estimar si se asume una función lineal de la forma:

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

Donde z_i es el vector de variables explicativas, β el vector de parámetros y u_i es un término de error. La respuesta será sí cuando $DAP_i > t_i$, es decir, su DAP es mayor a la cantidad ofrecida. En ese caso, tomando en cuenta las variables explicativas, la probabilidad de obtener una respuesta positiva está dada por:

$$\begin{aligned} Pr(y_i=1/z_i) &= Pr(DAP_i > t_i) \\ &= Pr(z_i\beta + u_i > t_i) \\ &= Pr(u_i > t_i - z_i\beta) \end{aligned}$$

Si se asume que $u_i \sim N(0, \sigma^2)$ entonces:

$$\begin{aligned} Pr(y_i=1/z_i) &= Pr\left(v_i > \frac{t_i - z_i'\beta}{\sigma}\right) \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{t_i - z_i'\beta}{\sigma}\right) \\ Pr(y_i=1/z_i) &= \Phi\left(z_i'\frac{\beta}{\sigma} - t_i\frac{1}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

Donde $v_i \sim N(0,1)$ tiene una distribución unitaria y $\Phi(x)$ es la normal estándar acumulada. Es similar al modelo Probit tradicional pero, a diferencia de este, se adicionan variables explicativas (t_i). La primera opción para resolver el modelo es usando el método de máxima verosimilitud en la última ecuación y resolver para β y σ . La segunda opción es usar el comando probit disponible en stata, en este caso, a diferencia del modelo Probit tradicional, en este no es necesario asumir que la varianza es igual a uno, ya que se puede usar la variable explicativa t_i y estimar $\hat{\alpha} = \frac{\hat{\beta}}{\hat{\sigma}}$, que es el vector de coeficiente asociados con cada una de las variables explicativas y estimar también $\hat{\delta} = -\frac{1}{\hat{\sigma}}$, que es el coeficiente de la variable que refleja el monto ofertado.

Haciendo uso de los coeficientes $\hat{\alpha}$ y $\hat{\delta}$ se puede obtener una estimación consistente para el vector β de la siguiente manera $\hat{\beta} = -\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\delta}}$ y a partir de esto es posible conocer el valor de la DAP, dependiendo de los valores que se le den a z . De este modo tenemos que:

$$E(DAP|z, \hat{\beta}) = \tilde{z}' \begin{bmatrix} \hat{\alpha} \\ -\hat{\delta} \end{bmatrix}$$

Donde \tilde{z}' es un vector con los valores específicos de las variables explicativas, sea el valor para cada individuo, para cierto grupo de individuos o para el promedio.

El modelo dicotómico de doble límite fue propuesto por Hanemann, et al. (1991). Este modelo permite obtener más información porque se trata de hacer a primera pregunta dicotómica, si la respuesta es sí, se ofrece al individuo una cantidad mayor pero si la respuesta es no, la cantidad que se ofrezca deberá ser menor a la primera. Lo anterior implica que la

segunda pregunta es endógena en el sentido de que la cantidad preguntada depende de la respuesta obtenida para la primera pregunta (la cual es exógena) (López-Feldman, 2012).

Dado lo anterior, López-Feldman (2012) define t^1 como la primera cantidad ofrecida y t^2 como la segunda y agrupa a los individuos en las siguientes categorías:

1. La respuesta a la primera pregunta es sí y a la segunda es no, entonces $t^2 > t^1$. En este caso el intervalo para la DAP es $t^1 \leq \text{DAP} < t^2$.
2. La respuesta a ambas preguntas es sí, entonces $t^2 \leq \text{DAP} < \infty$.
3. La respuesta a la primera pregunta es no y a la segunda es sí, entonces $t^2 < t^1$. En este caso el intervalo para la DAP es $t^2 \leq \text{DAP} < t^1$.
4. La respuesta a ambas preguntas es no, entonces $0 < \text{DAP} < t^2$.

Como se puede observar, formato dicotómico de doble límite permite definir los intervalos para la DAP de la categoría 1 y 3 a diferencia de formato dicotómico simple y, aunque que en las categorías 2 y 4 son similares a este, el doble permite obtener información más precisa sobre la DAP. Si se define y_i^1 y y_i^2 como las variables dicotómicas que representan las respuestas a la primera y a la segunda pregunta cerrada, la probabilidad de que un individuo responda sí y después responda no está dada por $Pr(y_i^1 = 1, y_i^2 = 0 | z_i) = Pr(s, n)$. Así mismo, bajo los supuestos de que la función $\text{DAP}_i(z_i, u_i) = z_i' \beta + u_i$ y $u_i \sim N(0, \sigma^2)$, la probabilidad de que cada uno de los casos se presente este dado por:

1. $y_i^1 = 1$ y $y_i^2 = 0$

$$\begin{aligned}
 Pr(s, n) &= Pr(t^1 \leq \text{DAP} < t^2) \\
 &= Pr(t^1 \leq z_i' \beta + u_i < t^2) \\
 &= Pr\left(\frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma} \leq \frac{u_i}{\sigma} < \frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\
 &= \Phi\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma}\right)
 \end{aligned}$$

Donde la última igualdad se obtiene usando $Pr(\alpha \leq X < b) = F(b) - F(\alpha)$, de modo que usando la propiedad de simetría de la distribución normal se tiene que:

$$Pr(s, n) = \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma}\right) - \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right)$$

2. $y_i^1 = 1$ y $y_i^2 = 1$

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

Empleando la regla de Bayes en donde $Pr(A|B) = Pr(A|B) * Pr(B)$, se tiene:

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

Ya que si $t^2 > t^1$, $Pr(z_i' \beta + u_i > t^1 | z_i' \beta + u_i \geq t^2) = 1$ entonces:

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

Así que, por simetría:

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

3. $y_i^1 = 0$ y $y_i^2 = 1$

$$\begin{aligned} Pr(s, n) &= Pr(t^2 \leq DAP < t^1) \\ &= Pr(t^2 \leq z_i' \beta + u_i < t^1) \\ &= Pr\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma} \leq \frac{u_i}{\sigma} < \frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \\ &= \Phi\left(\frac{t^1 - z_i' \beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t^2 - z_i' \beta}{\sigma}\right) \end{aligned}$$

$$Pr(s, n) = \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^2}{\sigma}\right) - \Phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^1}{\sigma}\right)$$

4. $y_i^1 = 0$ y $y_i^2 = 0$

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

En este caso ya no es posible estimar la DAP con el modelo Probit tradicional como lo era con el formato dicotómico simple, de modo que López-Feldman (2012) propone construir una función de verosimilitud para obtener los estimadores β y σ directamente mediante una estimación de máxima verosimilitud. La función por maximizar tiene la siguiente forma:

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

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 la categoría que le corresponda a cada individuo. De este modo se puede obtener directamente $\hat{\beta}$ y $\hat{\sigma}$ y, posteriormente, se estima la DAP con la función utilizada anteriormente:

$$E(DAP|\bar{z}, \hat{\beta}) = \bar{z}' \begin{bmatrix} -\hat{\alpha} \\ \hat{\delta} \end{bmatrix}$$

Donde \bar{z}' se definió como un vector con los valores específicos de las variables explicativas, para cada individuo, para cierto grupo de individuos o para el promedio.

6. Resultados

El cuadro 6 provee un resumen de las principales características de los encuestados en la cuenca de Río Pajaritos. El 45% de los encuestados fueron mujeres y la edad media de éstos fue de 44 años. De acuerdo con la muestra en promedio, los hogares de la cuenca están compuestos por 4 integrantes con 2 hijos por hogar. Los quehaceres del hogar y la agricultura son las principales ocupaciones de los encuestados con el 33% y 26% respectivamente. De los 283 encuestados, solo 2 había realizado estudios de posgrado, lo que equivale al 0.71%, el 11.31% tiene estudios de licenciatura, el 27.56 terminó la educación media superior, el 25.80% concluyó la secundaria y el resto solo terminó la primaria.

El 80% de los encuestados dijo usar el agua de la cuenca para labores del hogar, el 42% la usa en actividades agrícolas, el 25% en actividades ganaderas y el 24% en actividades recreativas, la pesca es la actividad que menos realizan, ya que solo es el 17%. Lo anterior es similar al comportamiento por sector que tienen los municipios en los que se encuentra Río Pajaritos, como se vio en la caracterización. La gran mayoría considera el agua como un recurso escaso y no pertenecen a ninguna asociación que promueva el cuidado del medio ambiente.

Cuadro 6. Resultados de la información demográfica

<i>Variable</i>	<i>Definición</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Est.</i>
mujer	Si el encuestado es mujer (1 = Sí, 0 = No)	0.45	0.499
edad	Edad en años	43.74	15.13
integrantes	Número de integrantes del hogar	3.99	1.61
ingreso	Ingreso del hogar en pesos por mes (1 = Menos de \$4000, 2 = \$4001 a \$ 6000, 3 = \$6001 a \$8000, 4 = \$8001 a \$12000, 5 = Más de \$12000)	1.71	0.946
hijos	Número de hijos por hogar	2.08	1.17
recurso	Respuesta a la pregunta: ¿considera que el agua es un recurso escaso? (1 = Sí, 0 = No)	0.91	0.289
ocupación	Ocupación del encuestado (1 = Ganadería, 2 = Agricultura, 3 = Construcción, 4 = Labores del hogar, 5 = Otro (especifique))	3.32	1.35

ganadería	Porcentaje de encuestados que se dedican a la ganadería	10.64%	
agricultura	Porcentaje de encuestados que se dedican a la agricultura	25.89%	
construcción	Porcentaje de encuestados que se dedican a la construcción	7.45%	
labores del hogar	Porcentaje de encuestados que se dedican a las labores del hogar	33.33%	
otro	Porcentaje de encuestados que se dedican a alguna otra actividad no especificada anteriormente.	22.70%	
estudios	Nivel más alto de estudios del encuestado (1 = Primaria, 2 = Secundaria, 3 = Bachillerato, 4 = Licenciatura, 5 = Posgrado)	2.18	1.076
primaria	Porcentaje de encuestados cuyo máximo nivel de estudios es la primaria	34.63%	
secundaria	Porcentaje de encuestados cuyo máximo nivel de estudios es la secundaria	25.80%	
bachillerato	Porcentaje de encuestados cuyo máximo nivel de estudios es el bachillerato	27.56%	
licenciatura	Porcentaje de encuestados cuyo máximo nivel de estudios es una licenciatura	11.31%	
posgrado	Porcentaje de encuestados cuyo máximo nivel de estudios es un posgrado	0.71%	
Principales usos del agua:			
quehaceres	El encuestado usa el agua para esta actividad (1 = Sí, 0 = No)	0.8	0.4
agricultura	El encuestado usa el agua para esta actividad (1 = Sí, 0 = No)	0.42	0.49
ganadería	El encuestado usa el agua para esta actividad (1 = Sí, 0 = No)	0.25	0.44
turismo	El encuestado usa el agua para esta actividad (1 = Sí, 0 = No)	0.24	0.43
pesca	El encuestado usa el agua para esta actividad (1 = Sí, 0 = No)	0.17	0.38
otrouso	El encuestado usa el agua para esta actividad (1 = Sí, 0 = No)	0.04	0.19

Fuente: elaboración propia.

Dado que la variable respuesta1 muestra la respuesta de la DAP de los encuestados al proponerles aleatoriamente uno de los montos que se presentan en el cuadro 4 como oferta1, esta se considera exógena al no depender de la segunda oferta (oferta2), de modo que se utilizó para hacer la estimación de la DAP media de los encuestados, así como para estimar un modelo Probit, como si se tratase de un modelo de valoración contingente con formato dicotómico simple.

En el cuadro 7 se muestra los resultados de la elección dicotómica. Se realizaron 283 encuestas en las localidades pertenecientes a la cuenca Río Pajaritos, de las cuales 188 personas estuvieron de acuerdo en pagar primera cantidad ofrecida (oferta1) y 95 que respondieron que no estaban de acuerdo con la cantidad. La DAP media fue de \$28 trimestralmente por hogar, estimado mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i y_i$$

Donde N es el total de encuestas, X_i es el nivel de oferta, y y_i es el total de respuestas afirmativas al nivel ofertado al encuestado.

Cuadro 7: Resultados de la elección dicotómica

Nivel de oferta	Encuestados por nivel de oferta	Encuestados que respondieron SÍ a la oferta	Encuestados que respondieron NO a la oferta
20	81	57	24
30	62	42	20
50	73	53	20
80	67	36	31
Total	283	188	95

Fuente: Elaboración propia

Se estimaron tres diferentes modelos de tipo Probit. El modelo 1 incluye como variable explicativa únicamente oferta1, que como se dijo anteriormente, es el primer monto ofrecido al encuestado. Esta variable es significativa y con signo negativo, de modo que cuanto más alto es el primer monto ofrecido, la probabilidad de que la respuesta sea “sí” será menor.

En el modelo 2 se incluyeron variables socioeconómicas, así como la percepción de escasez del agua y como se muestra en el cuadro 8 oferta1, sigue siendo significativa y negativa. Así mismo, la variable hijos tiene signo negativo, esto implica que a mayor número de hijos menor será la probabilidad de decir que sí, mientras que el ingreso influye positivamente en

la respuesta. La variable recurso es positiva, por lo que la probabilidad de responder sí será mayor si el encuestado considera el agua como un recurso escaso.

Por otra parte, el modelo 3 incluyó las variables consideradas en el modelo 2 y adicionalmente se incluyeron los usos del agua de las principales actividades económicas de la región como variables explicativas. En este caso los usos en las actividades económicas enfocadas en la agricultura y la ganadería son significativas y positivas, de modo que, cuanto más se use el agua para éstas, mayor será la probabilidad de responder sí a la pregunta de elección dicotómica, mientras que el turismo tiene un efecto negativo.

Cuadro 8: Resultados de los modelos de tipo Probit (modelo dicotómico simple)

VARIABLES	(1) Modelo 1	(2) Modelo 2	(3) Modelo 3
oferta1	-0.00668** (0.00334)	-0.00691** (0.00348)	-0.00739** (0.00358)
edad		-0.00595 (0.00607)	-0.00813 (0.00631)
estudios		0.00531 (0.0900)	0.0154 (0.0919)
mujer		-0.181 (0.163)	-0.0544 (0.175)
hijos		-0.124* (0.0721)	-0.123 (0.0749)
ingreso2		0.000105* (5.65e-05)	0.000120** (5.89e-05)
recurso		0.858*** (0.274)	0.675** (0.280)
agricultura			0.318* (0.180)
ganadería			0.409* (0.213)
pesca			-0.270 (0.248)
turismo			-0.417** (0.208)
Constante	0.724*** (0.169)	0.0462 (0.503)	0.0981 (0.531)
Observaciones	283	283	283

Error estándar en paréntesis
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: elaboración propia

Los modelos estimados anteriormente se validaron mediante el cálculo del test de Wald, este dio como resultado valores que se muestran en el cuadro 9. A mayor valor del estadístico

Chi-cuadrada, mayor es el grado de asociación entre las variables y en el modelo 2 y 3 son altos, así mismo, los valores de p-value en todos los casos es menor a 0.05, incluso el del modelo 1, de modo que se podría rechazar la hipótesis de que los parámetros de interés son simultáneamente iguales a cero, por lo que incluir las variables consideradas da un mejor ajuste a cada uno de los modelos.

Dado que los tres modelos pasaron la prueba de significancia conjunta se estimó DAP para cada uno de ellos y se presentan en el cuadro 10. Como se puede observar el modelo 1 estima una DAP de \$108 por hogar trimestralmente, al considerar las variables socioeconómicas en el modelo 2 la DAP es de \$110 y en el modelo 3 donde se consideran las variables sobre el uso del agua la DAP es de \$109 por hogar trimestralmente, de modo que los resultados solo difieren en \$1.

**Cuadro 9: Resultado de la prueba de Wald
para los modelos de tipo Probit**

<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 2</i>	<i>Modelo 3</i>
Chi2 (1)	Chi2 (7)	Chi2 (11)
4	26.35	37.67
P-value	P-value	P-value
0.0455	0.0004	0.0001

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Resultados de la DAP para los modelos tipo Probit

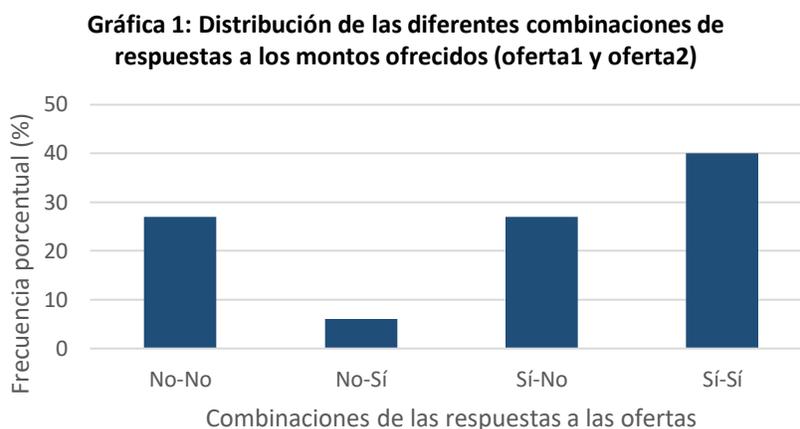
respuesta1	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	<i>Coef.</i>	<i>Std. Err.</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std. Err.</i>	<i>Coef.</i>	<i>Std. Err.</i>
DAP	\$108.3004	33.66446	\$109.8003	34.73343	\$108.6471	32.75152

Fuente: elaboración propia

Los siguientes modelos son con formato dicotómico de doble límite, en este se pregunta al encuestado si está dispuesto a pagar una cantidad aleatoria (oferta1) y dependiendo su respuesta, se ofrece una segunda cantidad (oferta2), si la respuesta a la primera oferta fue

negativa, la segunda oferta será menor, en caso de que fuera positiva, la segunda oferta sería mayor, estas cantidades se presentaron en el cuadro 3.

En la gráfica 1 se muestran la distribución de las posibles combinaciones a los montos ofertados antes descritos, en la que se puede observar que el binomio Sí-Sí fue al que más recurrieron los encuestados y el que se eligió con menor frecuencia fue “No-Sí”.



Fuente: Elaboración propia

En este caso también se estimaron tres modelos, uno en el que solo se incluye como variable explicativa las ofertas (oferta1 y oferta2), un segundo en el que se incluyen variables socioeconómicas y un tercero en el que se incorporan los usos que le dan los encuestados al agua de la cuenca, los resultados se pueden ver en la cuadro 11.

Cuadro 11. Resultados de los modelos de tipo Doubleb (modelo dicotómico de doble límite).

VARIABLES	(1) Modelo 1	(2) Modelo 2	(3) Modelo 3
Beta			
edad		0.0510 (0.375)	0.0192 (0.376)
estudios		3.147 (5.565)	4.167 (5.544)
mujer		-15.58 (10.05)	-7.989 (10.39)
hijos		-8.682* (4.600)	-8.172* (4.573)
ingreso2		0.00671** (0.00327)	0.00692** (0.00326)

recurso		46.50*** (17.81)	37.88** (17.91)
agricultura			13.79 (10.67)
ganaderia			17.73 (12.16)
pesca			-1.550 (15.17)
turismo			-26.88** (12.83)
Constante	56.80*** (5.229)	-3.110 (30.13)	-5.320 (30.89)
Sigma			
	76.67*** (6.463)	72.30*** (6.046)	70.99*** (5.934)
Observaciones	283	283	283

Error estándar en paréntesis
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: elaboración propia.

López-Feldman (2012) diseñó el comando doubleb en stata, este hace la estimación directa de $\hat{\beta}$ que es parte de la fórmula para el cálculo de la DAP, esto es $\tilde{z}'\hat{\beta}$. En el caso del primer modelo al no tener variables de control el valor de Beta es la DAP, en este caso es significativa e igual a \$57 que sería el pago que los habitantes de la cuenca estarían dispuestos a hacer por hogar trimestralmente.

El modelo 2 muestra significancia estadística solo en las variables hijos, ingreso y recurso, en la primera el signo es negativo y en otras dos el signo es positivo, esto implica que la influencia de la variable hijos no es distinta al modelo Probit y ante un aumento en la cantidad de hijos hay menos probabilidad de aceptar las ofertas propuestas pero a mayor ingreso y percepción de escases en el recurso a gente estaría dispuesta a hacer una aportación mayor. El modelo 3 que incluye los usos del agua en la zona muestra significancia estadística en las mismas variables y solo en el uso para turismo, conservando el signo negativo como en el modelo 3 de tipo Probit.

En el modelo 2 y 3 también se hicieron las pruebas de ajuste global. El test de Wald mostró un *Chi-cuadrado* de 22.46 con 6 grados de libertad y un p-value de 0.0010 para el modelo 2 y para el modelo 3 el *Chi-cuadrado* fue de 30.26 con 10 grados de libertad y el p-value de 0.0008, de modo que también se rechaza la hipótesis nula y se prueba que al agregar las

variables de control consideradas se logra un buen ajuste en los modelos y con ello es posible estimar la DAP para cada uno, los resultados se muestran en el cuadro 11. Como se puede ver en el cuadro 12, las DAP no varían significativamente entre los modelos de lección dicotómica dobles, en los tres casos la DAP es de \$57 por hogar trimestralmente.

Cuadro 12: Resultados de la DAP para los modelos tipo Doubleb

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.	Coef.	Std. Err.
DAP	\$56.79757	5.228806	\$56.57029	4.984889	\$56.52387	4.919229

Fuente: elaboración propia

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 R², en el caso de aplicar el método de Máxima Verosimilitud no existe una medida similar (Sánchez, 2020), de modo que, si se considera a López-Feldman (2010) que dice que el modelo de doble límite proporciona más información porque se tienen dos respuesta de un individuo y, siguiendo el criterio de Hanemann, et al. (1991) el cual propone utilizar los intervalos de confianza (entre más pequeños sean, las estimaciones serán más precisas), se eligió dicho método (dicotómico de doble límite) porque en este caso, presenta intervalos de confianza de menos de \$1 con respecto a la DAP. Cabe mencionar que los resultados encontrados se asimilan a los encontrados por Sánchez (2020) en la selección del modelo en su valoración económica.

Cuadro 3: DAP anual por hogar y por subcuenca para la estimación Probit y Doubleb (valores en pesos)

Probit	<i>DAP anual por hogar</i>	<i>DAP anual total</i>
Modelo 1	433.20	3,114,708.00
Modelo 2	439.20	3,157,848.00
Modelo 3	434.56	3,124,486.40
Doubleb		
Modelo 1	227.16	1,633,280.40
Modelo 2	226.28	1,626,953.20
Modelo 3	226.08	1,625,515.20

Fuente: elaboración propia

Aunque el modelo que más se ajusta es el Doubleb, en el cuadro 13 se presentan los resultados para las tres estimaciones de cada modelo obtenido por tipo de estimación (Probit y Doubleb), considerando 7190 hogares. Dada la DAP de \$56.79 trimestrales por hogar del modelo dicotómico de doble límite se tiene que, anualmente, cada hogar estaría dispuesto a pagar \$227¹⁵, lo que no es muy diferente a lo encontrado por Jaramillo-Villanueva, et al. (2013) para la restauración del Río Tlapaneco en Guerrero (132.9 pesos), lo que encuentra Sánchez (2020) para el servicio de provisión de agua en Altotonga, Veracruz (91.2 pesos por año) y lo que reporta Aguilar Sánchez & De la Rosa Mejía (2018) para Almoloya del Río, Estado de México por la calidad del agua (104.95 pesos por año). Dado que hay 7190 hogares en la subcuenca, la aportación anual por mantener la calidad de agua sería de \$1,633,280, que pueden ser obtenidos a través de los pagos anuales que realiza la población por el servicio del agua potable.

¹⁵ Se multiplicaron los \$57 que pagaría cada hogar trimestralmente por los 4 trimestres del año.

7. Conclusiones

El agua es un recurso indispensable para los seres vivos y, a pesar de ello, está muy amenazada por el crecimiento de la población, las crecientes demandas de la agricultura y la industria, y el empeoramiento de los impactos del cambio climático (ONU, 2021). De continuar con dichas presiones, se espera que el planeta deberá hacer frente a un déficit global de agua del 40% de aquí a 2030, esto según el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2015 de la UNESCO (2015), de modo que la única solución que encuentran viable es aprender a administrar este recurso vital de forma sostenible.

La valoración económica del agua es muy importante, ya que permite una mejor y correcta gestión, evaluación y utilización de esta. Por ello, en este trabajo se realizó una Valoración Contingente para conocer el valor económico del agua en la subcuenca de Río Pajaritos, específicamente el servicio de calidad del recurso de la cual se benefician los usuarios de dicha subcuenca. Para dicha valoración se aplicaron 283 encuestas en 4 localidades (Mozombo, Tinajitas, Santa Rosa y San Isidro), divididas en proporción directa al número de usuarios por localidad.

Con la aplicación del cuestionario se encontró que la mayoría de los habitantes de la cuenca se dedica a los quehaceres del hogar y la agricultura, solo el 0.71% de la población ha realizado estudios de posgrado, el 11.31% tiene estudios de licenciatura, el 27.56% terminó la educación media superior, el 25.80% concluyó la secundaria y el resto solo terminó la primaria. El 91% de la población considera al agua como un recurso escaso.

Mediante el cuestionario se encontró que 188 personas estuvieron de acuerdo en pagar una de las cuatro cantidades ofrecidas de forma aleatoria en la primera pregunta (\$20, \$30, \$50 o \$80) y 95 respondieron que no estaban de acuerdo en pagar dicha cantidad, de modo que la disposición a pagar (DAP) media fue de \$28 trimestralmente por hogar.

Además se estimaron tres modelos de tipo Probit, ya que la encuesta aplicada permite tratar los datos como si se tratara una valoración contingente con formato dicotómico simple. El

modelo que mejor ajuste mostró fue el que incluyó variables de ajuste, de las cuales las que resultaron significativas y positivas fueron el ingreso, el recurso, la agricultura y la ganadería, lo que implica que a mayor ingreso, consideración de agua como recurso escaso, uso en agricultura y ganadería, la DAP también incrementa. Caso contrario con las significativas y negativas que fueron la primera cantidad ofrecida y el uso en turismo. La DAP resultante en este caso fue de \$108.64 trimestrales por hogar.

Se estimaron también tres modelos con formato dicotómico de doble límite. En el caso del modelo que incluye variables de ajuste se encontró significativa y positiva la variable ingreso que implica que a mayor ingreso mayor es la DAP. Así mismo, las variables hijos y turismo fueron significativas y negativas, de modo que a mayor número de hijos y uso de la cuenca para turismo, la DAP es menor. En este caso, la DAP estimada para este modelo fue de \$57 trimestrales por hogar, lo que equivale a \$228 pesos anuales por hogar.

Debido a que los intervalos de confianza de la estimación de la DAP de modelo doble límite fueron menores y según Hanemann, et al. (1991), este es un buen criterio para elegir un modelo y no otro, la valoración total de la calidad del agua de la subcuenca Río Pajaritos se hizo con los \$56.79. Considerando la DAP de \$56.79 trimestrales por hogar del modelo dicotómico de doble límite, se tiene que, anualmente, cada hogar estaría dispuesto a pagar \$228 y, dado que hay 7190 hogares en la subcuenca, la aportación anual por mantener la calidad de agua sería de \$1,633,280. Este valor económico declarado para el servicio de calidad del agua de la subcuenca es el monto de solo un servicio ecosistémico que se pondría en riesgo de instalarse una mina a cielo abierto en la región de Río Pajaritos.

A modo de conclusión se propone que este valor sea considerado para analizar la conveniencia de detener los proyectos que en esta área se planeen, ya que es el valor de un solo atributo que no tiene precio en el mercado. Así mismo, se propone que en caso de que se apruebe alguno, usar la cantidad de \$1,633,280 anualmente (por año de vida del proyecto) como monto mínimo que se deba incluir en un fondo (por subcuenca hidrológica potencialmente afectada) de emergencia, que pueda ser utilizado para la restauración de los ecosistemas que sean dañados, ya que este es el valor que los pobladores estiman que

perderían de verse afectada la calidad del agua que disponen para su uso. Además, es fundamental incluir a los pobladores en la toma de decisiones de manera libre, previa e informada, sobre los recursos de los que dependen para vivir y, sobre todo, velar por sus derechos, en este caso, el derecho humano al agua de calidad.

Referencias

- 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.
- Arriaga Cabrera, L., Vázquez Domínguez, E., González Cano, R., Jiménez, R., Muñoz López, E., & Aguilar Sierra, V. (1998). *Regiones Marinas Prioritarias de México* (Primera ed.). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_049.html
- 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 del agua municipal. *Front Norte*, 22(43), 103-128.
- Barrios, M. (2009). *Valoración económica ambiental del Río Pilcomayo. Estudio de caso en el Municipio de Potosí*. La paz: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/2114/T-1091.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- Bell, A., Ali, S., & Ward, P. (2014). Reimagining cost recovery in Pakistan's irrigation system through willingness to pay estimates for irrigation water from a discrete choice experiment. *Water Resour*, 6679-6696.
- Burt, Z., Njee, R., Mbatia, Y., Msimbe, V., Brown, J., Clasen, T., . . . Ray, I. (2017). User preferences and willingness to pay for safe drinking water: experimental evidence from rural Tanzania. *Social Science & Medicine*, 173, 63-71.
- Candelaria Mining Corp. (2017). *Proyecto La Paila. Capítulo I: Datos Generales de Proyecto, del Promovente y del Responsable del Documento Técnico Unificado*. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/consultatramite/estado.php>. Obtenido de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/consultatramite/estado.php>
- CEIEG. (30 de abril de 2021). *Comité Estatal de Información Estadística y Geografía de Veracruz*. Obtenido de Cuadernillos Municipales 2020: <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2020/12/03/cuadernillos-municipales-2020/>
- Champ, P. A., Boyle, K., & Thomas, B. (2003). *A Primer on Nonmarket Valuation*. Kluger Academic Publishers.
- Cisneros, J., Alpizar, F., & Madrigal, R. (2007). Valoración económica de los beneficios de protección del recurso hídrico bajo un esquema de pago por servicios ecosistémicos en Copan Ruinas, Honduras. *Recursos Naturales y Ambiente*, 143-152.
- Del Saz Salazar, S., & García, L. (2002). *Disposición a pagar versus disposición a ser compensado por mejoras medioambientales: evidencia empírica*. Valencia: Universitat de Valencia.
- Del Saz-Salazar, S., García-Rubio, M., González-Gómez, F., & Picazo-Tadeo, A. (2016). Managing Water Resources Under Conditions of Scarcity: On Consumers' Willingness to Pay for Improving Water Supply Infrastructure. *Water Resources Management*, 1723-1738.
- Gómez, C., & Peláez, J. (04 de septiembre de 2020). *Minería en México: despojo, contaminación, conflictos y movilización*. Recuperado el 30 de abril de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/581439/Miner_a_en_M_xico__Despojo_contaminaci_n_conflictos_y_movilizaci_n.pdf
- González-Davila, O. (2013). *Ground water contamination and contingent valuation of safe drinking water in Guadalupe, Zacatecas, Mexico. Working Paper 180*. London: Department of Economics, SOAS, University of London, UK.

- Guerrini, A., Vigolo, V., Romano, G., & Testa, F. (2018). Levers supporting tariff growth for water services: evidence from a contingent valuation analysis. *Journal of Environmental Management*, 23-31.
- Hanemann, M., Loomis, J., & Kanninen, B. (1991). Statistical efficiency of double-bounded dichotomous choice contingent valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, 73, 1255-1263.
- Hernández, F. I., Vázquez Bracho Illescas, A., Loranca Rodríguez, K. G., & McManus 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.
- INEGI. (2014). *Conjunto de Datos de Erosión del Suelo. Serie I. Continuo Nacional*. Recuperado el 30 de abril de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Mapa>
- INEGI. (2017). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso del suelo y vegetación. Serie VI. Conjunto Nacional*. (2017 ed.).
- INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Recuperado el 30 de abril de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>
- INEGI. (2021). *Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2020*. (Tercera ed.).
- Jaramillo-Villanueva, J. L., Galindo-De-Jesús, G., Bustamante-González, Á., & Cervantes-Vargas, J. (2013). Valoración económica del agua del río Tlapaneco en la "Montaña de Guerrero" México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(3), 363-376.
- Kwak, S.-Y., Yoo, S.-H., & Kim, C.-S. (2013). Measuring the willingness to Pay for tap water quality improvements: Results of a contingent valuation survey in Pusan. *Water*, 1638-1652.
- LAVIDA. (2017). *Comunicado al respecto de La Paila*. Xalapa, Veracruz.
- Lienhoop, N., & Messner, F. (2009). The economic value of allocating water to post-mining lakes in the East Germany. *Water Resour Manage*, 23(5), 965-980.
- López-Feldman, A. (2012). Introduction to contingent valuation using Stata. *MPRA Paper No. 41018*.
- López-Portillo, J., Lara-Domínguez, A., Ávila-Ángeles, A., & Vázquez-Lule, A. (2009). Caracterización del sitio de manglar La Mancha. En *Citios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. México, D.F.: CONABIO.
- Loyola, R., García, E., Abadía, N., Casana, I., Miyashiro, E., & Vargas, S. (2015). *Manual de valoración económica del patrimonio natural* (Primera ed.). Lima, Perú: MINAM: GIZ.
- Lozano, J. (2010). *Evaluación de impacto ambiental para el área de explotación minera Bloque JG7-165111 para material de arrastre-Boyacá*. Boyacá.
- Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1993). *Using surveys to value public goods: the Contingent Valuation Method* (Third ed.). Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Mora, E. U. (2016). *Derecho al agua y minería en busca de mecanismos idóneos de protección del derecho*. Bogotá, Colombia.
- Ojeda, M. I., Mayer, A. S., & Solomon, B. D. (2008). Economic valuation of environmental services sustained by water flows in the Yaqui River Delta. *Ecological economics*, 65, 155-166.
- ONU. (2021). *Día Mundial del Agua. 22 de marzo*. Recuperado el 30 de abril de 2021, de <https://www.un.org/es/observances/water-day>
- Peresbarbosa, E. (2018). Estrategias de protección de la costa central de Veracruz: corredor migratorio de importancia mundial. En *En Defensa del Patrimonio Natural y Cultural de Veracruz* (págs. 71-77).
- Pérez-Verdin, G., Sanjurjo-Rivera, E., Galicia, L., Hernández-Díaz, J., Hernández-Trejo, V., & Marquez-Linares, M. A. (2016). Economic valuation of ecosystem services in Mexico: Current status and trends. *Ecosystem Services*, 21, 6-19.

- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D., & McGilvray, J. (2011). *Natural Resource and Environmental Economics* (4a ed.). Harlow, United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Polyzou, E., Jones, N., Evangelinos, K., & Halvadakis, C. (2011). Willingness to pay for drinking water quality improvement and the influence of social capital. *The Journal of Socio-Economics*, 74-80.
- 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*.
- Ruelas-Monjardín, L., & Chávez-Cortés, J. (2006). La aplicabilidad del enfoque de planeación colaborativa en el manejo del agua: un estudio de caso en México. *Ingeniería hidráulica en México*, 57-68.
- Sánchez, J. J. (2020). *Tesis: Valoración económica de los servicios ambientales hídricos provistos por el Área Natural Protegida Río Pancho Poza*. Xalapa de Enríquez, Ver.
- SE. (2019). *Minería*. Obtenido de <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>
- Silva-Flores, R., Pérez-Verdín, G., & Nívar-Cháidez, J. (2010). Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosque*, 16(1), 31-49.
- SITAP. (2018). *Tarifas de Uso Doméstico*. Recuperado el 30 de abril de 2021, de <http://187.189.183.90/usodomestico.php>
- Suárez, K. (3 de abril de 2021). *El País*. Obtenido de López Obrador eleva el pulso contra las empresas mineras en México: <https://elpais.com/mexico/2021-04-03/lopez-obrador-eleva-el-pulso-contra-las-empresas-mineras-en-mexico.html>
- Tudela-Mamani, J. W. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú). *Desarrollo y Sociedad*(79), 189-237.
- Tussupova, K., Berndtsson, R., Bramryd, T., & Beisenova, R. (2015). Investigating willingness to pay to improve water supply services: application of contingent valuation method. *Water*(7), 3024-3039.
- UNESCO. (2015). *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, France.
- UNESCO. (30 de abril de 2021). *Urge una gestión más sostenible del agua, según un nuevo informe de las Naciones Unidas*. Obtenido de UNESCO: <https://es.unesco.org/news/urge-gestion-mas-sostenible-del-agua-segun-nuevo-informe-naciones-unidas>
- Vásquez, F., Cerdá, U., & Arcadio-y-Orrego-Suaza, S. (2007). *Valoración económica del ambiente*. Buenos Aires, Argentina: Thomson Learning.
- Vásquez, W. F., & De Rezende, C. E. (2016). Willingness to pay for the restoration of the Paraíba do Sul River: A contingent valuation study from Brazil. *Ecohydrology & Hydrobiology*.
- Vásquez, W., Mozumder, P., Hernández-Arce, J., & Berrens, R. (2009). Willingness to pay for safe drinking water: Evidence from Parral, Mexico. *Journal of Environmental Management*.
- Veronesi, M., Alberini, A., & Cooper, J. (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.

Apéndice I

Encuesta a los habitantes de Actopan sobre la calidad de agua de la microcuenca Río Pajaritos.

Esta encuesta es realizada por profesores y estudiantes del Posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM. El objetivo es conocer su opinión sobre la calidad del agua en la Cuenca Río Pajaritos.

El cuestionario le tomará aproximadamente 5 minutos.

Recuerde que no hay respuestas incorrectas, cuyas respuestas son completamente anónimas y que es fundamental que responda todas las preguntas.

¡Muchas gracias por su participación!

1. ¿Es usted habitante de alguna de las siguientes localidades? (Si lo es continuar, caso contrario, finalizar la entrevista) (Elegir la localidad)
 - a. Mozomboa
 - b. Tinajitas
 - c. San Isidro
 - d. Santa Rosa
 - e. Ninguna de las anteriores
2. ¿Sabe de dónde proviene el agua que consume? Si () No ()
¿De dónde? _____

La cuenca Río Pajaritos se ubica entre los municipios de Actopan, Alto Lucero y Úrsulo Galván, como se muestra en la imagen.



3. ¿Usa el agua de la cuenca del Río Pajaritos para alguna de las siguientes opciones?

- Uso Doméstico
- Agricultura
- Ganadería
- Uso recreativo
- Pesca
- Otro _____

4. ¿Cómo considera la calidad del agua de la que es usuario?
 - a) Buena
 - b) Regular
 - c) Mala
 - d) No sabe
5. ¿Considera al agua como un recurso escaso?
 - a. Si
 - b. No; ¿Por qué? _____
6. ¿Cuánto paga de agua al año? \$ _____
7. ¿Pertenece a alguna asociación que promueva el cuidado del medio ambiente?
SÍ () NO ()

Me permitiré relatarle un poco sobre el motivo de esta encuesta:

En tiempos recientes se otorgó una concesión a una empresa minera para el proyecto de extracción "La Paila", que le da el derecho de explorar la existencia de oro en un área de 55 mil hectáreas. Esta área se encuentra entre las cuencas Río Barranca Hernández y Pajaritos.

De aprobarse la instalación de una mina, se podrían generar diversos impactos ambientales relacionados con la contaminación del agua, tales como:

1. Menor disponibilidad de agua de calidad para el consumo humano (impactos negativos en la salud y problemas sociales);
2. Pérdida de especies que habitan en la cuenca del Río Pajaritos (como la pérdida de peces);
3. Menor disponibilidad de agua para el uso agrícola y ganadero (menor producción de los cultivos y ganado); y,
4. Pérdida de espacios para el uso recreativo (pocos o nulos espacios para convivir con familia o amigos).

Solo por darle un ejemplo, así podría verse el agua de la Cuenca Río Pajaritos si se instalara una mina:



8. Suponga que usted pudiera aportar una cuota trimestral por evitar que se deteriore la calidad de agua de la Cuenca Río Pajaritos ¿Estaría dispuesto a pagar dicha cuota durante 5 años y que se vea reflejado en su recibo de agua anual?

Si (pasar a la pregunta 9)

No (pasar a la pregunta 11)

9. Considerando que el pago trimestral promedio por el servicio de agua en el municipio de Xalapa es de \$90, ¿estaría dispuesto a donar cada tres meses (*cantidad aleatoria como oferta inicial*) para evitar que se deteriore la calidad del agua de su municipio?

a. Sí (pasar a la pregunta 10)

b. No (pasar a la pregunta 10)

Oferta inicial	Oferta arriba	Oferta abajo
20	30	10
30	50	20
50	80	30
80	120	50

10. ¿Estaría dispuesto a pagar (oferta arriba en caso de que la respuesta 9 sea SÍ u oferta abajo en caso de que la respuesta 9 sea NO)

11. ¿Por qué razón usted NO estaría dispuesto(a) a pagar?

a) No tiene dinero

b) Es responsabilidad del gobierno, no suya

- c) No cree necesario conservar la calidad del agua superficial
- d) No confía en que se utilice adecuadamente el dinero que pague
- e) Otra razón, ¿cuál? _____
12. Suponga que con el propósito de mantener la calidad del agua mediante la instalación de una planta de tratamiento del agua, el gobierno municipal propone incrementar la tarifa mensual en los siguientes montos. De las 4 opciones siguientes, ¿Cuál le parecería adecuada?
- a. \$100
- b. \$50
- c. \$30
- d. \$10
- e. Ninguna de las anteriores (indique el monto que considera justo)
13. Dígame, ¿qué siente usted cuando piensa en que podría instalarse una minera a cielo abierto en su municipio?
- a) Enojo, disgusto, desagrado
- b) Miedo
- c) Agrado, contento, a gusto
- d) No siente nada especial
14. ¿Cuál es su edad? _____
15. Sexo: Mujer () Hombre ()
16. Estado civil: a) Soltero () b) Casado() c) Unión libre() d) Otro()
17. ¿Cuántas personas viven en su hogar? _____
18. ¿Tiene hijos? Si () No () ¿Cuántos? _____
19. ¿Cuál es su nivel máximo de estudios?
- Primaria () Secundaria () Bachillerato () Licenciatura () Otro ()
20. ¿A qué se dedica? _____
21. Podría señalar su ingreso mensual familiar en alguna de estas opciones (se muestra la hoja o tarjetas):

Menos de \$4,000	\$4,001-\$6,000	\$6,001 - \$8,000	\$8,001 - \$12,000	Más de \$12,000
------------------	-----------------	-------------------	--------------------	-----------------