



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ECONOMÍA

ESTUDIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA SOBRE  
LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA  
HIDROGRÁFICA RÍO PAJARITOS, VERACRUZ.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**Licenciado en Economía**

PRESENTA:

**Wendy Vanessa Espino Cruz**



DIRECTOR DE TESIS:

Mtra. Karina Caballero Güendulain

Ciudad Universitaria, CDMX, 2022



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.



## AGRADECIMIENTOS

A la **Mtra. Karina Caballero Güendulain**, asesora de mi tesis, por sus consejos y apoyo brindado en la elaboración del presente trabajo.

Al **Dr. Saúl Basurto Hernández** por brindarme su apoyo e información para la elaboración del método de aplicación en el presente trabajo.

Expreso un agradecimiento sincero a ambos profesores por darme la oportunidad de formar parte del proyecto **PAPIME PE308420** con título “**Introducción a la valoración económica ambiental: teoría y práctica**”, en el que me permitieron retomar las fuentes de datos que formaron parte de los resultados del proyecto para la elaboración del presente trabajo.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por haberme ofrecido conocimientos y habilidades que me servirán a lo largo de mi vida profesional.

A la **Facultad de Economía**, profesores y compañeros que formaron parte de mi estancia en la universidad.

## DEDICATORIA

A mis padres **Silvia** y **Juan** por su amor, apoyo y motivación en cada etapa de mi vida.

A mi hermano **Juan** por su apoyo y a mi perrita **Pelusa**.

A mis amigas y compañeras de universidad, a la **Bióloga Angie** y a la **Geógrafa Daniela**, por estar en momentos importantes de mi vida y compartir experiencias juntas.

Resultado del esfuerzo fue por ustedes, los quiero mucho.



## Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1. ANTECEDENTES GENERALES .....	4
1.2. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN .....	5
1.3. OBJETIVOS .....	7
1.4. HIPÓTESIS .....	7
1.5. ESTRUCTURA DE TESIS .....	8
<b>2. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LA VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL</b> .....	<b>10</b>
2.1. EL VALOR ECONÓMICO AMBIENTAL .....	10
2.2. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS .....	12
2.3. BENEFICIOS DE LOS RECURSOS HÍDRICOS .....	15
2.3.1. <i>En ecosistemas</i> .....	16
2.3.2. <i>En actividades económicas</i> .....	18
2.3.3. <i>En protección de riesgos</i> .....	18
2.4. LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS .....	20
2.5. LA VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL .....	26
2.6. LOS MÉTODOS DE PREFERENCIAS EN LA VEA .....	33
2.7. IMPORTANCIA DE LA VEA EN LA CALIDAD AMBIENTAL .....	42
<b>3. EL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE</b> .....	<b>44</b>
3.1. ORIGEN DE LA VALORACIÓN CONTINGENTE.....	44
3.2. DEFINICIÓN .....	45
3.3. ANTECEDENTES DEL MÉTODO .....	45
3.4. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	46
3.5. REVISIÓN DE LITERATURA .....	49
3.6. ETAPAS DEL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE.....	53
3.6.1. <i>El servicio ecosistémico</i> .....	54
3.6.2. <i>La población objetivo</i> .....	54
3.6.3. <i>Diseño del cuestionario</i> .....	55
3.6.4. <i>El vehículo de pago</i> .....	57
3.6.5. <i>El formato de pregunta</i> .....	57
3.6.6. <i>Prueba piloto</i> .....	59
3.6.7. <i>Recolección de datos</i> .....	59

3.6.8.	<i>Sistematización de la información</i> .....	60
3.6.9.	<i>Elección del modelo econométrico para respuesta dicotómica</i> .....	60
3.6.10.	<i>Estimación de la Disponibilidad a Pagar</i> .....	63
3.6.11.	<i>Estimación de la Disponibilidad a Pagar total</i> .....	66
3.7.	CONCLUSIONES SOBRE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO.....	67
<b>4.</b>	<b>CONTEXTO DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA RÍO PAJARITOS.....</b>	<b>69</b>
4.1.	LOCALIZACIÓN .....	69
4.1.1.	<i>Territorio</i> .....	70
4.1.2.	<i>Temperatura</i> .....	71
4.1.3.	<i>Precipitación</i> .....	72
4.1.4.	<i>Uso del suelo</i> .....	72
4.2.	DINÁMICA SOCIAL .....	73
4.3.	DINÁMICA ECONÓMICA.....	76
4.4.	DINÁMICA AMBIENTAL .....	79
4.5.	CONTEXTO INSTITUCIONAL.....	83
4.6.	ESCENARIO ACTUAL DEL RÍO PAJARITOS.....	85
<b>5.</b>	<b>VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA RÍO PAJARITOS.....</b>	<b>89</b>
5.1.	ESTADO DEL ARTE .....	89
5.2.	DESARROLLO DEL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE.....	90
5.2.1.	<i>El servicio ecosistémico</i> .....	90
5.2.2.	<i>La población objetivo</i> .....	91
5.2.3.	<i>Diseño del cuestionario</i> .....	92
5.2.4.	<i>El vehículo de pago</i> .....	94
5.2.5.	<i>El formato de pregunta</i> .....	95
5.2.6.	<i>Prueba piloto</i> .....	96
5.2.7.	<i>Recolección de datos</i> .....	96
5.2.8.	<i>Sistematización de la información</i> .....	96
5.2.9.	<i>Elección del modelo econométrico</i> .....	98
5.3.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	101
5.4.	ANÁLISIS ECONOMÉTRICO.....	108
5.5.	CÁLCULO DE DISPOSICIÓN A PAGAR.....	114
5.6.	CONSIDERACIONES .....	119

<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>122</b>
<b>7. REFERENCIAS .....</b>	<b>125</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>135</b>

ANEXO 1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA MUESTRA HOGARES.

ANEXO 2. CUESTIONARIO DE VALORACIÓN CONTINGENTE.

ANEXO 3. CUADROS DE RESULTADOS DE DISPOSICIÓN A PAGAR POR HOGAR.





---

*Capítulo 1.*  
*Introducción*

---

## 1. Introducción

Los servicios ecosistémicos son todos los beneficios que obtenemos los seres humanos de los ecosistemas, a partir de este concepto se estudian los factores fundamentales asociados a la interacción entre sociedades y ecosistemas (Balvanera y Cotler, 2011). Los ecosistemas naturales, como son los cuerpos de agua, regulan la cantidad de agua que escurre por los ríos, proveen de recarga de acuíferos y brindan agua de calidad, y también contribuyen a proporcionar condiciones favorables para la realización de actividades productivas (Latterra et al., 2013). Por parte de los servicios ecosistémicos hídricos (SEH), que incluyen a la calidad del agua, estos servicios proveen de múltiples servicios de regulación, provisión, mantenimiento y soporte del hábitat en el medio ambiente, así como de beneficios culturales y no materiales para la población que habita la región.

Debido al constante incremento de la demanda del recurso proveniente de cuerpos de agua, los SEH cada vez son más degradados por la intensiva extracción del agua limpia destinada para distintas actividades productivas, ocasionando el agotamiento del recurso y mayor descarga de residuos. Por esta razón, actualmente resurge aún más la importancia de la conservación de cuencas hidrográficas en el corto y largo plazo, con el fin de mantener la calidad y cantidad del agua en los parámetros óptimos de uso sustentable.

El objetivo de este trabajo de tesis es contribuir en la materia de estudio a través de la estimación del valor económico que representa la calidad del agua, delimitado al caso de estudio de la subcuenca Río Pajaritos que recorre los municipios Actopan, Úrsulo Galván y Alto Lucero del estado de Veracruz. La metodología empleada consiste en la realización de la valoración económica ambiental (VEA) de la calidad del agua del Río Pajaritos, donde se valora económicamente el recurso hídrico existente en la subcuenca a través de la disponibilidad a pagar (DAP), mismo que cuantifica el beneficio adquirido de la calidad del agua para las distintas actividades económicas de las comunidades.

De igual manera, se identifica el vínculo entre un escenario bajo condiciones actuales de la calidad del agua superficial y el de un escenario hipotético que implique al recurso hídrico, escenario que se basa en el inicio de actividades mineras en el territorio. La construcción del escenario hipotético radica en la modificación del estado actual de los atributos de los servicios hídricos en la subcuenca, estos cambios provocan efectos negativos en el flujo de los arroyos, en el aumento de la temperatura del agua, en el aumento de la escorrentía superficial y por lo tanto en la contaminación de ríos y caudales

(Mokondoko, 2016). Asimismo, para obtener el valor económico del sitio de estudio se busca estimar la valoración proyectada desde el momento en el que se origina el cambio en el ambiente, esto significa que los cambios ocasionados por el sector instalado alteran el ciclo hidrológico, aumentan el depósito de sedimentos y se presenta mayor riesgo de contaminación del agua superficial que es clave para el suministro de comunidades.

En cuanto a la problemática que se aborda en el estudio, se enfoca en los factores que implican la pérdida de la calidad del agua como consecuencia de la explotación del recurso para el desarrollo de actividades económicas, principalmente la actividad minera, y otros más generalizados que son relacionados con el incremento del uso de mayores cantidades de agua potable. Por lo tanto, se analizan los efectos adversos que se perciben como impactos ambientales a nivel subcuenca que influyen en el estado de una degradación de la calidad del agua. A pesar de que es conocido para la mayoría de los agentes las consecuencias sobre el impacto que ocasiona la degradación de la calidad del agua, las comunidades e industrias que se localizan dentro del territorio continúan demandando el recurso hídrico con la justificación de que la destinan para sus actividades.

El objeto de estudio parte desde el concepto denominado SEH, y particularmente sobre los servicios de regulación y provisión que forman parte del rendimiento en los parámetros de conservación de la calidad del agua, ya que a través del estudio de los servicios ecosistémicos entre la interacción de los consumidores y medio ambiente se demuestra el beneficio ambiental que les proporciona. A partir de esto, se enuncian los lineamientos metodológicos en la elaboración del mercado hipotético que este basado en la teoría de la valoración económica ambiental, de manera que cuantifica la aportación de la calidad del agua superficial de la subcuenca al igual que la estimación sobre la contribución que representa conservar la calidad del agua de la subcuenca Río Pajaritos.

A través de los resultados de valoración contingente (MVC) que se obtienen de la metodología de VEA, se busca proponer un plan de acción que asegure la conservación de la calidad superficial a la que tiene acceso la población del Río Pajaritos. La finalidad de este caso de estudio, por lo tanto, se tiene el propósito de que los resultados sean de utilidad en el tema de gestión de los recursos hídricos y en el marco de adaptación regional ante la presencia de impactos negativos en el medio ambiente. También, se busca plantear puntos clave en la discusión de implicaciones en las estrategias de adaptación bajo los enfoques de un esquema basado en ecosistemas y de soluciones basadas en la naturaleza.

## 1.1. Antecedentes generales

El concepto SEH se ha vuelto cada vez más estudiado en la realización de valoraciones económicas, entre estos se destacan diversos estudios especializados en la regulación y aprovisionamiento por parte de ecosistemas hídricos en particular como son ríos, lagos, estuarios, etc. Las metodologías en el estudio de la VEA han tenido un amplio desarrollo en la medición de bienes y recursos que antes se consideraban intangibles, pero que actualmente son posibles de cuantificarse en términos de valores económicos. Conforme avanza el mejoramiento de metodologías de valoración, se ha logrado en los últimos años una mejor estimación del valor económico para diferentes cuestiones de impacto ambiental; esto demuestra que a partir de los resultados se continúa innovando en los mecanismos más apropiados para reflejar el valor económico ambiental, especialmente en los métodos que buscan acoplarse a la particularidad del bien y servicio ambiental.

Por parte del método que es enfocado en los SEH, para llevar a cabo mediciones en el estudio del bien y servicio ambiental que proporciona la calidad del agua es necesario considerar aspectos que estén basados en la descripción sobre el estado físico, bioquímico y químico del recurso (Reddy (Ed.), 2005). Los anteriores componentes también se explican a través de los parámetros biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos presentes en el ecosistema, de manera que también se incluye el estado ecológico que se es fundamental para la coexistencia (Directiva Marco del Agua, 2010). El parámetro biológico se compone de la flora y fauna acuática, el parámetro fisicoquímico incluye la oxigenación, nutrientes, temperatura, claridad del agua, el estado de acidificación y salinidad; mientras que, el parámetro hidromorfológico incluye a las condiciones y alteraciones en los atributos de profundidad, caudal y nivel de agua.

Por lo tanto, para llevar a cabo la VEA de la calidad del agua, es necesario revisar las recomendaciones sobre los métodos de valoración económico ambiental que representen íntegramente el valor económico de la contribución de la calidad del agua con respecto a los beneficios percibidos por los usuarios que hacen uso del recurso. No obstante, también se debe tener en consideración que en la elección de la metodología de valoración económica se pueden presentar problemáticas de elección (Roas J., 2001). La idea anterior se refiere a que, desde la perspectiva de la calidad del agua como un bien y servicio público, es común que se asocien varios atributos dentro del mismo elemento, asimismo que la población solo define el beneficio obtenido del consumo del agua y no el valor que representa en totalidad con respecto a la preservación del medio ambiente.

## 1.2. Planteamiento y justificación

El estado de Veracruz es una de las entidades que cuenta con una gran variedad de recursos hídricos. No obstante, en los últimos años se han identificado potenciales riesgos en la pérdida de calidad del agua superficial, principalmente a causa de una deficiente gestión en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos que se encuentran a lo largo del territorio. Las causas se asocian principalmente a la realización de actividades económicas de producción minera y agrícola que provocan la contaminación de cauces a causa de la descarga de residuos junto con la extracción desmedida del recurso hídrico. También, se consideran otros riesgos por la presencia de fenómenos naturales como son las inundaciones y sequías que alteran el funcionamiento del ciclo hidrológico, así como un aumento notable de la escorrentía superficial (Secretaría de Protección Civil, 2011).

En la sociedad, se experimenta un contexto de crecientes impactos negativos a causa del problema inminente del estrés hídrico y la afectación de la calidad del agua en los sistemas de cuerpos de agua regionales que están sujetos a las condiciones de extracción del recurso hídrico para actividades productivas, principalmente para la agricultura de riego y la minería. Respecto al caso de la minería, se destacan notas periodísticas de oposición acerca de la continuación en la instalación de mineras como fueron los encabezados: “Alertan ambientalistas sobre posible reactivación minera en La Paila” y “Crece el rechazo a mineras en Actopan”, en el que relatan la situación de protesta por parte de la comunidad y de ambientalistas veracruzanos que denuncian los potenciales daños que pueden causar la presencia de mineras para el medio ambiente, daños que repercuten en la degradación de ecosistemas y contaminación de estos.

Durante la actual situación se destaca la incertidumbre de los veracruzanos sobre los riesgos en el deterioro de la calidad del agua de ríos, lagunas y cauces existentes, al mismo tiempo en que tienen preocupación en el caso del vertimiento de aguas residuales por la industria. Ante esta situación y del desconocimiento por parte de la población sobre la importancia que representa el agua potable, surge la siguiente interrogante ¿qué valor monetario representa para los habitantes beneficiados de la zona de afluencia de la subcuenca Río Pajaritos, la pérdida de la calidad del agua?, pregunta que pone en relevancia el presente estudio para dar a conocer concretamente el valor económico ambiental de los servicios ecosistémicos hídricos que forman parte de la subcuenca Río Pajaritos, considerando principalmente la opinión de los principales usuarios que hacen uso de la calidad del agua de los cauces sobre la estimación de un valor económico fiable.

De esta manera, se considera que uno de los factores destacables en el método consiste en el desconocimiento de asignación de un valor económico por los pobladores que buscan cuantificar cuánto vale la calidad del agua. Una razón es debido a que el ingreso per cápita de la población es bajo por lo que no contemplan la responsabilidad sobre el cuidado del recurso, por lo tanto, en este estudio se busca proponer una cantidad aceptable de aportación monetaria destinada para la conservación del Río Pajaritos.

Ante las presentes circunstancias sociales y ambientales que preocupan a la población en general, se busca señalar las pérdidas económicas que pueden darse por prorrogar la defensa de los SEH ya que, bajo un escenario de degradación del servicio ecosistémico, la población se ve afectada respectivamente en su producción agrícola y pesquera. También, se destaca el tema del saneamiento y del desarrollo de la economía con el fin de comprender la forma de acceso en el consumo del agua. Los temas se abordan de manera que el libre acceso de agua y el saneamiento forman parte de un derecho humano (Anglés et al., 2021), derecho que realza la obligación de la autoridad del Estado mexicano para garantizar la disposición y el saneamiento del agua de consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible (DOF, 2012).

El agua como derecho humano plantea la acción del cuidado mediante medidas gubernamentales en la gestión del agua y de servicios hídricos que son significativas en la reducción del consumo excesivo y del desperdicio de agua de primer uso, logrando la eficiencia de uso y su conservación. Basado en lo anterior, en el presente trabajo de investigación se buscan formular áreas de oportunidad sobre la correcta gestión del agua, en el que los usuarios contemplen medidas de conservación a nivel de cuenca hidrográfica y en la protección de fuentes locales como medio de abastecimiento de agua potable.

De lo anterior planteado, se deduce que la importancia de puntualizar acciones para el saneamiento de los recursos hídricos en México permite reducir los impactos en el medio ambiente y con ello incrementar la resiliencia de los ecosistemas hídricos (Leal T. et al., 2008, pág. 91). Por este motivo, tratar el problema desde el punto de vista de cuenca hidrográfica a nivel regional integra distintos componentes de diagnóstico desde el sistema biofísico, socioeconómico y político-administrativo regional de modo que, con el empleo de este enfoque, se busca demostrar que el estudio de la VEA es un excelente medio para el diseño de política pública y de instrumentación, con un enfoque orientado en el desarrollo rural y en el manejo sostenible de los ecosistemas (Barrientos F., 2006).

### 1.3. Objetivos

Objetivo general.

Realizar una valoración económica de la calidad del agua de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos Veracruz mediante el método de valoración contingente, con objeto de considerar y cuantificar los beneficios que proporciona el servicio ecosistémico hídrico en los hogares aledaños de la subcuenca.

Objetivos particulares.

- Valorar la calidad del agua como un servicio ecosistémico de la subcuenca Río Pajaritos bajo el principio económico de utilidad que se encuentra basado en el método de preferencias declaradas de los hogares que hacen uso del recurso hídrico del Río Pajaritos.
- Conocer la Disponibilidad a Pagar de los hogares por efecto de conservar y cuidar la calidad del agua del Río Pajaritos ante el escenario hipotético de la instalación de una mina.
- Contribuir a la discusión de adaptación regional por medio de recomendaciones de gestión hídrica que garanticen la conservación de cuencas hidrográficas y disminuyan los riesgos de corto y largo plazo.

### 1.4. Hipótesis

El uso de un esquema de valoración económica ambiental basado en la valoración contingente es eficiente como método complementario en el análisis y valoración ecosistémica de la calidad del agua presente en la subcuenca Río Pajaritos, ya que la disposición a pagar de los usuarios refleja en cantidad monetaria los beneficios ambientales, sociales y económicos que representan conservar y cuidar la calidad del agua existente. Asimismo, el uso del método de preferencias declaradas refleja los distintos beneficios sociales y económicos que simboliza para la población el empleo del agua potable, por lo que la disponibilidad de pago de los hogares es proporcional al costo de realizar el pago por el cobro del servicio público del agua, con el fin de promover la protección de la calidad del agua y el mejoramiento del recurso hídrico.



### 1.5. Estructura de tesis

El desarrollo del trabajo de tesis se desarrolla en tres apartados que se encuentran a lo largo de seis apartados. La primera parte (Véase Capítulo 2), consiste en la elaboración de un marco teórico-conceptual basado en la teoría económica de la valoración económica ambiental junto con la descripción del método de Valoración Contingente de preferencias declaradas (Véase Capítulo 3). En la segunda parte, en el Capítulo 4, se describe el área de estudio y el contexto actual del territorio de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos, junto a una breve descripción sobre los aspectos socioeconómicos y ambientales que son de importancia al momento de valorar la calidad del agua; mientras que en el Capítulo 5, se da paso a la estimación de los resultados de la aplicación de método de Valoración Contingente seguida de una interpretación de los resultados obtenidos. Finalmente, como tercera parte (Véase Capítulo 6. Recomendaciones de gestión hídrica) se formulan distintas recomendaciones con base en los resultados de valoración económica, con el fin de conservar y proteger la calidad del agua del Río Pajaritos en los siguientes años.

---

*Capítulo 2.*

*Marco teórico-conceptual de la  
Valoración Económica Ambiental*

---

## 2. Marco teórico-conceptual de la Valoración Económica Ambiental

### 2.1. El Valor Económico Ambiental

Como primer paso para comprender en términos económicos qué es la VEA, es necesario saber que el concepto tiene el fin de representar el valor que asigna el individuo en el uso de un determinado bien y servicio ambiental. No obstante, estos bienes no suelen tener un valor propio, o bien forman parte de la producción de otros productos. Por lo tanto, el valor de los bienes ambientales se compone del precio de los que son bienes de mercado, los cuales generan directamente un flujo de utilidad en el consumidor (Azqueta, 2002).

Dentro de la estimación de un Valor Económico Ambiental, los métodos que forman parte de la Economía Ambiental (EA) tratan de integrar el valor que representa el bien o servicio ambiental con base en la teoría económica convencional, bajo el supuesto de la existencia de un mercado de asignación en el que los individuos usuarios y no usuarios expresan sus respectivas preferencias de consumo del bien. Mediante la teoría de la EA, Pearce y Turner (1990) introducen el concepto del VEA que se clasifica de dos maneras: por el valor de uso (VU) y el valor de no uso (VNU), los cuáles conforman el Valor Económico Total (VET) de un bien ambiental, expresado en la ecuación (1).

$$VET = VU + VNU \quad (1)$$

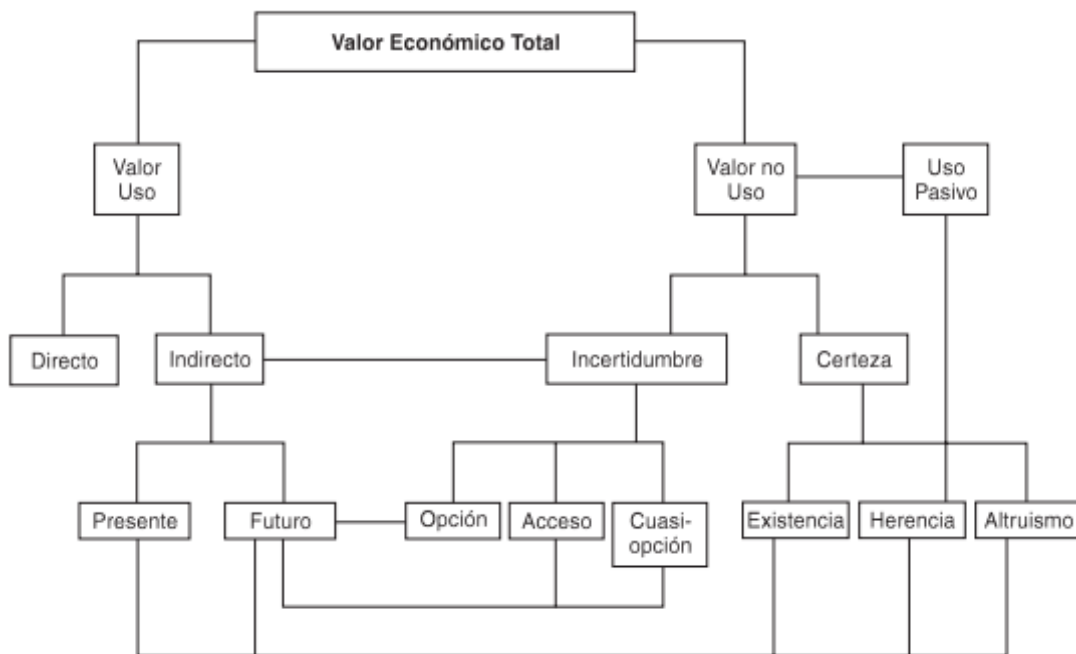
Por parte del *valor de uso* es el valor que otorgan los usuarios al bien o servicio en cuestión, mientras que el *valor de no uso* es el valor que corresponde principalmente al valor de opción (VO). En cuanto al valor de existencia (VE), refleja la intención que tienen los individuos por conservarlo, aunque no hagan uso del bien de forma directa (Labandeira et al., 2007). Ambos valores de VO y VE, se encuentran incluidos en el valor total del *valor de no uso*, mostrado en la expresión (2) a continuación.

$$VNO = VO + VE \quad (2)$$

En el diagrama del VET (Véase Figura 1), se muestran las categorías del valor económico que se subdividen en dos componentes de acuerdo si son valor y valor de no uso del bien ambiental, en este diagrama se observan cada una de las relaciones existentes entre el *valor de uso* que representa un bien destinado en consumo y producción; mientras que, el *valor de no uso* es otorgado a los beneficios alternativos vinculados al acceso y existencia de este. La diferencia principal entre los tipos de valor de uso consiste en el

desgaste del bien correspondiente esto es, en el valor de uso que se extrae de determinado recurso natural como son la madera o peces a partir de una cantidad disponible, mientras que en el valor de no uso son las actividades recreativas de senderismo y buceo que no modifican la cantidad de oferta existente del bien ambiental.

**Figura 1.** Descomposición del VET.



Fuente: Azqueta, 2002 y Labandeira et al., 2007.

Por lo tanto, se entienden que los componentes del VET de valor de uso son los que se consideran de empleo consuntivo (de uso directo) como pueden ser la madera o la pesca que se extrae del ecosistema, y los no consuntivos (de uso indirecto) que aportan valor como parte de las actividades recreativas como son en bosques y zonas costeras. Los valores de no uso se refieren a los beneficios que un individuo puede derivar de un bien o servicio ambiental sin siquiera interactuar físicamente con este (incluso puede no tener la intención de hacerlo ni ahora ni en el futuro), también son considerados como una valoración de incertidumbre, mientras lo que se comprende como valor de existencia es el valor que se le asigna a un bien o servicio ambiental sin siquiera conocerlo. Por ejemplo, los individuos pueden ser capaces de valorar un sitio natural sin siquiera conocerlo o solo con base en su intención de visitar la región. Por otro lado, los valores de legado se refieren al valor que las personas asignan a un bien o servicio ambiental por el simple hecho de que la generación actual y futura pueda disfrutar de ellos, considerándolos respectivamente como una opción de valoración por su mera existencia.

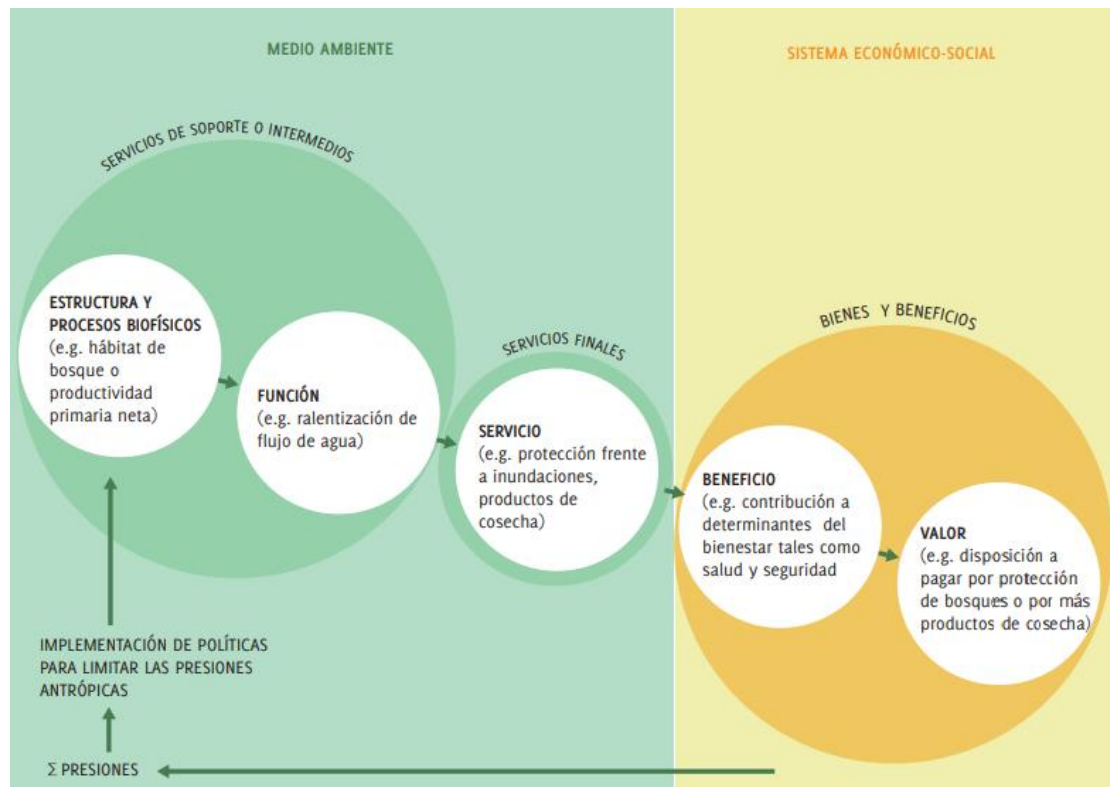
## 2.2. Los Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos (SE), se definen como todos los beneficios que los seres humanos obtenemos de los ecosistemas (Balvanera y Cotler, 2011). La unidad fundamental de los ecosistemas se compone de determinados elementos bióticos y abióticos indispensables para la conservación de la vida, de manera que los beneficios son proporcionados mediante flujos de bienes y servicios ambientales tanto directos como indirectos (Vásquez et al., 2007). Otro concepto en común son los servicios ambientales que se utiliza principalmente entre tomadores de decisiones que otorgan importancia al *medio ambiente*, pero no a las interacciones necesarias de la provisión de estos servicios.

Al ser considerados como beneficios los bienes y servicios, los SE forman parte en la estimación del valor económico total (VET) que incluyen los valores ambientales de uso y de no uso para un bien o servicio. Sin embargo, es importante considerar que los SE no cuentan con un precio de referencia en comparación con la mayoría de los bienes y servicios de mercado, debido a que los beneficios que dan a la sociedad son de carácter externo y no pueden ser fácilmente calculados. Por esta razón, la VEA busca el camino metodológico que descubra el valor real para los valores que son de no-mercado. Una primera posibilidad consiste en que muchos de los SE son compuestos, o bien forman parte en el valor total de otros bienes y servicios comerciables que generan directamente beneficios, de manera que no cuentan con un valor económico propio (Azqueta, 2002).

Para comprender cuáles son los SE y los beneficios que cada uno aportan, se puede observar en la iniciativa en el año 2013 acerca de la denominada Clasificación Común Internacional de Servicios Ecosistémicos (CICES por sus siglas en inglés). Iniciativa liderada por la Agencia Ambiental Europea (EEA por sus siglas en inglés) que se basa en la *cascada* de Haines-Young y Potschin publicada en 2012 sobre los bienes y servicios de los ecosistemas naturales, seminaturales o muy modificados que benefician directamente a personas y poblaciones. En la figura 2 se pueden observar las estructuras funcionales ecosistémicas para la generación de servicios ecosistémicos y de los consiguientes beneficios asociados, en los que se encuentran una división de cinco componentes presentes entre el medio ambiente y el sistema económico-social que son: de estructura y procesos biofísicos (aspectos ambientales), de función (la interacción entre estructura y procesos biofísicos), de servicios finales (donde se encuentra la clasificación CICES de los servicios ambientales), beneficios (la ganancia en bienestar) y sobre el valor (medida de beneficio expresada monetariamente como disposición a aportar un pago).

**Figura 2.** Cascada de clasificación de los servicios ecosistémicos.



Fuente: Haines-Young R. y Potschin M., 2012.

Como se observa, los SE son funciones que sustentan y proveen al ser humano a través de los productos que se obtienen de la naturaleza (Haines-Young y Potschin, 2012); además de que son los beneficios que se obtienen de la regulación de procesos ecosistémicos, servicios necesarios para la producción y mantenimiento del resto de los servicios entre ellos brindar de beneficios no materiales de los ecosistemas por medio de la reflexión, el desarrollo del conocimiento, la recreación y la experiencia estética (Pérez-Espejo et al., 2010). A continuación, se enumeran cada una de las categorías de los SE.

### 1. Servicios de provisión.

Corresponden a todos los productos nutricionales, materiales no nutricionales y energéticos de los sistemas vivos, incluidos los productos abióticos (oxígeno, agua, temperatura y luz solar). Esta categoría incluye los siguientes bienes: alimentos (animales y vegetales), fibras (madera, yute, cáñamo o seda), combustibles (madera y otros materiales biológicos que sirven como fuente para generar energía), recursos genéticos (genes e información genética animal y vegetal), bioquímicos, medicinas naturales y productos farmacéuticos, recursos ornamentales (derivados de animales

y plantas), así como el agua disponible para el consumo que igualmente forma parte del servicio de regulación.

## 2. Servicios de regulación y mantenimiento.

Incorporan los beneficios que sirven de soporte para mantener a los procesos ecosistémicos. De esta forma, los organismos vivos pueden mediar o moderar el entorno ambiental que afecta la salud humana, ejemplos son la seguridad o zona de confort, junto con equivalentes abióticos como son: mantenimiento de la calidad del aire (aporte o extracción de químicos), regulación del clima (tanto local y global), precipitaciones, control de temperaturas, secuestro de carbono, regulación del agua (escorrentía, inundaciones, almacenamiento de agua, etc.), control de la erosión (prevención de deslizamientos y la retención del suelo), purificación del agua y tratamiento de desechos (filtro y descomposición de desechos orgánicos), también puede incluirse la regulación de enfermedades humanas (abundancia de patógenos humanos o vectores), el control biológico (de plagas y enfermedades), la polinización (distribución, abundancia y efectividad de los polinizadores) y la protección contra tormentas (por vía reducción de daños).

## 3. Servicios culturales.

Corresponden con todos los productos no materiales que son normalmente de tipo no rival y de no consumo dentro de los ecosistemas (bióticos y abióticos), a su vez que afectan los estados físicos y mentales de las personas a través del enriquecimiento cultural, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y el disfrute. Los servicios pueden ser los valores educacionales, la inspiración (artística, folclórica, símbolos nacionales, arquitectura y publicidad), los valores estéticos (valores de belleza o estéticos), las relaciones sociales (tipos de relaciones sociales según tipos de culturas), el sentido de pertenencia (reconocimiento de figuras en su ambiente), los valores de patrimonio cultural (paisajes de importancia histórica o paisaje culturales significativos), y finalmente la recreación y el ecoturismo (la elección de lugares para pasar el tiempo libre en paisajes naturales o culturales).

#### 4. Servicios de hábitat.

Son los servicios que corresponden con los servicios intermediarios dentro del ecosistema que son necesarios para la producción y provisión de otros servicios ecosistémicos. Los servicios de apoyo son el hábitat de especies, la conservación de la diversidad genética, la regulación del ciclo del agua y la protección ante impactos.

### 2.3. Beneficios de los recursos hídricos

Como parte del estudio de la economía ambiental en la optimización del valor económico que representan los recursos hídricos, se busca identificar aspectos que correspondan con los valores sociales y ambientales. Es sabido que los servicios ambientales del agua proveen de beneficios en la realización de actividades económicas para la minería y agricultura, esto es por medio del beneficio que se percibe del flujo del agua de calidad. Los cuerpos de agua a través de cuencas y ríos proveen de funciones en la regulación del clima, la absorción de gases contaminantes y reducción de contaminación sónica, entre otros beneficios que sustentan la vida de los seres vivos y el equilibrio de los ecosistemas<sup>1</sup>.

Por parte de los servicios ecosistémicos que son proporcionados por el agua, también proveen de beneficios adicionales que cumplen con funciones indirectas como son en el ciclo de nutrientes y en la provisión de alimentos a los seres vivos, asimismo en el sostenimiento del ciclo del agua y control de inundaciones, sin contar con los servicios indirectos que benefician a comunidades en cuanto a la cultura y el disfrute no material. En la valoración a través del uso y no uso de estos los anteriores servicios se destaca que, para estimar una valoración, los valores no observables son revelados a partir de la modificación del recurso para su disfrute. En esta idea se destaca a la calidad del agua en el que su valor económico ambiental no es tan intuitivo en comparación con la valoración económica de otros servicios ambientales, ya que se pueden observar una variedad de efectos que otorga la calidad del agua en el conjunto de sistemas vivos y ecológicos que pertenecen a cada particularidad del bien y servicio (Lavín, 2015). A continuación, en las secciones subsecuentes se da paso a la exploración sobre los efectos y beneficios que proporcionan los recursos hídricos como servicio ecosistémico.

---

<sup>1</sup> Balvanera, P., & Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica*, (84-85), 8-15.



### 2.3.1. En ecosistemas

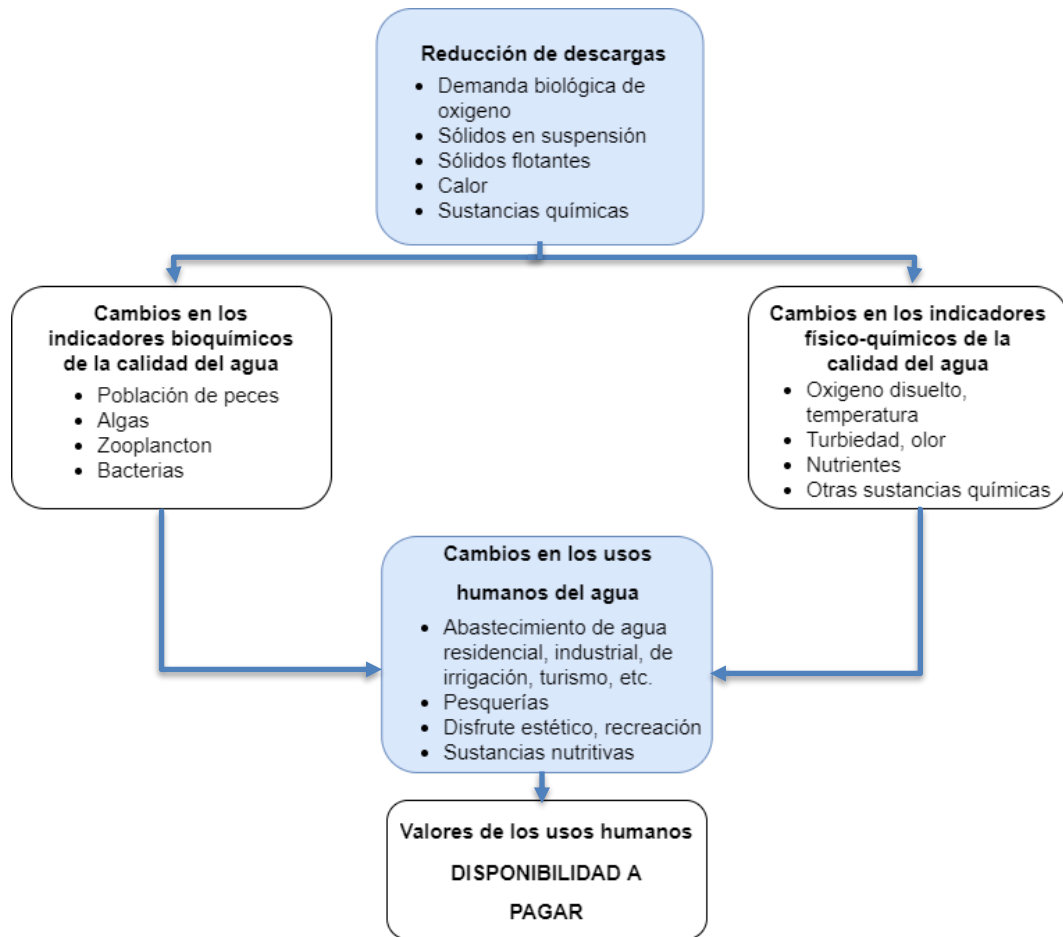
La presencia de un buen estado de calidad del agua se asocia directamente con la integridad de los ecosistemas naturales. La relación interdependiente de ambos elementos se enumera a continuación en el listado, en donde el buen estado de la calidad del agua otorga beneficios a las personas y medio ambiente como un servicio ecosistémico hídrico.

- Beneficio de aprovisionamiento y suministro en ecosistemas, esto es la difusión de niveles de oxígeno, agua potable, alimentos y fibras, etc.
- Regulación de la salinización, temperatura del agua y propiciador de polinización.
- Beneficio cultural por parte de la población que aprovecha de manera intangible el elemento hídrico; ejemplos son el enriquecimiento espiritual, el incremento de la recreación al aire libre, el disfrute de la belleza escénica, etc.
- Beneficio como medio de soporte en la provisión del agua para los ecosistemas, mayor formación de suelos, el sostenimiento del ciclo de nutrientes de hábitats, el fomento del ciclo del agua, etc.

Como fue revisado en las secciones anteriores, la calidad del agua es el resultado del acceso de los compuestos químicos, por los gases recibidos en el aire y también por parte del uso del suelo, junto con los procesos biológicos, socioeconómicos, geoquímicos y físicos, al igual que cambios en temperatura, humedad del aire y suelo (Leal et al., 2008).

En el caso de la mejora de la calidad del agua (Freeman III et al., 2014), diseñó el siguiente diagrama (Véase Figura 3), en el que se destacan distintas relaciones en los beneficios del recurso que intervienen sobre la base del nivel físico, químico y biológico, además de otros efectos que repercuten en los sistemas vivos y ecológicos en conjunto, que son resultado de un escenario de la mejora de la calidad del agua mediante una reducción de descargas de residuos en los cuerpos de agua. El diagrama de etapas de mejora se compone de la definición de dos cambios fundamentales en el ambiente, en una primera etapa de reducción de descargas de aguas residuales beneficia la composición tanto a nivel bioquímico como fisicoquímico con mejoras en la concentración de oxígeno disuelto (OD), la temperatura se regula, así como se preservan a las algas y las poblaciones de peces. Por parte de la segunda etapa, si se encuentra en un estado estable la calidad del agua, se beneficia el consumo del recurso de las personas que toman el agua potable y la emplean en la irrigación de cultivos, facilita suministro del agua industrial y municipal, de manera que también propician el uso recreativo en actividades de turismo.

**Figura 3.** Etapas de mejora en la calidad del agua.



Fuente: Adaptado de Freeman III et al., 2014 y Lavín, 2015.

Una vez visto el anterior diagrama, se debe considerar que la valoración económica de la calidad del agua es una tarea compleja tanto para el investigador como los individuos en la representación del valor económico, debido a que distintos impactos sobre este recurso pueden representar distintos cambios en el bienestar de estos. En consecuencia, el resultado de la mejora consiste en que las personas asignan un valor siempre y cuando tengan un punto de referencia, como son las mejoras en programas de saneamiento del agua, una mayor producción de cultivos y mejores opciones recreativas.

Por lo tanto, el uso no sustentable y deterioro de la calidad del agua como causa del agotamiento y contaminación, son afectaciones que debe ser un tema primordial de estudio debido a que el factor de la calidad del agua interviene directamente en la composición química, física y biológica de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Esto es principalmente porque la totalidad del beneficio de los servicios ecosistémicos hídricos,

benefician a personas y comunidades en virtud de la regulación de concentración de contaminantes (que ocasionan enfermedades) y de organismos nocivos para la salud.

### 2.3.2. En actividades económicas

El agua es clave para el soporte de la reducción de contaminantes en ríos, en cambio es común que la degradación la calidad del agua sea producto de la descarga de aguas residuales provenientes de la industria que modifican la composición de la cantidad y calidad agua. El riesgo de contaminación por la dinámica industrial consiste en que las aguas superficiales pueden ser afectadas por la propagación de químicos en los cuerpos de agua y el empeoramiento de la calidad del recurso hídrico, afectando consigo a la vida silvestre y consumo de seres humanos (SEMARNAT, 2016). Las consecuencias de la contaminación del agua también se atribuyen a la presencia de elementos en el suelo como son el arsénico y cianuro, conjuntamente con la contaminación que es generada por los residuos de la minería (metales pesados) y de la agricultura (plaguicidas y fertilizantes), sectores económicos que son conocidos por la generación de residuos químicos.

### 2.3.3. En protección de riesgos

Una vez considerada la importancia de la calidad del agua en los ecosistemas y en las actividades económicas, es importante tomar en consideración otros posibles impactos externos que pueden llegar a afectar la calidad del agua. Estos corresponden con los riesgos potenciales de ocurrencia ocasionados por las condiciones geográficas y fisiográficas de la región. Por parte del Sistema Nacional de Protección Civil (2011), se clasifican los tipos de riesgos como geológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitarios y socio-organizativos. Para el caso de estudio de la calidad del agua, los fenómenos hidrometeorológicos y químico-tecnológicos son los que suelen afectar en mayor medida.

En el estado de Veracruz prevalecen condiciones de alta vulnerabilidad dadas las características geográficas y fisiográficas de la región debido a la presencia de fenómenos hidrometeorológicos y de cambios meteorológicos que causan el continuo movimiento del agua superficial (Secretaría de Protección Civil, 2011). Estos fenómenos se han vuelto más presentes debido al incremento de inundaciones y temperaturas extremas, por lo que se considera que el atributo más vulnerable es la calidad del agua con respecto a estos fenómenos, ya que es más susceptible a las consecuencias de la degradación ambiental y al mismo tiempo ocasionan altos costos económicos para la población en general.

De esta manera, se plantean que los fenómenos hidrometeorológicos y químicos forman parte del riesgo de la conservación de la calidad del agua. Con ayuda de la identificación de estos riesgos, es posible realizar investigaciones de la región de estudio para cuantificar, valorar y atribuir una planeación preliminar en medidas de adaptación para la reducción de las vulnerabilidades. Ambos riesgos son definidos a continuación.

- Riesgos hidrometeorológicos: Son fenómenos de ciclones tropicales, inundaciones pluviales, heladas, sequías, tormentas eléctricas, granizadas y temperaturas extremas.
- Riesgos químicos-tecnológicos: Son fenómenos que implican fugas y derrames de sustancias peligrosas, radiaciones e incendios y explosiones.

Las causas que originan un riesgo químico-tecnológico son por la operación violenta de diferentes sustancias y de residuos peligrosos (Secretaría de Protección Civil, 2011), usualmente la industria que hace uso de estas prácticas es la industria minera que ocasiona dentro de la realización de actividades de exploración y refinación, la liberación de sustancias químicas y la contaminación de la superficie (Álvarez Bravo et al., 2006).

En cuanto al riesgo hidrometeorológico, se destaca su ocurrencia a lo largo del extenso litoral de Veracruz con la presencia de recurrentes tormentas tropicales que afectan a la extensión de la costa (Álvarez Bravo et al., 2006). Sobre los riesgos hidrometeorológicos que se esperan que incrementen en el futuro son en cuanto a una mayor ocurrencia de inundaciones y huracanes (Secretaría de Protección Civil, 2011). Prueba de esto, son las Declaratorias de Desastre Natural que han sido reportadas ante el impacto de fenómenos hidrometeorológicos en el estado de Veracruz como fueron la presencia de ciclones tropicales (tormenta tropical y huracán), la ocurrencia de lluvias severas (eventos por parte de lluvias torrenciales y lluvias extremas) y el impacto de inundaciones (inundación del tipo fluvial), que afectaron seriamente a comunidades locales con un costo de restauración de obras públicas que asciende a 1.6 mil millones de pesos desde 2013 (DOF, s.f.). Como evidencia del impacto de este riesgo, en la subcuenca Río Pajaritos existen 4 presas de las cuales la presa Hornitos se construyó en 1958 y fue rehabilitada en 1975 por el daño del impacto del huracán Fifí, por lo que en 2005 la presa fue reconstruida totalmente. Además, la presa en conjunto con la presa Hornitos son las que cuentan con mayor antigüedad desde 1958 y son las que propician el abastecimiento del agua para los cultivos de riego (Domínguez, 2017).

## 2.4. Los Servicios Ecosistémicos Hídricos

Los servicios ecosistémicos hídricos tienen origen por parte de los recursos hídricos que proveen de múltiples beneficios para el sustento de los ecosistemas (Lattera et al., 2013). Estos servicios incluyen la regulación de corrientes, la carga de nutrientes y la provisión de agua, de manera que propicia la regulación hídrica ya sea con efectos positivos en cuencas abajo, así como en la conexión entre distintos cuerpos de agua y ecosistemas (Barrantes et al., 2013). Para empezar, el recurso del agua se define como bien público en el que no es posible excluir a las personas del uso del bien (Zegarra, 2014), por lo que los usos del agua se caracterizan de acuerdo con su grado de exclusión y rivalidad en la asignación del recurso. Como se observa en la tabla 1, se muestran los fines del uso del agua en cuanto al estatus de exclusión y en el grado de rivalidad de acceso.

**Tabla 1.** Usos del agua.

	<i>Baja</i>	<i>RIVALIDAD</i>	<i>alta</i>
<i>Baja</i>	Uso estético y recreacional Servicios ambientales	Cuencas hidrológicas	Descarga de desechos sólidos / líquidos
	Prevención y control de actividades		Irrigación Ganadería
<i>EXCLUSIÓN</i>		Pesca Hidroeléctrica Transporte	Minería Industrial
			Potable y saneamiento
<i>alta</i>	Uso estético y recreacional privado (club)		

Fuente: Adaptado de Zegarra M., 2014.

Considerando la anterior clasificación, se retoma el caso del uso del agua para fines de servicio ambiental particularmente en representación de cuenca hidrológica como un bien público de carácter puro en el que su asignación no puede ser restringida en el acceso al servicio de la calidad y sus beneficios que no son excluyente entre los usuarios (Zegarra, 2014, p. 68). En cuanto al valor del agua dentro de la cuenca, solo se puede encontrar su precio cuando es destinado para consumo y es regulado por el mercado, esto una vez que se vea representado por el costo de la energía requerida para su suministro.

En el estudio de la VEA sobre los beneficios de un bien público ambiental, como es el buen estado de calidad del agua superficial, es complicado de cuantificar debido a que el parámetro de calidad no cuenta con un precio equivalente en el mercado, pero por parte de la VEA si se logra estimar su valor económico al considerar la contribución que realiza (Roas, 2001). En los métodos de aplicación de la VEA, se han realizado diversos estudios especializados en el tema de valoración económica de la calidad del agua para distintos tipos de ríos o cauces naturales, en donde se estiman los beneficios económicos y sus respectivos valores económicos que conforman los valores de no uso que proporcionan (Castro y Solsol, 2018). Asimismo, se pueden encontrar propuestas que varían entre los métodos de la VEA donde ha sido posible estimar valores de opción e intrínsecos (existencia y de legado) que aportan tanto a individuos como a ecosistemas.

Los componentes para estimar el valor económico ambiental del agua, por lo tanto, contienen la relación entre el valor de uso directo, indirecto, de no uso, de opción e intrínseco (Roas, 2001). En el caso del valor de uso directo, el agua funciona como bien intermedio para los usuarios en actividades económicas como son la pesca, agricultura, silvicultura, transporte, energía, etc., que son indispensables para uso y consumo de la población. Para el uso indirecto, el agua funciona como un receptor de desechos industriales y como proveedor de hábitat para peces y especies, mientras que como valor de no uso, el recurso hídrico suele ser proveedor de beneficios públicos para la recreación y turismo. Además, el agua es valorada económicamente con base en los parámetros de valor de opción para su posible uso futuro (directo e indirecto) y en la conservación de la biodiversidad, al igual que tiene un valor de legado y existencia en la cultura y patrimonio.

Como se ha visto anteriormente sobre el concepto de los servicios ecosistémicos, también pueden manifestarse otros valores al momento de la modificación de sus atributos. En la tabla 2, se observan cuáles son los distintos tipos de servicios ecosistémicos de la clasificación CICES de los servicios de provisión, regulación y culturales que forman parte de los recursos hídricos, además de una breve explicación de la variedad de beneficios materiales y no materiales que brindan para los usuarios.

**Tabla 2.** Los servicios ecosistémicos hídricos (SEH).

<i>Servicio ecosistémico hídrico</i>	<b>Clase de servicio</b>	<b>Grupo de servicio</b>	<b>Tipo de servicio</b>
<i>Provisión</i>	Ciclo de nutrientes	Agua potable	Almacenamiento de agua
			Purificación de agua
<i>Regulación</i>	Regulación de flujos	Regulación del flujo del agua	Atenuación de escorrentía y tasa de descarga
			Moderación climática
			Atrape de sedimentos
			Atenuación de la energía irradiada
	Regulación de componentes ambientales físicos	Calidad del agua	Retención de nutrientes
			Enfriamiento de agua
<i>Culturales</i>	Simbólico	Estético y patrimonial	Carácter del paisaje
			Paisaje cultural
		Espiritual	Naturalidad
			Lugares o especies sagradas
	Intelectual y experimental	Regulación y servicios comunitarios	Especie endémica o hábitat icónico
			Caza y recolección
	Información y conocimiento	Científico	
		Educacional	

Fuente: Adaptado de Haines-Young R. y Potschin M., 2012.

Al tener contemplado cada tipo de valor ecosistémico que aporta el agua, se toman en consideración los beneficios más importantes que propician la conservación del recurso en el caso de cuerpos superficiales como son las cuencas hidrográficas (Véase Tabla 3), por lo que proteger los servicios beneficia la gestión y existencia del recurso. En resumen, se observa que el agua forma parte de diversos servicios ecosistémicos y desempeña diversas funciones relacionadas con la reproducción del sistema de la vida en general, aunado a que se muestra una estrecha relación en cuanto a la importancia de la conservación del agua como proveedora de servicios públicos indirectos como son los beneficios derivados de la recarga de acuíferos y el control de inundaciones.

**Tabla 3.** Beneficios derivados de la conservación del agua superficial.

Para los usuarios	Uso directo	De ríos, caudales y arroyos	Regulación de los ecosistemas y sistema hidrológico
		De cuerpos de agua	Abastecimiento de agua
	Uso indirecto	De proximidad	Estética
			Aumento del valor inmobiliario
De valor intrínseco	Uso alternativo	Opción	A corto plazo
			A largo plazo
		Existencia	Valor a la recreación y patrimonio

Fuente: Adaptado del artículo Almeida J. et al., 2004.

Una vez identificados los posibles servicios ecosistémicos a valorar, es necesario revisar cuáles son las técnicas de valoración económica apropiadas para valorar el agua como bien y servicio. En la tabla 4, se enumeran los distintos métodos de valoración económica como guía para la elección del método más apropiado en el estudio de los recursos hídricos junto a sus ventajas y desventajas que implica considerar el método.

**Tabla 4.** Técnicas de valoración económica en la valoración de recursos hídricos.

<i>Método de valoración</i>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<i>Transacciones basadas en el mercado</i>	Basado en transacciones reales del mercado	Puede requerir de precios sombra
<i>Funciones de producción y funciones de demanda derivadas</i>	La disponibilidad de datos sobre el precio del agua, de elasticidad de la demanda de agua y cantidad de consumo	La dificultad de obtención y costo de los datos; una amplia variación en las estimaciones por la variedad de tecnologías de producción
<i>Variantes del enfoque de imputación residual</i>	Conceptualmente directo y relativamente fácil de aplicar	Impone condiciones rigurosas; es necesario tener en cuenta las distorsiones del mercado



<i>Método de precios hedónicos</i>	Disponibilidad del uso de datos reales del mercado a partir de comportamientos que suelen ser corroborados por estudios empíricos	No adecuado donde los impactos ambientales no se perciben (o se observan) en la propiedad o cuando los impactos ambientales aún no se han producido
<i>Método de costo de viaje</i>	Se basa en el comportamiento observado para producir estimaciones del valor de uso asociado con sitios recreativos bien definidos	No deben subestimarse los datos, no debe tener en cuenta a los bienes ambientales imperceptibles de corto plazo para los visitantes
<i>Método de Valoración Contingente</i>	Tiene el enfoque de poder estimar los valores de no uso asociados con los bienes y servicios ambientales, ofrece la flexibilidad de construcción de un mercado hipotético para numerosos bienes y servicios medioambientales a distintos grados de calidad	Es necesario intercambiar los datos reales del mercado con datos de mercados hipotéticos, la discusión sobre la medición de las preferencias individuales por lo que puede implicar que sea relativamente costoso para llevar a cabo
<i>Método de Experimentos de Elección</i>	Es posible analizar los atributos del cambio en cuestión por lo que se pueden incorporar más de dos alternativas, así como ser más adecuados para medir el cambio marginal de los cambios en las características de los bienes ambientales	El diseño de modelado de opciones es más complejo que puede causar problemas a los encuestados a un mayor grado de error aleatorio en las respuestas, puede aumentar la probabilidad de respuestas incoherentes debido al límite de capacidad cognitiva

<i>Método de costos evitados</i>	Proporciona estimaciones teóricamente correctas que se obtienen de gastos reales y que tienen una alta validez de criterio	Si el comportamiento evitado no está entre dos sustitutos perfectos, se subestima el valor del bien ambiental
<i>Método de costos de reposición</i>		Limitaciones de datos en el costo de producción y la presencia de procesos alternativos de producción

Fuente: Brouwer R. et al., 2009, 199-224 pp.

Sobre la elección del método de valoración económica en el caso de estudio de este trabajo de tesis, se prefiere el método de Valoración Contingente por la razón principal de que el método permite construir un mercado hipotético directamente del servicio ecosistémico que se busca valorar, como también recopila una gran cantidad de información por parte de la población objetivo sobre las aptitudes hacia el uso de los bienes y servicios ambientales. Otra razón, consiste en que se busca obtener las cantidades de disposición de pago a partir de las preferencias individuales que son influenciadas por la presencia de implicaciones dentro de la toma de decisiones (Brouwer et al., 2009).

Los motivos de la elección del método de Valoración Contingente corresponden con el fin de que se busca formular un escenario hipotético que está basado en el cambio del estado original del atributo de la calidad ambiental. Por tanto, es indispensable que a través de este método se mida el grado de pérdida en el bienestar por dejar de consumir el recurso ambiental degradado. En comparación con otros métodos de valoración de preferencias declaradas como es el método de experimentos de elección, la VC es fundamental para abarcar los elementos de los ecosistemas que no pueden ser expresables en dinero e igualmente pueden indicar cuáles son los efectos indirectos que son considerables en el impacto de los usuarios.

## 2.5. La Valoración Económica Ambiental

El método de la VEA como parte de la valoración económica de los recursos naturales, consiste en realizar un ejercicio de valoración de los bienes o SE provenientes del medio ambiente. Su propósito principal es obtener una estimación monetaria del cambio en cada nivel de utilidad marginal como una consecuencia del cambio en la provisión de calidad de los bienes o servicios ambientales (Hanemann, 1984). La teoría y el método enfocado en la VEA surgió a finales del siglo XX ante la problemática común en el cálculo del análisis costo-beneficio: ¿cómo valorar los bienes ambientales?, incógnita que surgió por la ausencia de mercados comerciables para los tipos de bienes y servicios ambientales.

La VEA forma parte de la escuela del pensamiento económico de la Economía Ambiental, por lo que la aplicación de los métodos de VEA retoma conceptos de la microeconomía y de los supuestos de la economía del bienestar como son la existencia de agentes racionales (la maximización de utilidad), los equilibrios de mercado (el principio del óptimo de Pareto), la concepción de la economía como un sistema cerrado, la teoría de la utilidad y la presencia de bienes sustitutos (Chang, 2005). También, se retoman conceptos acerca de la presencia de bienes públicos puros e impuros, que son descritos como bienes públicos con la característica de no rivalidad y de no exclusión.

A partir de los principios económicos de escasez y utilidad, para una situación en el que los bienes públicos son adquiridos por la población, pueden presentarse dos casos: se puede llegar a consumir demasiado, o bien se puede consumir demasiado poco de este; para estos casos se internalizan los efectos como fallas de mercado por medio del impuesto pigouviano y los derechos de propiedad privada que envuelven el concepto de externalidades dentro del costo que recae (Pere et al., 2016). La principal propuesta de la Economía Ambiental, por lo tanto, consiste en la valoración económica del medio ambiente y la aplicación de la teoría económica tradicional a los problemas ambientales como una medición de los daños y beneficios ocasionados. Al obtener su valor, se pueden llevar a cabo decisiones de política ambiental de asignación de los recursos económicos una vez que se expresan cuáles son los costos ambientales (Labandeira et al., 2007).

Mediante la aplicación de la teoría de la VEA y la obtención de resultados significativos, se permiten tomar decisiones en la asignación de los recursos a manera de que se tiene el pleno conocimiento de que el bien aporta valor económico, a su vez que su consumo forma parte del beneficio proveniente de los individuos (Suaza et al., 1997).

De esta manera, la VEA consiste en la medición del bienestar con respecto a la ganancia o la pérdida de utilidad que representa para los individuos el cambio en las condiciones por las que hace disfrute del consumo del bien ambiental (Suaza et al., 1997).

Como primera aproximación a la medida del bienestar, en el método de la VEA se pueden encontrar canales que miden los cambios en la utilidad ante afectaciones en el bienestar en los individuos. Los cambios se muestran a partir del cambio en los precios por el bien/servicio que reciben, por la mano de obra, o por la presencia de algún factor externo que provoque cambios en el consumo del bien y servicio, situaciones que están sujetas a condiciones externas y el riesgo que enfrentan los individuos para seguir adquiriéndolo. A partir de los canales, se retoma el concepto de los bienes públicos que dan un primer acercamiento a la materialización de acción pública (Caffera, 2018, p. 56).

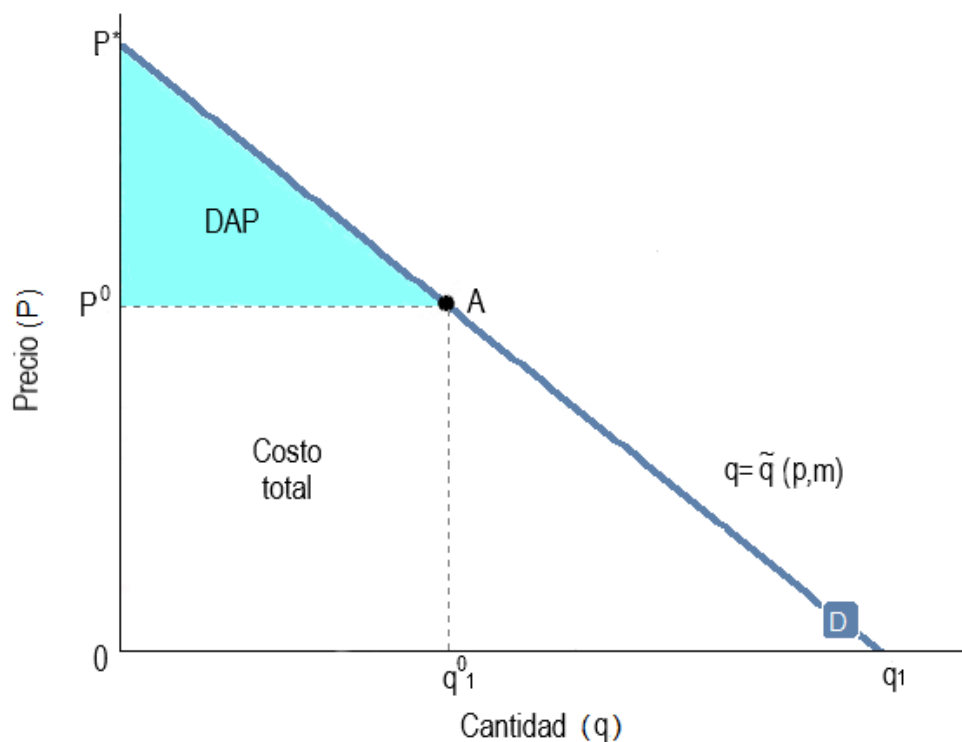
El punto de partida de esta teoría comienza en volver a los conceptos vistos en la teoría del consumidor y del productor para representar los excedentes que miden los beneficios ambientales basados en precios de mercado (Labandeira et al., 2007). En breve, se retoman principios teóricos como son de preferencias de consumo y de utilidad que son entendidos como aspectos centrales en la adquisición de un bien o servicio en el mercado, donde depende de la respectiva utilidad marginal que genera como valor de uso y de no uso directo e indirecto de los bienes y servicios provenientes de la naturaleza.

Para llevar a cabo la medición económica como parte de la valorización ambiental, es necesario considerar cinco formas de medición dentro de la teoría microeconómica como son el Excedente del Consumidor (EC), la Variación Compensatoria (VaC), la Variación Equivalente (VaE), el Excedente Compensatorio (ECP) y el Excedente Equivalente (EE), medidas que expresan en términos monetarios la medición de los cambios en el bienestar del consumidor (Ávalos, 2011). Para el caso ambiental, se retoman especialmente las formas de ECP y EE que miden el grado de bienestar en el individuo ante cambios por el disfrute de la calidad ambiental, en este caso se involucra el papel de los bienes públicos en el que la cantidad consumida es la misma y lo que varía es solo es la calidad del determinado bien o servicio ambiental (Caffera, 2018).

La primera forma es el llamado excedente del consumidor (EC), medida de la teoría Marshalliana que muestra el cambio del precio por un bien (cantidad de consumo  $q$ ) y el precio que los consumidores realmente pagan por cada una de las unidades que consume del bien, esto dado a un precio  $p$ . Como un simple acercamiento a esta medida

de valoración, el excedente se representa por el área azul de DAP en el que la cantidad viene dada por la “altura” de la inversa de la curva de demanda **D** y sobre el eje de precio relativo **P** (Véase Figura 4), el área azul representa la diferencia entre el gasto máximo que el consumidor estaría dispuesto a incurrir por  $q_1$  unidades y el gasto  $m$  que realiza. La forma del EC se puede interpretar empíricamente como la medición monetaria del cambio experimentado en la satisfacción (bienestar) que está limitado por el precio y es ocasionado por el problema de elección del consumidor (Labandeira et al., 2007, p. 98).

**Figura 4.** Representación del Excedente del Consumidor ordinario.



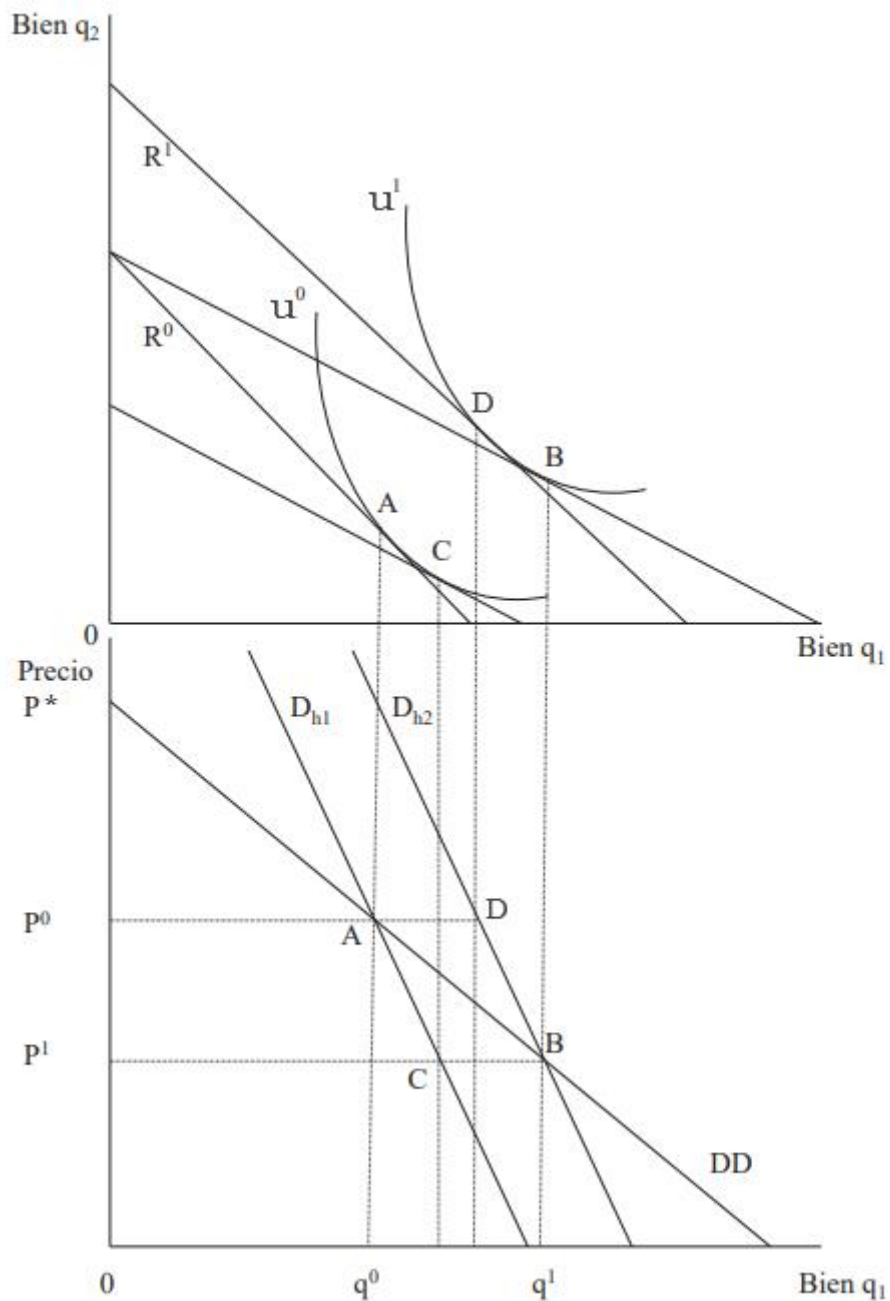
Fuente: Adaptado de Lavín F., Cerda A. y Suaza S., 2007.

Como se pudo observar de la anterior medición monetaria, el EC requiere la información exacta de precios y de cantidades consumidas, por lo que su estimación tiene simples interpretaciones, pero es una primera aproximación a las mediciones monetarias del bienestar del individuo. Otro aspecto que se debe considerar para medir monetariamente el cambio en el bienestar como una estimación es que se anula el efecto renta producido, pero como se ha visto en la medición de EC, este no es posible anularse. Por lo tanto, la VEA retoma la teoría Hicksiana (1943) para explicar dos tipos de medida que representan el efecto renta que surge cuando el individuo se enfrenta a una relación de cambio de precios, haciendo que se desplace a una restricción presupuestaria diferente.

La representación gráfica compuesta por las variaciones se observa en la figura 5, donde se comienza el planteamiento del individuo que se sitúa en el punto de inicial de cesta de consumo **A** del individuo a un precio  $P^0$ , cantidad  $q^0$ , ubicándose en la curva de utilidad  $u^0$  y en la restricción presupuestaria  $R^0$ . Al presentarse una caída en el precio relativo a  $P^1$ , la cantidad aumenta a  $q^1$  y este refleja un desplazamiento paralelo a  $u^1$  a una restricción  $R^1$  en la cesta de consumo **B**. Ante esta situación, si el individuo desea evitar el cambio de precio después de la caída de este, se comprende del área de cesta que se desplaza de **A** a **C**, esto por debajo de la curva de demanda compensada  $Dh_1$  que cumple con la condición de mantener su nivel de utilidad constante. El área **A-C** representa que el individuo está demandando unidades de  $q^1$  aunque se presente la caída del precio, situación en la que el individuo anula el efecto renta por lo que su nivel de renta permanece inalterado. En resumen, las curvas  $Dh$  representan diferentes combinaciones de  $Pq$  para los cuales el bienestar permanece constante. En el caso de que el individuo hubiera mantenido constante el nivel de bienestar, el área se comprende de la cesta **B** a **D** por debajo de la curva  $Dh_2$ , entonces el área **B-D** representa que el individuo busca mantener un nivel de utilidad similar ante el cambio del precio producido.

Por lo tanto, la primera forma es la variación compensatoria (VaC) que expresa la cantidad monetaria que el individuo estaría dispuesto a pagar de su ingreso por una mejora, de manera que se sustrae el monto de su ingreso monetario para dejar que su nivel de bienestar no se altere después del cambio desfavorable en los precios (un ejemplo en el tema ambiental es la disminución de la calidad ambiental), mientras que la segunda medida es la variación equivalente (VaE) que es la cantidad máxima que el individuo está dispuesto a aceptar si se da un cambio en el precio de la adquisición en bien o servicio que ocasione un cambio desfavorable (en el tema ambiental se puede asociar a la degradación ambiental). Entonces, en el tema de la economía ambiental, la VaE mide la cantidad mínima de renta añadida que el consumidor estaría dispuesto a aceptar por el cambio (desmejora) en la calidad ambiental, de tal manera que permanecería en una situación de utilidad similar a la que se encontraba (Suaza et al., 1997; Ávalos, 2011).

**Figura 5.** Representación de la variación Compensatoria y Equivalente.



Fuente: Adaptado de Uzcátegui, J. M., 2021.

Las anteriores mediciones monetarias de Hicks permiten medir teórica y rigurosamente las ganancias o pérdidas derivadas por el cambio, es decir, la VaC indica la máxima cantidad monetaria que el individuo está dispuesto a pagar para que su bienestar permanezca constante ante un cambio producido, este entendido como DAP. Por otra parte, la DAC indica la cantidad monetaria a la que se está dispuesta a aceptar el individuo ante el cambio que no afecte su bienestar que implica que es la mínima

compensación monetaria que necesita el individuo para aceptar el cambio en el bienestar y que renuncie a su beneficio, sumado a que se encuentre en un nivel de bienestar similar.

En el caso del cambio en relación con la calidad ambiental se observa el ejemplo de Caffera (2018), donde el autor revisó el caso de un bien público (no optativo) como es el agua en el que la calidad del recurso no cuenta con información exacta sobre su respectivo precio, de manera que la cantidad consumida es la misma con o sin el cambio y solo varía en calidad. Como primera parte del planteamiento, se escribe un problema del consumidor de manera de que el bien agua es representado como  $q$  que maximiza la utilidad del individuo (3) y este se encuentra sujeto a la restricción presupuestaria (4).

$$\max u(q) = u(q_1, q_2, \dots, q_n) \quad (3)$$

$$\text{Sujeto a } \sum_{i=1}^n p_i * q = m \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Donde  $x$  es el bien público agua de  $n$  cantidades consumidas,  $p_i$  son los precios y  $m$  es el ingreso del individuo. Como solución a esta elección se obtiene una función de demanda ordinaria  $q = \tilde{q}(p, m)$ , que es sustituido como una función de utilidad  $u = v(p, m)$ , de manera que se maximiza la función de utilidad  $u$  dado el nivel de precios  $p$  e ingreso  $m$ . Mediante este planteamiento se obtiene la función de demanda indirecta:

$$v(p, m) \equiv \max_x [u(q_1, q_2) | m = pq] \quad (5)$$

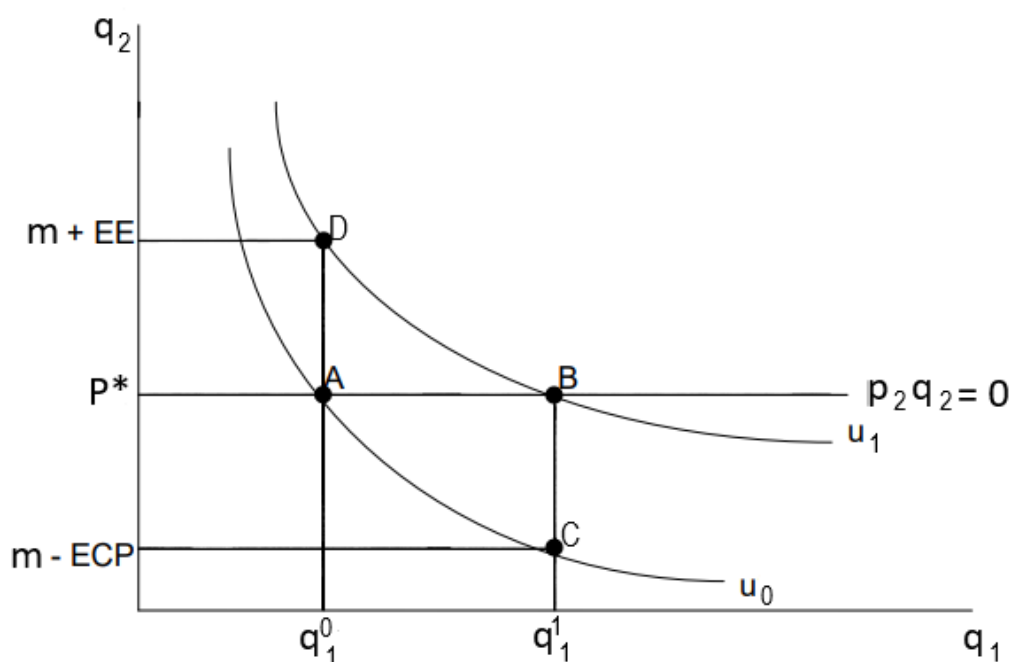
Las variaciones en la utilidad con el cambio del precio e ingreso se encuentran representadas por el área por debajo de las curvas de demanda. En el caso de la calidad ambiental, se pueden presentar variaciones del bienestar con respecto a la renta disponible en el que un cambio de  $q$  del bien de libre acceso lleva al individuo a demandar una mayor cantidad de este. Entonces, el excedente compensatorio (ECP) se compone del área en el que el individuo está dispuesto a restar de su ingreso para consumir la misma cantidad y una vez que disfruta del consumo del bien mantiene su nivel utilidad original. Mientras que el excedente equivalente (EE), consiste en la proporción del área que está dispuesto a aceptar por no obtener una mejora en su bienestar dado que el cambio en el acceso en cantidad del bien afecta su bienestar, por lo que cambia su respectivo nivel de bienestar equivalente con respecto a la derivación de su consumo (Labandeira et al., 2007).



En la gráfica de excedentes (Véase Figura 6), se integran los conceptos anteriormente vistos de las mediciones del bienestar. Continuando con el ejemplo, se plantea que  $q_1$  es el recurso agua definida como un bien público y también es un bien puro que brinda cierto nivel de utilidad al individuo con una restricción presupuestaria:  $p_2 q_2 = 0$ . El individuo se encuentra en un punto inicial donde disfruta de la calidad del bien en la canasta de consumo **A**, punto en el que la cantidad que consume de agua  $q_1^0$  es siempre la misma y su precio es cero. Si se mejoran las condiciones del recurso hídrico que cambie la mejora de su calidad de  $u_0$  a  $u_1$  el individuo pasa del punto **A** a la canasta de consumo **B**, encontrándose en una curva de indiferencia más alta  $u_1 > u_0$ .

En el caso de que la calidad del bien no mejore, el Excedente Equivalente (EE) describe la situación en la que el individuo desea alcanzar un nivel de utilidad similar  $u_1$ , bienestar que tendría si se aplicara la mejora con la cantidad del bien  $q_1^0$  (cesta de **A** a **D**), por lo que el individuo acepta una mínima cantidad monetaria resultado de renunciar al beneficio del bien. De manera alternativa, cuando se trata de una mejora en la oferta del bien que aumenta hasta  $q_1^1$ , se expresa como Excedente Compensatorio (ECP) a la cantidad monetaria que estaría dispuesto a pagar (cesta de **B** a **C**) y que resta de su respectivo ingreso si el individuo desea volver al nivel de utilidad  $u_0$  una vez que el cambio haya ocurrido la mejora de la calidad del bien (Uzcátegui, 2021, p. 46).

**Figura 6.** Excedente compensatorio y equivalente de un bien no optativo.



Fuente: Adaptado de Caffera M., 2018.

Las distintas mediciones antes revisadas del EC, la VaC, la VaE, el ECP y el EE, muestran claras diferencias entre la DAP y la DAC. Estos son conceptos importantes dentro de la teoría de la VEA de disposición a pagar y de aceptar un pago. La DAP vista de la teoría del consumidor y desde el enfoque de utilidad, es lo que el individuo decide pagar basándose en su respectiva utilidad que es subjetiva en el gusto, las circunstancias y los factores que motivan a este a pagar por obtener una mejora, o bien para evitar el empeoramiento del consumo del bien o servicio ambiental en cuestión. Por otra parte, la DAC muestra la manera de mide la decisión de compensación de pago por el individuo, en donde para la pérdida del bien o servicio ambiental considera una compensación sustituible (usualmente infinita) que está dispuesto a recibir como un monto adicional a su ingreso por aceptar el cambio que empeora la calidad del bien o servicio ambiental, también puede ser el caso de que sea sustituido inevitablemente y deba renunciar a este.

De la misma manera que se describen las medidas de bienestar, se pueden diferenciar dos tipos de método de VEA. En primera instancia, se destaca una división entre los métodos indirectos y directos. Los métodos indirectos son conocidos por utilizar precios relativos y cantidades que suelen ser observadas en los mercados, mientras que los métodos directos conciernen con la observación de valores basados en la formulación de un mercado hipotético en el que su principal instrumento son el uso de encuestas para obtener una aproximación sobre el valor monetario que perciben los individuos.

## 2.6. Los métodos de preferencias en la VEA

El método de preferencias reveladas

Los métodos de preferencias reveladas se basan en la valoración económica de las preferencias de los consumidores con base en sus hábitos de compra y comportamiento al momento de adquirir los bienes y servicios. Por lo tanto, el método para este caso busca estudiar y revelar el comportamiento por parte del mercado de los bienes ambientales relacionados (Azqueta, 2002). Los métodos de preferencias reveladas postulan tres condiciones donde los bienes ambientales pueden relacionarse de manera indirecta con el consumo de un bien o servicio comerciable en el mercado (Caffera, 2018). Para el tipo del bien ambiental de mercado se es posible identificar de acuerdo con lo siguiente.

1. Puede ser un insumo en la producción del bien privado.
2. Puede ser un insumo en la producción de un bien por parte del hogar.
3. Entra directamente en la función de utilidad del individuo.

Por parte de los métodos de aplicación de preferencias reveladas, sus técnicas de medición monetaria son basadas en la información de los precios de mercado existentes, ya que estos contienen información sobre el bien y servicio a valorar. Sin embargo, el método suele tener limitaciones en la captura de los bienes ambientales en sus valores de no uso (Pere et al. 2016). A continuación, se introduce el segundo método de valoración.

#### El método de preferencias declaradas

Los métodos de preferencias declaradas que se denominan a los métodos de no mercado se basan en el análisis sobre lo que afirman las personas de manera directa con respecto a la adquisición de un bien o servicio. Por medio de las preferencias declaradas, se realiza la construcción de un mercado hipotético para un determinado bien o servicio ambiental. El principal instrumento del método indirecto consiste en el empleo de un cuestionario que simule el mercado hipotético y que a su vez es distribuido entre la población.

Por medio de esta técnica, es posible expresar la DAP (DAC) con respecto a la mejora (pérdida) del bien por lo que el cuestionario debe reflejar los aspectos particulares sobre la oferta del bien, de manera que se ofrecen condiciones de simulación del mercado hipotético en donde el consumidor manifiesta sus preferencias de pago del beneficio a través de las respuestas. Por ende, primero se diseña la asignación hipotética del pago económico que este sujeto a las condiciones actuales, ya que concretamente el bien no forma parte de un precio de mercado (Labandeira et al., 2007; Roas, 2001).

Explicado de otra manera, la razón por la que se aplican los métodos *directos* es para introducir ciertos cambios hipotéticos (contingentes) en escenarios de incertidumbre (Chang, 2005), por lo que se simula un mercado donde el encuestado asigna valores hipotéticos a determinados bienes y servicios ambientales. A pesar de ciertas dificultades de aplicación (Brouwer et al., 2009), el empleo de los métodos directos es efectivo en la clasificación de valores de uso en conjunto con los valores de no uso, los cuáles no son tan fácilmente representados por otros métodos, principalmente porque el individuo no realiza directamente el consumo asociado del bien/servicio en el mercado habitual.

El proceso por el que comienza la formulación del método *directo* es con la aplicación de un cuestionario de manera pública, que pregunte por una determinada cantidad de DAP, o bien de DAC expresada en unidades monetarias y sea sujeta al nivel

de ingreso del individuo, además de considerar aspectos sobre la percepción del individuo en una situación de pérdida en el bienestar y en una potencial degradación ambiental.

El proceso para la formulación de un método de preferencias declaradas se retoma del trabajo de Roas J. (2001) titulado *Valoración económica del agua* en el que, a través de tres mecanismos, el autor propone desarrollar el método de valoración *directa*.

1. Describir la situación en la que el encuestado actúa.
2. Realizar preguntas que infieran en el valor de la DAP o por el contrario en la DAC.
3. Hacer preguntas acerca del encuestado en cuanto a sus percepciones y actitudes.

Es importante destacar que el aspecto más importante del método *directo* se desarrolla a través de la realización del mecanismo número 2 en el que, a través del diseño de preguntas, se busca conocer la valoración económica que los individuos hacen sobre la oferta de aumento o disminución de una propuesta de pago con respecto al estado de la calidad del bien ambiental. Como se mencionó anteriormente sobre la teoría de la Economía Ambiental, se buscan realizar mediciones monetarias en la ganancia o pérdida del bienestar como producto de los cambios en la calidad del bien y servicio ambiental.

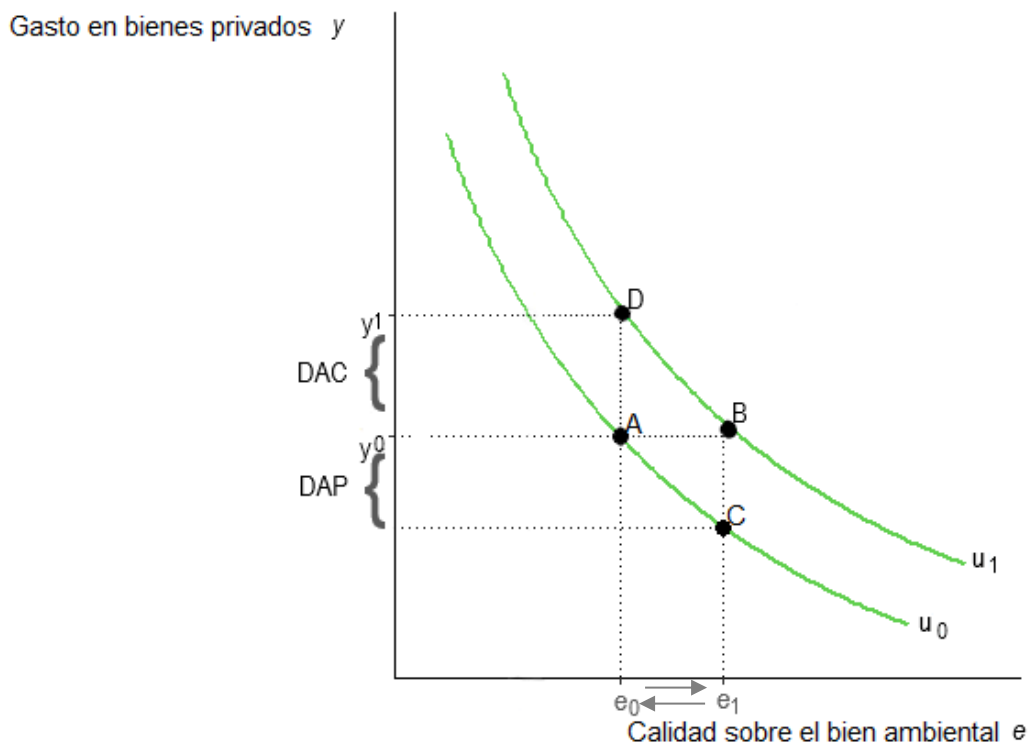
El proceso de elección del individuo sobre los cambios en el nivel de bienestar individual se plantea de manera que las derivaciones de cada medida monetaria de DAP y DAC corresponden con el cambio de utilidad asociado a la calidad en el que se involucra la presencia de bienes públicos y puros, bajo el supuesto de que los cambios pueden representarse individualmente como funciones de curvas de utilidad (Perman et al., 2011).

El ejemplo de Perman et al. (2011), representa gráficamente el bien ambiental con la letra  $e$  y la renta como  $y$  entendido como el gasto por algún producto compuesto. En el caso de estudio aplicado al tema de la calidad del agua, el símbolo  $e$  representa las hectáreas de concentración de oxígeno disuelto (OD) en un cuerpo de agua, por lo que para un río o cuenca un aumento de  $e$  es beneficioso para este. Entonces, se plantea el supuesto de que el individuo no ajusta por sí mismo su nivel de consumo de  $e$ . Como se observa en la figura 7, se representan las distintas preferencias del individuo donde el eje vertical mide el nivel de ingreso del individuo, el gasto relativo  $y$  en el bien privado y el eje horizontal  $e$  que mide el contenido de oxígeno disuelto (OD).

La utilidad  $u$  del individuo es dada por la función de utilidad indirecta  $u = v(p, y; e)$  que despliegan las curvas de indiferencia  $u_0$  y  $u_1$ , curvas que identifican las combinaciones de canasta de consumo como combinaciones de bienes privados y de bienes ambientales en los cuáles el individuo es indiferente. Además, se asume como supuesto de que las curvas de indiferencia más alejadas del origen representan mayores niveles de  $u$ . Como punto de partida, el individuo se encuentra en la situación inicial de  $y^0$  de gasto en bienes privados, ubicándose sobre el punto **A** de la curva de indiferencia inicial  $u_0$ , como se observa también el punto **C** se localiza en esta curva de indiferencia.

Si existe una modificación como puede ser una mejora en la calidad ambiental desde la situación inicial, el individuo se desplaza del punto **A** a **B** donde el individuo puede disfrutar  $e_1$  del bien ambiental. Si el individuo desea entonces, permanecer en el mismo nivel de bienestar, su ingreso se reduce para adquirir el consumo de la cesta **B** a **C**. En lo que concierne a la máxima DAP del individuo estará dado por aumento del nivel del bien ambiental del punto **C** a **B**, denominado el área por debajo de la segunda curva de utilidad  $u_1$  de Excedente Compensatorio (ECP), que es el pago monetario del individuo para aumentar el disfrute del bien de  $e_0$  a  $e_1$ .

**Figura 7.** Cambios en el bienestar con respecto al bien ambiental  $e$ .



Fuente: Adaptado de Perman R., Ma Y., McGilvray J. y Common M., 2011.

El anterior ejemplo demuestra que el valor económico para los bienes ambientales es un reflejo del cambio del bienestar y de la utilidad marginal, conceptos que son referentes a la teoría económica en la demanda real e implícita (Labandeira et al., 2007).

Para un caso opuesto, si el individuo se encuentra inicialmente en el punto  $y^0$  y percibe una disminución en mejora la calidad del bien ambiental de  $e_1$  a  $e_0$  y se encuentra inicialmente en el punto **A**, cuando disminuye su nivel de calidad busca pasar al punto **D** y por lo tanto el individuo solo disfruta de  $e_0$  con una curva de indiferencia del bien al nivel  $u_1$  aumentando su ingreso de una cantidad de **A** a **D**. Esto significa que tiene una mínima DAC como compensación por la reducción del bien ambiental  $e$  en su bienestar. Como se explicó en este ejemplo se dan dos situaciones (Perman et al., 2011), la primera donde el individuo está del punto **A** a **D** ¿cuál es la compensación mínima de DAC en lugar de un aumento en el nivel del bien ambiental de  $e_0$  a  $e_1$ ?, esta se conoce la medida de EE mientras que, si el individuo está del punto **B** a **C**, ¿cuál es la DAP máxima para evitar una reducción de la calidad de  $e_0$  a  $e_1$ ?, medida se conoce como el ECP.

Retomando, el Excedente Compensatorio (ECP) se denomina a la cantidad monetaria que el individuo está dispuesto a pagar para volver a un nivel de utilidad similar  $u_1$ , nivel en el que estaba inicialmente aunque el cambio haya ocurrido, mientras que para el Excedente Equivalente (EE), es la cantidad monetaria adicional a su ingreso que el individuo acepta por renunciar a su beneficio y por la compensación alcanza su utilidad similar  $u_1$  en la calidad del bien ambiental (Caffera, 2018, p. 63). Por lo tanto, estas mediciones de los excedentes que se restan del ingreso del individuo corresponden con las áreas denominadas DAP y DAC en los cambios del bienestar.

A continuación, se resumen las interpretaciones que se observan en el cuadro de la tabla 5 donde se plantea una síntesis sobre cada caso del excedente con respecto al análisis de las cinco medidas monetarias en los cambios de la utilidad marginal del individuo. La cantidad monetaria se asocia con el cambio de la calidad del bien público del medio ambiente (un bien puro).

**Tabla 5.** Comparación de medidas.

<i>Bien público</i>	<b>Excedente Compensatorio</b>	<b>Excedente Equivalente</b>
<i>Mejora en la calidad ambiental</i>	DAP para que el cambio ocurra	DAC para que el cambio no ocurra
<i>Deterioro en la calidad ambiental</i>	DAC para que el cambio ocurra	DAP para que el cambio no ocurra

Fuente: Mitchell & Carson, 1989 y Caffera, 2018.

A continuación, se exponen las categorías de los métodos de directos e indirectos. Como se observa en la tabla 6, entre los métodos *directos* se encuentra el método de VC y el método de Experimentos de Elección (MEE) que consideran para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales el papel de las preferencias que los usuarios expresan en su disposición del pago por estos. La diferencia entre el MVC y el MEE consiste en que los experimentos de elección desagregan más detalladamente los escenarios bajo diferentes estatus acerca de las características del bien ambiental.

De la misma manera, en la segunda categoría se incluyen los métodos de preferencias reveladas como es el método de precios hedónicos junto con el método de costo del viaje que, diferencia del método *directo*, en la estimación del valor económico *indirecto* se tiene una relación complementaria débil con respecto a la DAP. En el caso del método de precios hedónicos, para realizar la valoración económica de los bienes ambientales se retoman los precios de los bienes privados que ya forman parte del mercado incorporado, o bien forman parte de un conjunto de bienes que son comerciables (por ejemplo, una vivienda o un cuarto de hotel). Por otra parte, el método de costo de viaje valora el bien ambiental a partir de medidas traducibles en valor como es la visita a un espacio abierto, así como el costo que implica visitarlo (como son visitar la playa y un parque). Otro método es el de precios de mercado, método que estima el valor por parte de los bienes y servicios ambientales que son comprados y vendidos en mercados comerciables (por ejemplo, la compra de recursos primarios como son madera, agua, recursos pesqueros, entre otros).

**Tabla 6.** Métodos de valoración económica ambiental.

Métodos directos:		Métodos indirectos:	
Las preferencias de los consumidores se muestran a través de su disposición a pagar por los bienes y servicios ambientales.		Recuperan el valor de los bienes y servicios a través de cambios en el precio de mercado resultante del cambio ambiental	
DAP directa	DAC indirecta	Productividad marginal	Mercado de bienes sustitutos
Valoración contingente	Precios hedónicos	Productividad marginal	Costos evitados
Experimentos de elección	Costo de viaje		Costo de reposición
	Precio del mercado		Costo de oportunidad
			Funciones de Dosis-Respuesta

Fuente: Adaptado de Almeida J. et al., 2004 y Fernández-Bolaños V., 2002.

Por parte de otros métodos *indirectos* mencionados en la tabla 6, el método de productividad marginal valora las cualidades ambientales a través de la diferencia de producción física que se multiplica por el valor de mercado de los recursos que cuentan con o sin la cualidad ambiental (Chang, 2005). También, se señalan a continuación otros métodos de aplicación que son basados en el mercado de bienes sustitutos<sup>2</sup>. El método de valoración mediante costos evitados estima el valor económico que se paga para proteger un determinado bien o servicio en contra de degradaciones previsibles, de manera similar el método de dosis-respuesta considera las relaciones entre la cantidad de daño emitido y la cantidad de mejora en la actividad receptora (Fernández-Bolaños V., 2002). Por parte del método de costos de reposición, se valoran los gastos necesarios para recuperar la capacidad productiva; mientras que, el método de costo de oportunidad valora cual es la rentabilidad en función del costo de oportunidad en una situación de disminución de la oferta del bien ambiental en cuestión, por lo que este método implica calcular el costo económico para evitar los daños que son resultado de la pérdida ambiental de este.

<sup>2</sup> La aplicación del método se basa en la propiedad de sustituibilidad en el que los individuos pueden reemplazar canastas de bienes según las circunstancias que se presenten (Uzcátegui, 2021, p. 30).



Además de la anterior categorización, existen otros métodos de valoración económica ambiental no tan conocidos como es el método de comportamientos correctores, que consiste en la valoración monetaria de los beneficios de acción de defensa del bien y servicio ambiental, esto a través de un proxy de los gastos que los ciudadanos realizan (Fernández-Bolaños V., 2002). Otro método es el uso de modelos de optimización, que buscan evaluar el análisis del impacto ex ante sobre los cambios de las externalidades que afectan negativamente el bienestar del individuo.

Una vez elaborada la anterior síntesis de ambos tipos de enfoque directo e indirecto de los métodos de aplicación de VEA, se han identificado los diferentes métodos y técnicas de valoración económica que buscan cuantificar el valor económico que representan los bienes ambientales y también en el caso de los servicios ecosistémicos. En la tabla 7, se enumeran los comentarios de los resultados investigación académica por parte de los autores Goulder L. y Kennedy D. (2011) sobre la cuantificación de los servicios ecosistémicos, como resultado se demuestra que existen métodos determinados para realizar la valoración económica ambiental. En el caso de la valoración de los servicios ecosistémicos, se recomienda realizar una investigación previa sobre el valor de uso, el valor de no uso y los tipos de beneficios que el servicio ecosistémico proporciona.

**Tabla 7.** Métodos de valoración económica para servicios ecosistémicos.

<i>Servicio</i>	<i>Tipos de valores ofrecidos</i>	<i>Método de valoración</i>
<b>Servicios de provisión</b> <i>Sustento de plantas y animales</i>	Valores de uso directo	
	— De consumo	Valoración directa basada en precios de mercado
	— De no consumo	Valoración indirecta (método de gastos revelados, método de VC)
	Valores de uso indirecto	La valoración no es necesaria si son contabilizadas las plantas y animales con valores de uso directo
<b>Servicios de regulación</b> <i>Filtración del agua, control de inundaciones y plagas, polinización, y estabilización del clima</i>	Valores de uso directo e indirecto	Estimación de la contribución del servicio a las ganancias (manteniendo todo lo demás constante)
<b>Otros servicios (culturales)</b> <i>Satisfacción espiritual, estética y cultural</i>	Valores de existencia	Valoración indirecta (método de VC)
	Valores de uso directo de no consumo	Valoración indirecta (método de gastos revelados, método de VC)
<i>Servicios recreativos</i>	Valor de uso indirecto de consumo indirecto (p. ej., la observación de aves)	Valoración indirecta (método de gastos revelados, método de VC)
<i>De valor de opción</i>	Valores de opción	Evaluaciones empíricas de aversión individual al riesgo

Fuente: Adaptado de Goulder L. H. y Kennedy D., 2011.

A partir la información revisada y para efectos de este trabajo de tesis, se considera como el método más apropiado el empleo de la VC por la misma razón de que se incluyen los valores de uso y de no uso que proporcionan los servicios hídricos ante un escenario de degradación en la calidad ambiental presente en el sitio de estudio. La descripción del escenario hipotético se construye a lo largo del siguiente capítulo, con el objetivo de obtener el valor de uso indirecto que representa el servicio ecosistémico de provisión bajo las condiciones en las que se encuentra el ecosistema del presente caso de estudio.

## 2.7. Importancia de la VEA en la Calidad Ambiental

Concluyendo con los aportes teóricos vistos desde la Economía Ambiental, es claro que los bienes y servicios ecosistémicos no poseen precio, pero sí un valor (visto ampliamente como valor de uso y de no uso). De acuerdo con Freeman III (2014), los bienes y servicios derivan distintos grados de niveles de ganancia o pérdida de bienestar, estos pueden ser debido al cambio en los precios, el cambio en los factores de producción, el cambio en la cantidad o calidad, o bien en el cambio a un nivel de riesgo para los individuos.

Se destacan dos ideas principales que realzan la necesidad de plantearse consideraciones sobre las valoraciones económicas de los servicios ecosistémicos. La primera idea consiste en que los métodos de VEA contienen un cierto grado de incertidumbre, aunque este aspecto permite representar valores económicos a bienes y servicios que no suelen contar con este. Por ello, es importante el avance en técnicas de medición y de cuantificación en los cambios en la calidad ambiental debido a que de otra manera no sería posible medir los cambios que se generan en el nivel de utilidad de los individuos y del bienestar en general. La segunda idea consiste en que los métodos permiten estimar el impacto monetario con relación a los efectos externos sobre ciertas políticas, acciones y proyectos que se relacionan con el cambio medioambiental, siendo los métodos antes citados como los más fiables en cuanto a los objetivos de valoración.

La valoración económica de los SEH tiene el fin de dar importancia al recurso hídrico como beneficio para el ser humano. El derecho humano al agua no significa que se puede hacer su uso infinito, sino que debe establecerse un nivel mínimo de provisión por el que los usuarios deben hacer un uso responsable y formar cultura del pago del agua como servicio ecosistémico y no solo el pago por su administración, por lo que la responsabilidad recae entre todos los agentes para la conservación futura del recurso.

Por último, la principal ventaja en el empleo de los métodos de valoración económica consiste en que comprueba de primera parte cuáles son los beneficios que la población atribuye a las mejoras (pérdidas en el caso contrario) en la calidad ambiental y la percepción sobre el costo en los distintos niveles de intervención, aspectos que son relevantes para la formulación de programas de protección del medio ambiente (INECC, 2020). Por ende, la continua mejora de los métodos forma parte de los esfuerzos y herramientas para asegurar que los bienes y servicios que brinda el ambiente a la sociedad sean cuantificados correctamente y considerados en la formulación de políticas públicas.

---

*Capítulo 3.*

*El método de Valoración  
Contingente*

---

### 3. El método de Valoración Contingente

#### 3.1. Origen de la Valoración Contingente

El comienzo de la VEA y el método de preferencias declaradas tuvo inicio a partir de la necesidad de conocer las posibles compensaciones de los impactos en el medio ambiente que causan un grado de pérdida en los bienes y servicios ambientales. El primer momento en el que fue empleado el método de VC se relata en el acontecimiento de vertimiento de petróleo de la compañía Exxon Valdez, evento ocurrido en el Golfo de Alaska en marzo del año 1989 que marcó un hito en la historia en cuanto al uso de la valoración contingente para obtener una indemnización (Labandeira, 2007). El impacto del derrame de petróleo crudo fue de una cantidad de alrededor de 35 mil toneladas que se expandió alrededor de 26 mil km<sup>2</sup> en el mar y 1,600 km sobre la costa, provocando daños en la pesca y turismo.

Con el apoyo de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés) se diseñó el primer formato de encuesta para estimar el valor económico de los recursos ambientales que no son comerciables, encuesta que hasta hoy en día se emplea como instrumento en la estimación económica y en las evaluaciones de los daños provocados en el medio ambiente, además de que la encuesta aporta información adicional sobre aspectos cualitativos como son las reclamaciones y protestas de responsabilidad por los daños que son irremediables. A partir de la VC que fue aplicado en Estados Unidos (EU) y en Alaska, se obtuvo el monto de cantidad de pago de \$3.2 dólares por hogar durante un periodo de 10 años que, por el total de la población de Estados Unidos, resultó en una cantidad total de 2.8 mil millones de dólares.

Como resultado de la valoración, el estudio fue presentado ante el tribunal para la compensación por parte de Exxon Valdez. A partir del juicio, se impusieron sanciones y el gobierno dio paso a la aprobación en 1990 de regularidades en materia de tráfico marino de hidrocarburos en EU para prevenir una tragedia similar. También, se concluyó que el la aplicación del método de VC es indispensable para la valoración de impactos de manera que es efectivo en la estimación del costo en la presencia de una externalidad inagotable que produce efectos negativos tanto en la producción como en los recursos naturales, pues la absorción del contaminante que fue depositado en el medio ambiente (por ejemplo, el petróleo) no reduce la cantidad a ser absorbida por otro agente, por lo que se recomienda el manejo de los recursos naturales a través de la regulación que aplique tasas, impuestos o penalidades para la compensación de este tipo de daños (Fernández-Bolaños, 1999).

### 3.2. Definición

El MVC es una técnica de valoración ambiental que consiste en preguntar de forma directa a un conjunto de población representativa la disposición de pago por un determinado bien o servicio ambiental (Perman et al., 2011). De esta manera, la finalidad del método busca estimar los cambios en la utilidad que refleja el individuo ante los cambios de un escenario hipotético específico, que son resultado de las modificaciones en las condiciones de oferta del bien o servicio ambiental que se investiga. El instrumento principal del MVC es la realización de entrevistas que tienen el propósito de simular y visualizar el mercado hipotético en el que los individuos declaren un valor monetario de DAP ocasionado ante los cambios en las propiedades de los servicios ecosistémicos que pueden beneficiarlos o perjudicarlos, mientras que la Disponibilidad a Aceptar (DAC) se refiere más sobre las pérdidas que pueden afectar el uso y consumo del individuo.

En otras palabras, la importancia del uso de este método de preferencias radica en que los individuos forjan personalmente sus preferencias por el bien o servicio ambiental. Por lo tanto, el método refleja de mejor manera la percepción sobre el costo ambiental en el que el individuo expresa la manera en que percibe el posible cambio en la calidad ambiental y valora monetariamente a través de una subasta de precios a pagar o de aceptar. El supuesto principal de este método de preferencias declaradas consiste en que los individuos forman sus preferencias interactuando en la comunidad y a su vez estos son influenciados por la educación, la publicidad y el papel de las políticas públicas, por lo que este método brinda una mejor generación de datos y obtiene los medios para interpretar qué aspectos influyen en el comportamiento colectivo (Haab et al., 2013).

### 3.3. Antecedentes del método

El interés de valorar los bienes ambientales surgió en el artículo *Capital returns from soil-conservation practices* publicado en 1947 donde el autor mencionó la posibilidad de utilizar instrumentos de encuesta en el estudio de los recursos ambientales con el fin de obtener información no antes conocida, como son el caso de las preferencias que empíricamente tienen un cierto peso para valorar los recursos no comerciables (Ciriacy-Wantrup, p. 1191). Con el paso del tiempo, las primeras aplicaciones de Valoración Contingente se llevaron a cabo en 1963 por Robert K. Davis, donde el autor realizó un primer diseño de MVC de estudio para valorar económicamente a la recreación al aire libre de actividades de caza, en el estudio se encontraron resultados significativos a partir

de los cuestionarios aplicados y también se obtuvo la información suficiente para la valoración económica sobre la recreación de no-mercado (López-Feldman A., 2013).

De esta manera, se elige el MVC como una técnica de valoración aceptable para los servicios ecosistémicos. A lo largo del tiempo han surgido variedades de estudios especializados en mejoras del uso del método como fue el caso de Cameron y James en su publicación del año 1987 donde los autores plantearon una técnica de cálculo por medio de preguntas de formato cerrado (respuesta sí y no) en la aplicación de la VC, de manera que son posibles de examinar los factores que influyen en la DAP y en la DAC. Al mismo tiempo, los autores Hanemann, Loomis y Kanninen en 1991, establecieron mejoras en el método mediante un nuevo fundamento teórico que se basa en la premisa de que, una vez obtenido el resultado de la pregunta de elección dicotómica, se agrega una segunda pregunta de seguimiento a la respuesta de la primera pregunta cerrada, manteniendo un enfoque de “doble límite” y por lo tanto con resultados más sustanciales.

De la misma manera en que se mejoraban los métodos de aplicación y análisis del MVC, también surgieron críticas en cuanto a las complicaciones ocasionadas con el empleo de los métodos para estimar los valores de no uso, por lo que la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA), junto con distinguidos investigadores en el campo de la VEA, recomendaron una serie de estrictas medidas para el diseño y aplicación del MVC en una serie de parámetros *válidos* para producir estimaciones confiables (López-Feldman A., 2013). Como antecedente de este evento, los estudios especializados en el método de VC actualmente siguen una serie de pasos en su aplicación y han sido empleados tanto en el ámbito académico como en el sector gubernamental para la planeación de políticas de protección y de gestión ambiental.

### 3.4. Fundamento teórico

Visto desde la teoría económica, el método de VC retoma funciones que establecen una relación entre la utilidad y el ingreso por parte de los consumidores, en el que el individuo asigna un orden de preferencias de consumo que están representadas mediante una función de utilidad indirecta de los individuos (Hanemann, 1984). Para dar paso a este fundamento, se retoma de la teoría microeconómica el concepto de utilidad que retoma la teoría de que los individuos derivan utilidad  $u$  del consumo de bienes sea  $x_1$  un vector de cantidad de bienes privados y  $x_2$  un vector de cantidad de bienes públicos (6).

La función de utilidad del individuo se enuncia en la siguiente expresión.

$$u(x_1, x_2) \quad (6)$$

Se define a un individuo con comportamiento racional cuando el individuo maximiza en términos de utilidad indirecta dada su restricción presupuestaria. Si se tiene un cambio en la calidad del bien público, se tiene un modelo de maximización de utilidad aleatoria de forma indirecta representado por  $v$  (Halkos, 2012). La situación se muestra en la expresión (7) donde  $x_2$  denota el nivel de consumo de bienes públicos, o en general de bienes sin precio. Además, se supone que hasta cierto punto la utilidad individual se halla en la demanda ordinaria de sustitución del consumo de bienes privados por públicos en el marco de maximización de la utilidad indirecta  $v$ .

$$v(p, x_2, m) \equiv \max_x [u(x_1, x_2) | p \cdot x_1 \leq m] \quad (7)$$

La función indirecta  $v$  se encuentra sujeta a la restricción presupuestaria  $m$ , al vector de los precios privados  $p$  y la cantidad de bienes públicos  $x_2$  que son de no-mercado. También es posible representarse el anterior planteamiento como un problema de minimización del gasto mínimo  $y$  que está sujeta a la utilidad del individuo  $u$ , al vector de los precios privados  $p$  y la cantidad de bienes públicos  $x_2$ , mostrado a continuación.

$$m(p, x_2, u) \equiv \min_y [p \cdot x_1 | u(x_1, x_2) \geq u] \quad (8)$$

Las anteriores funciones son importantes para llevar a cabo una estimación de la utilidad aleatoria que estima las funciones indirectas de utilidad derivadas del bienestar que generan distintas situaciones a los individuos (Lavín et al., 2018, p. 147). Si se realiza una interpretación de sobre los cambios en la utilidad indirecta, se retoman dos casos de función indirecta  $v^0$  y  $v^1$  que utilizan las medidas de excedente compensatorio (ECP) y excedente equivalente respectivamente (EE). El ECP se adapta al cambio del nivel de utilidad, mientras que el EE se relaciona con un nivel de utilidad equivalente al original.

Si la situación del bien cambia a  $x_2$ , la utilidad de este puede incrementar, disminuir o permanecer constante. Entonces, el valor del excedente de ganancia o pérdida en el bienestar que está asociado con el cambio del bien o servicio ambiental para un estado inicial  $x_2^0$  (conocido como estatus quo). A continuación, se considera el siguiente planteamiento de una situación de mejora de bien público definido  $x_2^1$  en el que los términos de cantidad monetaria del ECP (9) y del EE (10), está implícitamente dado por:



$$v(p, x_2^1, y - ECP) = v(p, x_2^0, y) = v^0 \quad (9)$$

$$v(p, x_2^1, y) = v(p, x_2^0, y + EE) = v^1 \quad (10)$$

De lo anterior, es notable la diferencia entre las mediciones del bienestar de entre las cantidades a obtener entre el ECP y del EE. En la aplicación se demuestra que la medida del ECP radica en la situación de mejora del bien público  $x_2$  y es calculado por el monto monetario que corresponde a la máxima DAP individual por obtener esta mejora, mientras que la medida del EE consiste en la situación del empeoramiento del bien público  $x_2$  que corresponde con una mínima DAC individual como compensación por no obtener una mejora en su nivel de bienestar (Halkos, 2012).

Por lo tanto, las mediciones de  $v$  (11) y (12) se describen como dos funciones de gasto  $m$ .

$$DAP = m(p, x_2^0, u^0) - m(p, x_2^1, u^0) \text{ cuando } u^0 = v(p, x_2^0, y) \quad (11)$$

$$DAC = m(p, x_2^0, u^1) - m(p, x_2^1, u^1) \text{ cuando } u^1 = v(p, x_2^1, y) \quad (12)$$

El cambio causado en el ingreso es equivalente a la compensación por los cambios en la calidad de la provisión de los bienes ambientales, por lo que el excedente puede ser tanto positivo como negativo en el sentido de obtener una medida del valor que el individuo atribuye a una cierta unidad del bien ambiental. Por esta razón al considerar un escenario de escasez del bien ofrecido, la decisión del individuo estará sujeta en función de su asignación del consumo de bienes que maximizan su beneficio (Cerde, 2009).

En resumen, la DAP es la cantidad de ingreso que el individuo dispone a dar para ser indiferente entre el escenario original y el escenario de mejora con una disminución de  $m$  por el bien público incrementado a  $x_2^1$ . En cambio, la DAC es la compensación al ingreso para que el individuo sea indiferente entre el escenario original-mejora del bien público  $x_2^1$ . Es importante destacar que ambas medidas revisadas son basadas en el supuesto de los bienes sustitutos y de preferencia que toman distintos puntos de referencia en la medida del bienestar, por esta razón la DAP toma como punto de referencia la ausencia del incentivo de mejora del bien público para el individuo, mientras que la DAC toma de referencia la presencia de una mejora externa en el bien público con base en una propuesta que conceda un nivel de bienestar similar (Freeman III et al., 2014).

### 3.5. Revisión de literatura

Los estudios relevantes que hacen uso del Método de Valoración Contingente en los últimos veinticinco años han tenido un papel significativo en la valoración de los valores de uso y de no uso de los servicios ecosistémicos. Los siguientes artículos citados muestran resultados destacables en la valoración económica de la calidad del agua que tratan aspectos sobre el servicio de saneamiento y tratamiento de aguas residuales en distintos sitios de estudio como son ríos, lagos y ciudades a lo largo del mundo. En la tabla 8, se presenta un breve repaso de los artículos que aplicaron el método de VC para distintos sitios de estudio con resultados destacables, además se retomaron los montos monetarios significativos que se obtuvieron a partir de las estimaciones de DAP.

Una parte de los estudios citados emplearon métodos particulares en el cálculo de la DAP ya que en la estimación del monto se obtuvo por medio de la inferencia de valores promedio, ejemplos son los trabajos de Rodríguez y Verona (2013), Pérez (2016) y Ulo (2016), mientras que, otros estudios se basaron en el empleo de modelos econométricos probabilísticos recurriendo a regresiones de modelación Logit y Probit para el cálculo del monto por la mejora de la calidad del agua en ríos y del servicio de agua de calidad.

Un resultado interesante de la literatura fueron la variedad de artículos aplicados incluso en los mismos sitios de estudio. Como se observa en la tabla 8, se destaca el trabajo de Saz-Salazar et al. (2009) en el estudio para el Río Serpis en el que también Guimarães et al. (2011) valoró el estuario del mismo río. Los estudios más relevantes en la valoración de la calidad del agua presente en ríos consisten en la aplicación del método de VC en el caso del Río Musi en Devi et al. (2009), en el Río Ping de Yassin et al. (2009), en el Río Guadiana en Ramajo y Saz (2012), para el Río Huatanay en Guzmán (2015) y los ríos en la República de Irlanda en Buckley et al. (2016). Del mismo modo en que se investigaron los ríos, también en el estudio se consideró la importancia de comunidades rurales y urbanas como fueron los trabajos de Vergara et al. (2013), Perez-Pineda y Quintanilla (2013), Cagua (2014), Obando et al. (2016) y Achulli (2016).

De la misma manera, se destacan los artículos que retoman el método basado en la estimación por doble límite para el cálculo de la DAP por el pago a la calidad del agua. Los estudios realizados por parte de Whittington y Lauria (1996) en el país de Filipinas, Jiang y Lin (2011) en el país de China, además de los autores Tudela-Mamani (2017) y Cahui-Cahui (2019) que realizaron estudios en el país de Perú, estudios que resaltan por

su aporte en la valoración de la calidad del agua con resultados contundentes del valor económico ambiental, además que los autores concluyeron (en especial Tudela-Mamani) que la estimación mediante *doble límite* permite demostrar una mayor consistencia teórica debido a que tiene mayor significancia individual y conjunta de los parámetros.

**Tabla 8.** Revisión de literatura de valoración contingente y calidad del agua.

<b>Año</b>	<b>Autor</b>	<b>Servicios valorados</b>	<b>País</b>	<b>Sitio de estudio</b>	<b>Enfoque econométrico</b>	<b>DAP</b>	<b>Moneda</b>
<b>1996</b>	Whittington & Lauria	Calidad del agua	Filipinas	Ciudad de Davao	Logístico (Probit) double-bounded	₱ 27.00	Pesos filipinos/1992/mes
<b>2009</b>	Cacua	Agua	Colombia	Departamento de Huila	Regresión logit multinomial de utilidad aleatoria	\$ 51,012	Dólares/ anual
<b>2009</b>	Devi et al	Calidad del agua	India	Río Musi	Logístico (Logit) single-bounded	₹ 81.00	Rupia india/mes
<b>2009</b>	Martín-Ortega et al.	Calidad del agua	España	Cuenca de Guadalquivir	Análisis multivariante realizado en el modelo de Heckman	€ 31.79	Euros/ anual
<b>2009</b>	del Saz-Salazar et al.	Agua	España	Cuenca del Río Serpis	Regresión probit y tobit	\$ 108.46	Dólares/ anual
<b>2009</b>	Yassin	Calidad del agua	China	Río Mae Ping	Logístico (Logit) single-bounded	฿ 30.00	Bath Tailandés/mes
<b>2010</b>	Jiang & Lin	Calidad del agua	China	Ciudad Min y Fuzhou	Logístico (Probit) double-bounded	¥ 0.51	Yuanes/mes

<b>2010</b>	De Frutos	Calidad del agua	España	Ciudad de Soria	Regresión por MCO	€ 12.35	Euros/ mensual
<b>2011</b>	Salvador del Saz et al.	Calidad del agua	España	Río Serpis, provincia de Alicante y Valencia	Regresión logit y probit	€ 108.46	Euros/ anual
<b>2011</b>	Guimarães et al.	Calidad del agua	Portugal y España	Estuario Guadiana	Logístico (Logit) single-bounded	€ 47.17	Euros/ año
<b>2012</b>	A. Perni & Martínez-Paz	Ecosistema fluvial	España	Río Segura	Regresión Tobit	€ 25.03	Euros/ año
<b>2012</b>	Ramajo & Saz	Calidad del agua	España	Cuenca del Río Guadiana	Logístico (Logit) single-bounded	€ 33.00	Euros/ año
<b>2013</b>	Verona & Rodríguez	Calidad del agua	Perú	Laguna Conache, Laredo	Valores promedio	\$ 110.24	Soles/ visita
<b>2013</b>	Vergara et al.	Calidad del agua	Colombia	La Colosa, Cajamarca-Tolima	Regresión Probit y Logit	\$ 1,394	Pesos Colombia/ 2012/ trimestre
<b>2013</b>	Perez-Pineda & Quintanilla-Armijo	Calidad del agua y saneamiento	El Salvador	Comunidades rurales	Regresión Logit y Probit	\$ 8.32	Colones/ mes/ barril
<b>2013</b>	Van Khuc	Calidad del agua	Vietnam	Ciudades Hanoi, Hai Duong y Ho Chi Minh	Regresión Logit binaria	0.06 <sup>d</sup>	Dong vietnamita/ mes
<b>2015</b>	Guzmán	Calidad del agua	Perú	Contorno del Río Huatanay y ciudad de Cusco	Regresión Logit	\$ 5.00	Soles/ mes

<b>2016</b>	Buckley et al.	Calidad del agua	Irlanda	Ríos de la República de Irlanda	Logístico (Tobit model) single bounded	€ 19.00	Euros/año
<b>2016</b>	Obando et al.	Calidad del agua	Colombia	Municipio de Villavicencio	Regresión Logit	\$ 4353, 5207, 7294, 5000	Pesos Colombia/visita
<b>2016</b>	Perez Barrientos	Calidad del recurso hídrico	Perú	Microcuenca del río Kimiriki-Pichanaqui	Valores promedio	\$ 1.83	Soles
<b>2016</b>	Ulo Aduviri	Calidad del agua	Bolivia	Lago Poopó y municipio de Oruro	Valores promedio	\$ 30.00	Pesos Bolivia/mes
<b>2016</b>	Achulli	Calidad de servicio de agua	Perú	Ciudad Puno	Regresión Logit y Probit	\$ 16.42	Soles/mes
<b>2017</b>	Tudela-Mamani	Tratamiento de aguas residuales	Perú	Ciudad de Puno	Regresión double-bounded y Logit	\$ 4.38	Soles/mes
<b>2018</b>	Castro & Solsol	Servicio de agua potable	Perú	Distrito Yarada-Los Palos	Regresión Logit	\$ 48.39	Soles/mes
<b>2018</b>	Tudela-Mamani	Saneamiento básico del agua	Perú	Ciudad de Puno	Regresión double-bounded y Logit	\$ 8.53	Soles/mes
<b>2019</b>	Cahui-Cahui	Agua potable y saneamiento	Perú	Paxa, distrito de Tiquillaca – Puno	Regresión double-bounded y Logit	\$ 3.85	Soles/mes

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

### 3.6. Etapas del Método de Valoración Contingente

El proceso de aplicación del MVC fue establecido partir de la serie de recomendaciones por la NOAA en 1998, en el que a través de las recomendaciones se establecieron las medidas principales que caracterizan al método en comparación de otras metodologías, con la ventaja principal de que los estudios de VC tienen la capacidad de estimar los montos de pago de DAP o bien de DAC como compensación por los daños ambientales.

El primer componente consiste en la descripción del escenario que se espera que valore el individuo encuestado, en el segundo componente se diseña la pregunta de DAP (en otro caso, la DAC), mientras que en el tercer componente se selecciona el mecanismo que permite al encuestador obtener la disposición de pago (en caso contrario la compensación) a partir de una serie de respuestas del individuo (López-Feldman A., 2013). De este modo, las consideraciones que se han realizado en la aplicación del método de VC por parte de Roas (2001) y López-Feldman (2013), formularon las siguientes medidas para el desarrollo del método los cuales se nombran a continuación.

1. Definición del servicio ecosistémico por valorar.
2. Definición de la población objetivo.
3. Diseño del cuestionario.
4. Definición del vehículo de pago.
5. Definición del formato de pregunta.
6. Selección de técnica de recolección de datos.
7. Sistematización de información.
8. Elección del modelo econométrico de respuesta dicotómica.
9. Estimación de la Disponibilidad a Pagar.
10. Cálculo de Disponibilidad a Pagar total.

Los anteriores pasos ayudan a enfocarnos en el objetivo de método de valoración que consiste en realizar una valoración económica ambiental significativa de los beneficios que proporcionan los bienes y servicios que son parte los ecosistemas, aunque estos no cuenten con un mercado definido, por lo que la importancia de la formulación del mercado hipotético es esencial. También, con este proceso se espera estimar la DAP (en el caso opuesto, la DAC) con el propósito de estimar monetariamente los beneficios que proporciona el bien o servicio por valorar, ya sean en cuanto a las mejoras ambientales y en la aprobación por parte de la población hacia políticas de mejora ambiental.

A continuación, a lo largo de las secciones 3.6.1 a 3.6.11 se exponen cada uno de los pasos de aplicación del método de VC con la finalidad de seguir en este trabajo de tesis los pasos y recomendaciones para elaborar el método de aplicación de la valoración económica ambiental sobre la calidad del agua de la subcuenca hídrica Río Pajaritos.

### 3.6.1. El servicio ecosistémico

El primer paso de formulación del MVC consiste en la definición sobre lo que se busca valorar económicamente, especialmente para la asignación del valor de los bienes y servicios ecosistémicos que no cuentan con un valor de mercado, pero que son fundamentales para el bienestar de los individuos (Balvarena y Cotler, 2011). Por lo tanto, se retoma el concepto de los servicios ecosistémicos como los beneficios compuestos de elementos bióticos y abióticos, tangibles e intangibles que son parte de la naturaleza.

Por lo tanto, se propone en la planeación del MVC comenzar con una investigación inicial sobre el servicio ecosistémico que se desea analizar y valorar económicamente, la investigación tendrá la finalidad de revelar los beneficios que representan cada uno de los recursos ambientales de proporcionan los servicios ecosistémicos; de manera que para obtener la delimitación del servicio ecosistémico es importante identificar cuáles son los proxys de valores de uso y de no-uso relacionados con respecto al propósito de valoración del estudio. Es importante tener en consideración los anteriores aspectos puesto que no se pueden asignar beneficios de un mayor valor que el menor costo de conseguir el beneficio por una vía alternativa, o bien no se le puede asignar a un menor costo un mayor valor que el costo de evitarlo (Ferrá y Botteon, 2000).

Se recomienda a partir de este paso comenzar con la investigación inicial en la identificación del bien y servicio del ecosistema del sitio de estudio, cuáles son los servicios ecosistémicos por valorar, la temporalidad de este y cómo la valoración de estos elementos ayuda en la medición del valor económico ambiental.

### 3.6.2. La población objetivo

Para determinar la población es necesario especificar con claridad el tamaño de los habitantes del sitio de estudio. La población objetivo se selecciona de manera que sea representativa de la población y no de todo el conjunto, por lo que la población representativa se puede ser a nivel individuos u hogares. Para obtener el tamaño de la población se delimita con ayuda del muestreo aleatorio, probabilístico y no probabilístico.

El procedimiento de muestreo se puede realizar por medio de cuatro técnicas: aleatorio con o sin reemplazo, por conglomerados, estratificado y sistemático. Los métodos de muestreo probabilístico son mediante un muestreo aleatorio con o sin reemplazo en el que se garantiza que todas las muestras posibles por obtener sean elegidas. Para el muestreo por conglomerados al tamaño de población se divide por áreas que sean homogéneas entre sí, mientras que en el caso del muestreo estratificado es parecido al de conglomerados solo que en cada área se selecciona el número de elementos proporcionales de cada estrato (basado en los criterios sociales, económicos o culturales).

Por parte del muestreo sistemático, se divide a la población en subconjuntos de tamaño a partir de los cuales se selecciona una muestra elegida entre un número aleatorio del lugar  $k$  mediante la fórmula  $k = N/n$ , que divide el número de unidades de la población de  $N$  elementos ordenados y numerados del 1 hasta  $N$  número de unidades de la población que componen la muestra en  $n$  subconjuntos (Fuenlabrada, 2008, p. 257). Es importante considerar que los factores que determinan el tamaño de muestra consisten en observar la distribución de la población, la asignación del nivel de confianza y del margen de error permitido, de manera que la distribución de la muestra sea homogénea.

El proceso de muestreo se desarrolla de manera que el tamaño asegure ser el más representativo de la población incluyendo la precisión estadística, a su vez de que sea el más económico (Fuenlabrada, 2008). Por lo tanto, es necesaria una investigación previa sobre los individuos cercanos que serían afectados por el cambio en el nivel de calidad ambiental de provisión por parte del servicio ecosistémico, en especial con la consulta de distintas fuentes de información donde se pueden descargar datos actuales de variables poblacionales como pueden ser los censos nacionales de población y vivienda de INEGI.

### 3.6.3. Diseño del cuestionario

En este paso es necesaria la formulación del contenido que forma parte en el diseño de un cuestionario de Valoración Contingente (Bateman, 2002), en el que se desarrollan distintos tipos de preguntas que tienen la finalidad de obtener información que sea clasificable con base en distintos parámetros de respuesta cuantitativos y cualitativos. Además, las preguntas se diseñan con el objetivo de obtener la cantidad monetaria que sea relativamente acorde con la valoración que otorga la población para los bienes y servicios del medio ambiente.



- I. **Sección introductoria:** La encuesta inicia con una breve explicación al encuestado sobre el propósito del ejercicio en donde se asegura la completa confidencialidad del registro de respuestas. En esta parte se realizan un primer bloque de preguntas sobre el entorno y del uso del servicio ecosistémico en cuestión, por lo que puede ayudar a orientar sus preferencias y obtener información sobre si el individuo es consciente del presente problema ambiental.
- II. **Sección de valoración:** En esta sección se debe plantear el método de oferta del mercado hipotético que simule a un escenario de la oferta del bien o servicio ante un cambio con respecto a la calidad del bien o servicio ambiental. La simulación del mercado hipotético se realiza de manera que se describe a detalle la posible problemática ambiental en específico con ayuda de recursos como son imágenes, mapas, descripciones del recurso, número de especies habitantes, etc.  
Como continuación se da paso a la descripción del escenario hipotético, escenario en el que se introduce una acción pública, política pública o un proyecto que tenga efectos hacia el encuestado tanto como en la sociedad como en el ambiente, por lo que debe ser cuidadosamente definido y creíble. A continuación, se menciona al encuestado sobre sus **restricciones presupuestarias** y sobre la existencia de **sustitutos** del bien o servicio ambiental en cuestión por lo que son invitados a aprovechar de los beneficios que disfrutaban en un sitio similar.  
Después, se describe cual es la forma de pago por el beneficio del bien y servicio, a su vez que se ofertan los montos de pago considerando la limitación presupuestaria del individuo y su respectiva opinión sobre hacer o no el pago.
- III. **Sección de seguimiento:** Al momento de realizar la pregunta sobre la cantidad dispuesta a pagar, en caso de que la respuesta a la pregunta principal sea negativa, se plantea una pregunta alternativa sobre las razones del no pago, así como formular preguntas sobre las percepciones y motivos personales en cuanto a los cambios en la calidad del bien y servicio ambiental del usuario.
- IV. **Sección de características socioeconómicas:** En la sección final, se recaba la información personal del encuestado como son la edad, género, el número de hijos y personas en el hogar, grado educativo, estado civil y percepción de ingresos (puede ser individual o familiar) como fuente de información para el análisis socioeconómico de la población representativa.

#### 3.6.4. El vehículo de pago

El vehículo de pago describe la manera en que se pregunta a los encuestados sobre su disposición de pago, por lo que la cantidad de pago se plantea de forma hipotética. El pago debe ser de manera que sea creíble, transparente y no controversial (Ríos, 2010). Es recomendable que un modo sea haga por medio del incremento de un impuesto local, esto es por medio de recibos de pago de servicios o en monto de donación de apoyo para proyectos comunitarios y de asociaciones que conserven el bien o servicio ambiental.

El medio de pago es usualmente definido como un pago único o como un cargo automático por hogar por mes o año. En cuanto a la forma y momento del pago se debe decidir antes del momento de la aplicación, con ayuda de la realización de una prueba piloto a causa de la existencia de diferencias territoriales a las que está sujeta la población, debido a que no es lo mismo para toda la población hacer una aportación mediante recibos de pago como podría ser el pago mediante la donación monetaria entre la comunidad.

#### 3.6.5. El formato de pregunta

Por parte del tipo de formato de la pregunta, el formato se diseña de la forma en que el individuo pueda responder cuánto es lo máximo que puede aportar de su ingreso para un pago, o bien de aceptar una cantidad adicional a su ingreso con el objetivo de estimar el beneficio ambiental que proporciona. Las preguntas del método de VC tienen el propósito por lo tanto de que el individuo confronta un escenario hipotético en el que tenga que decidir sobre seguir adquiriendo el bien o el servicio ambiental a un precio determinado.

La cantidad de pago puede formularse en montos de propuesta de tipo abierto, subasta, tarjetas de pago, referendo y en subasta de doble límite que son revisados a continuación.

- Formato abierto. En este caso se realiza una pregunta directa al encuestado sobre cuánto es lo máximo que estaría el individuo DAP/DAC, un ejemplo es ¿cuánto es lo máximo que está dispuesto a pagar (mínimo a aceptar) por...? Para este tipo de pregunta se tiene que considerar qué se trata de valorar de los bienes ambientales y/o servicios ecosistémicos de no-mercado, por lo tanto, es una manera difícil que el encuestado tenga una idea precisa del valor razonable sobre el bien o servicio, así que probablemente puede incrementar la probabilidad de que no pueda responder.
- Formato de subasta. Este formato evita la anterior problemática que se presenta en el formato abierto, consiste en que el encuestador presente al individuo una serie de

pagos posibles a realizar en donde el encuestado dice *sí* a la cantidad dispuesta a pagar o *no*, dependiendo de su ingreso personal. Por ejemplo, ¿estarías dispuesto a pagar (cantidad ofertada) por...?, si la respuesta es positiva la cifra original se puede elevar a una cantidad predeterminada y si es negativa la respuesta se reduce hasta que el encuestado finalmente determine una cantidad de pago. Las cifras se establecen de manera que se tenga como objetivo encontrar la máxima DAP, o bien la mínima DAC.

- Formato de tarjetas de pago. Durante la encuesta, al individuo se le presentan tarjetas de pago con diferentes cantidades escritas en el que los encuestados eligen con una  la cantidad monetaria que está dispuesto a pagar y con una  las subsecuentes cantidades a las que no está dispuesto a pagar. El formato permite que los encuestados expresen una cantidad de DAP con respecto a la decisión personal, aunque esta pueda estar influenciada por las cantidades predeterminadas de las tarjetas de pago.
- Formato referendo. En este caso se establece una pregunta cerrada de respuesta binaria para el encuestado, ejemplo es ¿estaría dispuesto a pagar tanto por...? que sigue de la pregunta ¿sí o no?, correspondiente a una estructura de *formato referéndum*. Este tipo de formato se establecen distintas cantidades de pago aleatoriamente entre distintos subconjuntos de la población objetivo que obtiene la respuesta con respecto a las cantidades sistematizadas de oferta de cada uno de los individuos, de forma que cada encuestado tenga una cantidad y respuesta distinta. Este formato de respuesta dicotómica es considerado como el más adecuado en la VC, debido a que del conjunto de respuestas se obtiene la máxima DAP (en caso contrario, una mínima DAC), esto con ayuda del uso de técnicas de estimación econométrica.
- Formato de doble límite. Este formato es conocido en la literatura como *double-bounded*, esta técnica es estadísticamente más eficiente y permite el uso eficiente de los datos para estimar la DAP (Lopez-Feldman, 2012). El formato consiste en realizar la pregunta inicial de propuesta de cantidad de DAP para el encuestado, donde el encuestado es confrontado a responder de nuevo otra pregunta que esté basada en función de la primera respuesta en el que se tiene una nueva propuesta de cantidad de DAP, mientras que si es negativa la respuesta se realiza otra nueva propuesta de disposición del individuo, esto con el fin de tener mayor probabilidad de que el encuestado realice correctamente una asignación monetaria a la propuesta de pago.

### 3.6.6. Prueba piloto

Una vez redactado el cuestionario es necesaria la realización de un estudio piloto que adapte el cuestionario a las condiciones del sitio de estudio, en particular con respecto a la planificación del vehículo de pago y la selección de los montos de pago. La prueba piloto suele ser ensayado con una muestra en grupos de entre 25 a 100 individuos, mientras que la encuesta final se debe realizar de una cantidad entre 200 a 1000 individuos dependiendo de la población objetivo previamente establecida (Perman et al., 2011). Una vez realizada la prueba piloto, es posible verificar las conductas de los individuos con respecto a las preguntas, por eso es necesario comenzar con las pruebas en grupos focales con la finalidad de mejorar el diseño del cuestionario de aplicación.

### 3.6.7. Recolección de datos

En el momento de la planeación del método de recolección, se pueden contemplar distintas opciones de la aplicación de la encuesta como son el medio personal, por correo o por vía teléfono. Por parte de la encuesta personal, esta ofrece ventajas como son la obtención de respuestas más confiables por la inclusión de apoyos visuales y una mayor certeza que la encuesta sea completada, aunque una de las desventajas a considerar es el costo y tiempo de desplazamiento debido que el lugar de estudio puede ser remoto.

Otra manera es por la encuesta por correo que tienen la ventaja de ser económicas y se apoyan en el uso de recursos visuales, aunque al ser un medio electrónico las respuestas tienden a ser salteadas y limitadas por bajas tasas de respuesta, por lo que en estos casos no se obtiene la información íntegra del encuestado. Por otro lado, la opción de encuestas mediante teléfono es de costo bajo y en este caso se puede insistir a la persona para completar la encuesta, pero se tiene la desventaja de que restringe información provista por el encuestado debido a que no se pueden incluir apoyos visuales al momento de realizar la explicación del escenario hipotético de valoración.

Actualmente, existe la opción de realizar encuestas online con el uso de aplicaciones como son Qualtrics, Google forms y Microsoft forms, plataformas que son de ayuda en el diseño de encuestas de bajo costo y la posibilidad de insertar apoyos visuales, conjuntamente con la adición de opciones de acondicionamiento para que el encuestado complete las preguntas con alta probabilidad de finalización. No obstante, existe la posibilidad de que se obtengan bajas tasas de respuesta y, en cuanto al tiempo de recolección, puede que sea más duradero del que se había provisto originalmente.

### 3.6.8. Sistematización de la información

En esta sección es necesario identificar cuáles son las variables complementarias para ser usadas en el análisis estadístico y en la construcción de la base de datos para modelar econométricamente. Se pueden considerar la generación de variables de tipo socioeconómico, del conocimiento del recurso y sobre el grado de preocupación por las condiciones del recurso, de manera que sean formuladas para registrarse como categorías de respuesta abierta, respuesta dicotómica (*sí/no*) y opción múltiple (*a, b, c y d*).

Una vez estructurada la base de datos, se da paso al análisis de eficiencia estadística y verificación de que los resultados sean sensibles a la especificación de los coeficientes de estimación mediante el modelo econométrico. En el caso de la variable dependiente de la respuesta de DAP se define con valores de 0 y 1, valores que también incluye a otras variables de respuesta dicotómica entre *sí* y *no*. A continuación, se plantea la manera en que se analizan los datos, como se menciona en las secciones subsecuentes, el análisis puede llevarse a cabo mediante de un procedimiento de estimación de un modelo econométrico *logit* o *probit* en el que se asume que los errores de la regresión se distribuyen de forma normal o logística (Lavín F., 2018).

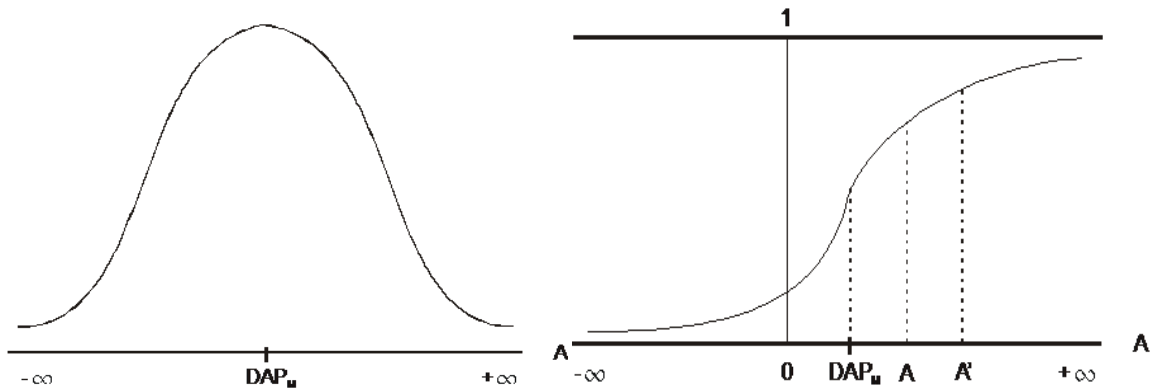
### 3.6.9. Elección del modelo econométrico para respuesta dicotómica

El procedimiento para analizar los datos de tipo dicotómico se obtiene por la estimación no paramétrica, que supone que la variable de respuesta DAP sigue una distribución como una función de densidad expresada en términos monetarios (Véase Figura 8). Como se retoma, el formato de la pregunta principal pregunta por una determinada DAP, las respuestas obtenidas se reflejan en la propuesta de pago *A* que ofrece una cantidad de pago por *precio* del bien de los individuos que deciden si están dispuestos pagar por este, o por el contrario si no están dispuestos a pagarlo (Lavín F. et al., 2018). La premisa de la probabilidad de responder *sí/no* (13), se formula a través de la condición  $Pr(sí) = Pr$ .

$$Pr(sí) = Pr \{DAP(p, x_2^0, x_2^1, y) \geq A\} \quad (13)$$

De otra manera, si el encuestado responde negativamente a la disposición a pagar por una determinada cantidad del pago propuesto *A*, la respuesta se representa en la curva inferior de la función de distribución de probabilidad acumulada (Véase Figura 8).

**Figura 8.** Función de densidad y de distribución acumulada del precio  $A$ .



Fuente: Pere R., Garcia D, Kriström B. y Brännlund R, 2016.

El presente enfoque teórico se encuentra basado de Hanemann (1984) en el que las respuestas se pueden analizar a partir de un modelo de utilidad aleatoria (Haab y McConnell, 2002). El modelo supone que el individuo responde *sí*, si la utilidad proporcionada contiene la provisión del bien y servicio ambiental, combinado con el aumento de disposición a pagar por  $A$ , excede su probabilidad de decir *no*. De manera que la respuesta del encuestado a decir *sí* debe cumplir la siguiente condición.

$$v_0(x_2^0; y) + \varepsilon_0 \leq v_1(x_2^0, y_1 - A) \quad (14)$$

Donde  $v$  es una función de utilidad individual indirecta con una media observable y una distribución paramétrica,  $y$  es el ingreso del encuestado,  $A$  es el precio del pago propuesto,  $x_2^1$  es una variable de la condición ambiental prevaleciente que toma el valor de uno si se proporciona el bien ambiental y cero si es lo contrario, mientras que  $\varepsilon$  es un componente que no es observable y que representan las múltiples preferencias que aún no se conocen del encuestado, representado como un término de error aleatorio distribuido de forma idéntica e independiente con media cero (Cameron y James, 1987).

Como parte de la función, se asume que el individuo conoce su propia utilidad (Valdivia-Alcalá, 2009). Por otra parte, existen elementos aleatorios desconocidos en la utilidad que se incluyen en el término de error  $e_1$  que permite generar una estructura estocástica. Por ende, la probabilidad de responder afirmativamente a la pregunta de disponibilidad a pagar es igual a que la condición de utilidad indirecta vista anteriormente se cumpla, es decir.

$$Pr(\text{sí}) = Pr \{v_0(x_2^0, y) + e_0 \leq v_1(x_2^1, y - A) + e_1\} \quad (15)$$

La revisión de la anterior condición de estimación de la DAP presentado por Haab y McConnell (2002) provee de una base en el análisis del comportamiento de respuesta dicotómica. Entonces, si se supone que el término aleatorio sigue una distribución de Gumbel<sup>3</sup>, la expresión de un modelo del tipo logístico donde la probabilidad de respuesta de un individuo es expresada de manera que la DAP debe que ser menor que el precio de oferta (Valdivia-Alcalá, 2009, p.229). Entonces, se plantea que la función es la siguiente:

$$Pr(s, n) = \frac{e^{\alpha+\beta A}}{1 + e^{\alpha+\beta A}} \quad (16)$$

En esta función de probabilidad, decir *sí* toma el valor de 1 cuando la respuesta es afirmativa y valor de 0 cuando es negativa, el número  $e$  es la constante 2.718 y  $A$  es el precio propuesto del bien que se sustituye con respecto a los estimadores  $\alpha + \beta$ , estos son los coeficientes por estimar a partir de la máxima verosimilitud. Para determinar la respuesta positiva a la provisión del bien ambiental que toma el valor de 1 se resta a expresión principal  $Pr(s, n)$ , la expresión se resuelve a continuación.

$$1 - Pr(s, n) = 1 - \frac{e^{\alpha+\beta A}}{1 + e^{\alpha+\beta A}} \quad (17)$$

Resolviendo la anterior operación planteada, se obtiene.

$$Pr(s, n) = \frac{1 + e^{\alpha+\beta A} - e^{\alpha+\beta A}}{1 + e^{\alpha+\beta A}} \quad (18)$$

Para resolver la función se elimina el término en común  $e^{\alpha+\beta A}$ . Como resultante de la anterior operación, la probabilidad de responder *sí* viene dada por la expresión (19).

$$Pr(sí) = \frac{1}{1 + e^{\alpha+\beta A}} \quad (19)$$

Por medio de la anterior revisión de la teoría se obtuvo un primer planteamiento del modelo logístico de la respuesta del individuo, que obtiene como medida paramétrica de la DAP a un término constante  $\alpha$ , que representa la utilidad adicional generada por la

---

<sup>3</sup> La distribución se basa en el supuesto de que el término de error de la función de utilidad  $v$  sigue una distribución de valor extremo de tipo I y es independiente e idénticamente distribuido en todas las alternativas. Fuente: Modelo de cuestionario para la estimación del valor económico y percepciones sociales de los beneficios ambientales de la Directiva Marco del Agua.

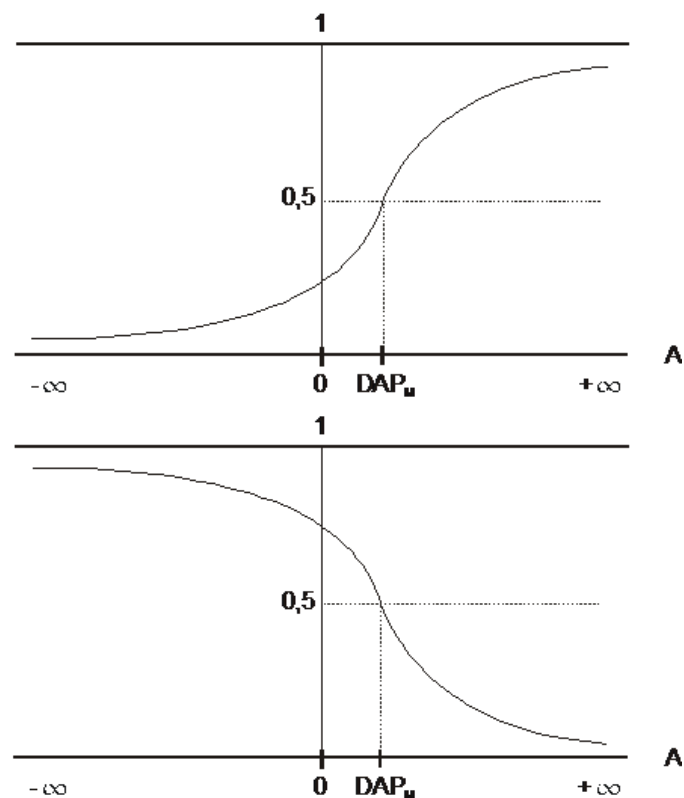
provisión del servicio ecosistémico, un coeficiente de  $\beta$  que representa la utilidad marginal del ingreso y la variable  $A$  que indica que a medida que incremente una responsabilidad implícita por un pago la probabilidad de responder *sí* disminuye (Pere et al. 2016). Se destaca que, si asume arbitrariamente que el término de error  $\varepsilon$  sigue una distribución normal, es posible emplear un modelo *probit* (Cameron y James, 1987).

### 3.6.10. Estimación de la Disponibilidad a Pagar

En la anterior sección se dio paso a la construcción de un modelo logístico, por lo que a lo largo de esta sección se retoman a las variables antes planteadas para obtener los valores de los coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$  que obtienen las medidas paramétricas de media y mediana en el modelo de utilidad aleatoria. Recordemos que también se pueden medir estos valores con la ayuda de programas estadísticos (Stata, R, Python, etc.), que a través de la estimación vía máxima verosimilitud (log-likelihood) se calcula la cantidad de DAP.

Una vez que sean obtenidos los valores de estimación de  $\alpha$  y  $\beta$ , es posible estimar la máxima DAP del individuo como una medida paramétrica (Véase Figura 9).

**Figura 9.** Función normal acumulada de la probabilidad de no aceptar o aceptar el pago.



Fuente: Pere et al., 2016.



En el caso del cálculo de la mediana, este es el valor del precio propuesto  $A$  que tiene tanto la probabilidad de ser aceptado como rechazado por parte del individuo, con una probabilidad de asignación de un valor equivalente a 0.5 como se observa en (20).

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{1 + e^{\alpha + \beta A}} \quad (20)$$

Entonces, el valor de la mediana del precio  $A$  puede ser calculado a partir de la función obtenida en el que la medida de la probabilidad de respuesta a decir  $sí = 1$  se representa mediante una función acumulada de probabilidad (Véase Figura 9).

Donde se asigna un valor correspondiente al punto medio de 0.5, que es igual a  $\frac{1}{2}$ ; para hallar este punto medio se iguala la expresión del precio  $A$ , resuelto como:

$$1 + e^{\alpha + \beta A} = 2 \quad (21)$$

$$e^{\alpha + \beta A} = 1 \quad (22)$$

Para esto se supone que valor del exponente es igual a cero.

$$\alpha + \beta A = 0 \quad (23)$$

De esta manera, el modelo se expresa de manera que  $\alpha$  es el término constante y  $\beta$  es el coeficiente de estimación por vía máxima verosimilitud para la variable de monto de pago (Hanemann, 1984), para hallar el valor correspondiente a la mediana de la DAP de los individuos se resuelve de la siguiente manera.

$$E[DAP] = -\frac{\alpha}{\beta} \quad (24)$$

A su vez, existe otro enfoque teórico para modelar la DAP denominada función de gasto aleatorio (Perman et al., 2011, p. 421), en el que el encuestado responde *sí* cuando su disposición a pagar personal supera el monto pago y responde *no* cuando no ocurre.

$$DAP(x_2^0, y, \varepsilon) > A \quad (25)$$

La forma funcional de esta función de DAP donde  $\alpha$  es un parámetro cuyo valor se desea estimar, la función de la DAP la formula el autor de la siguiente manera (26).

$$DAP = e^{\alpha - \varepsilon} \quad (26)$$

Por medio de este enfoque teórico, la ventaja es que puede estimarse la función tanto en el modelo logístico como probabilístico (Pere et al., 2016). La determinación de la probabilidad en el que la DAP exceda la cantidad del precio  $A$  para el bien es dado por.

$$Pr[DAP > A] = Pr[e^{\alpha - \varepsilon} > A] = Pr[\alpha - \varepsilon > \ln(A)] = Pr[\alpha - \ln(A) > \varepsilon] \quad (27)$$

Si se supone que el término aleatorio  $\varepsilon$  que tiene una distribución normal con una media cero, se transforma el modelo dividiéndose a través del error estándar  $\sigma$  y donde  $F$  es la función de distribución normal acumulada.

$$Pr[\alpha/\sigma - \ln(A)/\sigma > \theta] = F[\alpha/\sigma - \ln(A)/\sigma > \theta] \quad (28)$$

Para obtener los valores de  $\alpha$  y  $\sigma$ , el primero se calcula dividiendo el coeficiente entre el error estándar, mientras que para obtener el segundo término constante de la regresión *probit* se divide el coeficiente de logaritmo natural  $\ln(A)$  entre el error estándar, como se muestra se tiene una cierta similitud con el anterior modelo de utilidad aleatoria.

$$E[DAP] = e^{\alpha} E[e^{\varepsilon}] = e^{\alpha + \sigma^2/2} \quad (29)$$

Como resultado, la expresión corresponde a la media de una distribución log-normal. En consecuencia, si se usa el coeficiente  $\ln(A)$  en lugar de solamente  $A$  para una estimar la regresión *probit*, las medianas no arrojan los mismos resultados (Perman et al., 2011).

$$DAP_{mediana} = e^{\alpha} \quad (30)$$

La explicación del anterior enfoque de medición paramétrica demuestra que se cuenta con un sustento teórico en la estimación del promedio y la mediana de la DAP, tanto como los fundamentos que son necesarios en la realización de este trabajo de tesis. Por lo tanto, se recomienda que la mejor opción es obtener la estimación de la media y mediana del DAP por el parte de la medición no paramétrica, debido al sustento teórico que fue anteriormente expuesto.

### 3.6.11. Estimación de la Disponibilidad a Pagar total

El último paso en el cálculo de la DAP total, consiste en agregar las DAP individuales por el total de la población que hace uso del beneficio del recurso ambiental valorado. De manera que cada DAP individual se multiplica por el número de observaciones  $N$  del total de la población (Perman et al., 2011). La fórmula de cálculo se expresa continuación.

$$DAP\ total = N \times DAP \quad (31)$$

Sin embargo, en el caso de que el tamaño de la población objetivo no sea representativo el procedimiento adecuado puede realizarse por medio de una muestra estratificada y realizar el cálculo de las DAP individuales que sean adecuadas para los tipos de hogares. Finalmente, la DAP que sea obtenida mediante regresión econométrica se puede multiplicar por el número total de individuos u hogares  $N_i$ , especialmente esta opción puede hacerse si la población representativa es geográficamente poco representativa y la DAP varía en cantidad debido a la distancia del sitio del proyecto.

$$DAP\ total = \sum_i N_i \times DAP_i \quad (32)$$

Como último paso, cada DAP individual es sumado y multiplicado por el conjunto de la población objetivo, obteniendo se obtiene un monto monetario total que es aceptado de pago por la mitad de la población; por lo tanto, el método muestra que es una herramienta útil para la comparación de los costos de implementación de una política o proyecto que genere cambios sobre el bien y/o servicio ambiental existente.

### 3.7. Conclusiones sobre la aplicación del método

La aplicación del método de VC ha sido de gran importancia en los estudios de VEA tanto a nivel nacional como internacional, ya que es un procedimiento fiable para medir el beneficio de ganancia y pérdida en la utilidad de los individuos. La importancia del método radica en que ofrece la posibilidad de valorar bienes ambientales y/o servicios ecosistémicos de no-mercado, además de ser un punto de partida para recompensar daños ocasionados en el medio ambiente (Haab, et al. 2013), por lo que la VC es una herramienta fundamental en la planeación de la política pública en gestión y protección ambiental.

El método de VC, junto a los métodos de VE, permiten visibilizar la importancia de los servicios ecosistémicos al valorar elementos del medio ambiente en forma de bienes y servicios que benefician a la población. Entonces, el método de VC es una importante herramienta para conocer de manera directa los esquemas de valoración ambiental por parte de la población; no obstante, en la aplicación pueden surgir algunas dificultades en su medición en el que algunos bienes y servicios ambientales no pueden ser totalmente observables y cuantificados, por lo que su valoración depende completamente del punto de vista del usuario y sus actitudes sobre el consumo de estos.

Como propuesta para reducir complicaciones en el método de VC, se introdujo el uso del Método de Experimentos de Elección en el que su aplicación arroja consistencias para la valoración económico ambiental en la muestra de distintas situaciones en el diseño de las preguntas y del formato de subasta basándose directamente en una variedad de posibles cambios que ocurren sobre el estado original. El uso del método *directo* mejora el modo en que se realizan las elecciones arbitrarias por parte de la determinación de las cantidades ofertadas de DAP o DAC, ya que se presentan una variedad de recursos que son capaces de medir los diferentes cambios en el grado de bienestar (Roas, 2001).

---

*Capítulo 4.*

*Contexto de la subcuena  
hidrográfica Río Pajaritos*

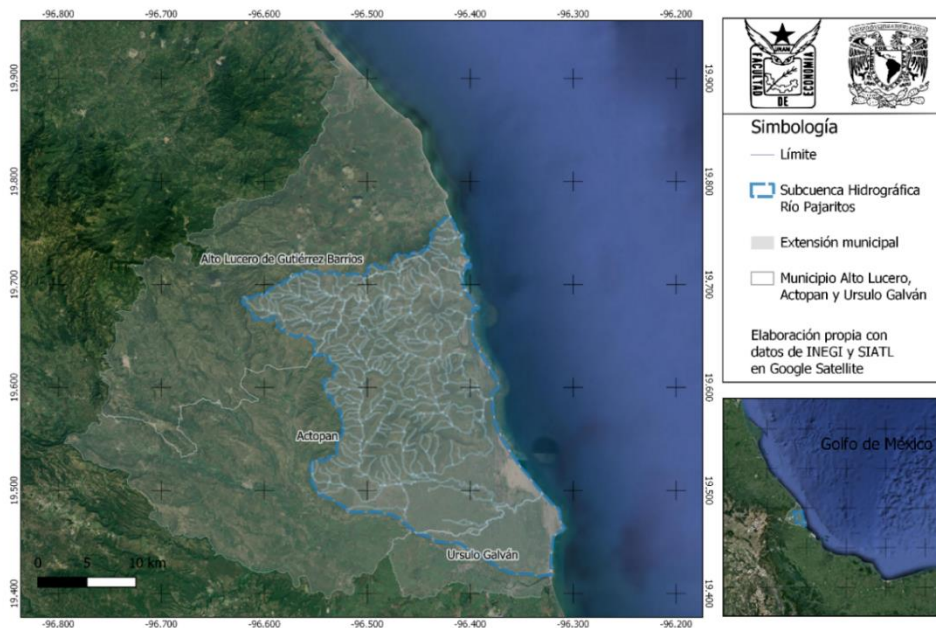
---

## 4. Contexto de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos

### 4.1. Localización

El estado de Veracruz cuenta con una extensión de 7.2 millones de hectáreas de superficie que se extiende desde el noreste al sureste del centro del Golfo de México, con una distancia de 745 kilómetros de litoral costero. Por territorio de la entidad escurre más del 30% del agua superficial del país (Secretaría de Protección Civil, 2011). En este estado se sitúa el lugar de estudio de la subcuenca Río Pajaritos (Véase Mapa 1), con clave de red hidrográfica RH28Bi que recorre los municipios de Actopan, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios y Úrsulo Galván (INEGI, 2010).

**Mapa 1.** Extensión de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos.



Fuente: Elaboración propia.

La subcuenca Río Pajaritos pertenece a la Región Hidrológica Número 28 Papaloapan y geográficamente se asienta sobre Llanura Costera del centro del Golfo de México donde las corrientes de agua desembocan al mar. Por la extensión de la región hidrológica se encuentra la subcuenca del Río Pajaritos, la cuenca del Río Actopan y la cuenca del Río Jamapa, así como otras microcuencas costeras adyacentes. De la subcuenca hidrográfica se tienen registros oficiales por parte de la Secretaría de Recursos Hidráulicos desde 1970, en el que se detalla que el área comprende un área de 1,251 km<sup>2</sup> donde predominan diversos ecosistemas y es considerada con muy alto grado de alteración de la dinámica funcional en su sistema de corrientes (Cotler et al., 2010).

Al ser una subcuenca, esta cuenta con divisiones convencionales hechas con fines de manejo de la cuenca vertiente (Cotler et al., 2010, p. 27). La mayoría del aporte del recurso hídrico proviene de la cuenca Actopan, por lo que la subcuenca es de flujo intermitente, es decir los caudales crecen durante la época de lluvias y disminuyen tiempo después, así que el porcentaje de escurrimiento de lluvia se encuentra entre el 5 y 15% (Pronatura Veracruz A.C., 2016). Actualmente, la reserva parcial de agua para uso ambiental es de 256 millones de m<sup>3</sup> anuales en el Río Actopan y 105.6 millones para Llanuras de Actopan, mientras que el volumen de uso doméstico y público urbano es de 45.6 millones m<sup>3</sup> anuales proveniente del Río Actopan (Ramos, 2018; CONAGUA, 2016), para una población asentada en la subcuenca de 56,030 personas (INEGI, 2010).

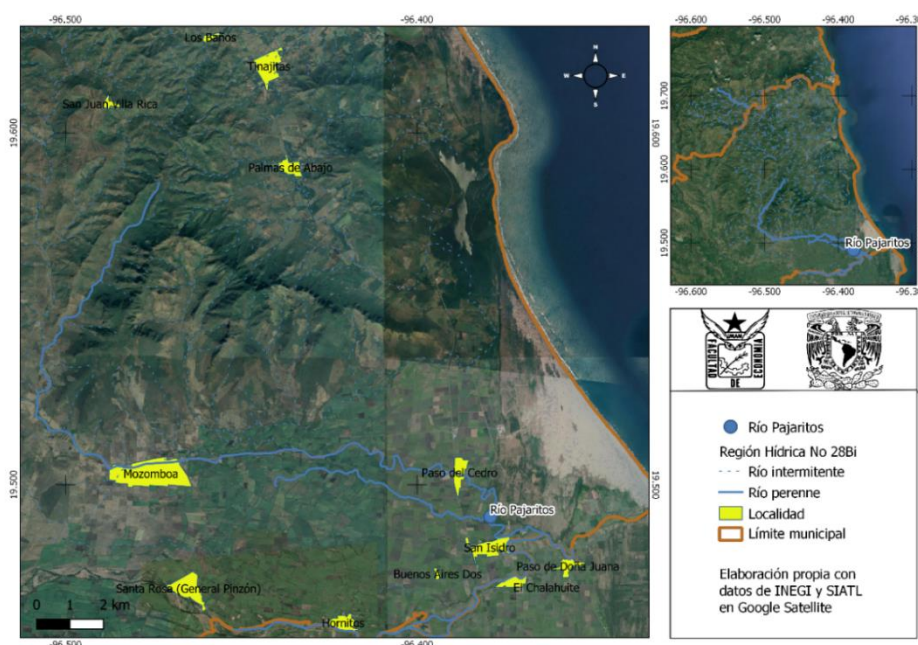
El clima de la región se caracteriza por ser cálido subhúmedo con lluvias en verano (precipitaciones de 286-320 mm) con una temperatura media anual entre 21°C y 28°C. Los fenómenos hidrometeorológicos que tienen ocurrencia en la región de la subcuenca hidrográfica son las tormentas tropicales y sequías estacionales (CONABIO, 2017)

#### 4.1.1. Territorio

La subcuenca hidrográfica Río Pajaritos comprende una extensión del 0.82% de la superficie total del estado de Veracruz, esta forma parte de la Región Hidrográfica Número 28. donde se destaca la presencia de vegetación transformada por actividades humanas como son pesca, industria y urbanización. En cuanto al sistema fluvial, el aporte de agua dulce proviene de los ríos Pajaritos, Actopan, La Antigua y Jamapa, y de las lagunas La Mancha, Llano y Farallón. La subcuenca cuenta con una descarga de agua de 44,829 m<sup>3</sup> por año que representa el 42.28% para el estado (Díaz, Pérez y Salas, 2010).

La principal corriente de la subcuenca es el Río Pajaritos se clasifica como río perenne, es decir, su corriente de agua se mantiene todo el año y no suele presentar cambios de caudal debido al constante aporte del agua por lluvia. El río recorre una extensión de 584.17 km<sup>2</sup> del municipio Actopan donde se encuentran los asentamientos de las localidades Mozomboa, San Isidro, Santa Rosa, Paso del Cedro y Hornitos, que son los principales usuarios del recurso hídrico. Geográficamente el Río Pajaritos se sitúa sobre el municipio de Actopan, que comprende su territorio entre los paralelos 19°23' y 19°44' de latitud norte; los meridianos 96°20' y 96°48' de longitud oeste, a una altitud de entre 1 y 1,000 metros (CEIEG, 2020).

**Mapa 2.** Extensión del Río Pajaritos y localidades.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Temperatura

En esta sección, se recolectan los datos de temperatura promedio con base en la consulta a nivel subcuena de la plataforma SIBIC<sup>4</sup>. Los datos de temperatura de la subcuena Río Pajaritos del periodo 1950 al 2010 muestran que la temperatura promedio en grados centígrados en el mes de enero es de 20.4°, en febrero de 21.3°, en marzo de 22.9°, en abril de 25.6°, en mayo de 26.9°, mientras que en junio es más cálido por el verano con 27.1°, en julio de 26.4°, en agosto de 26.7°, en septiembre de 26.4°, en octubre de 25.2°, en noviembre de 23° y durante invierno en diciembre de 22.1° en cada año.

La temperatura máxima promedio que se registra en la subcuena para el mes de enero es de 25°, en febrero de 26.1°, en marzo de 27.7°, en abril de 30.7°, en mayo y junio con un incremento de temperatura en verano de 32°, en julio de 31.3°, en agosto de 31.8°, en septiembre de 31.2°, en octubre de 30°, en noviembre de 27.7° y en diciembre de 26.7° grados centígrados. La temperatura mínima promedio que se registra en la subcuena para el mes de enero durante invierno es de una temperatura más fría con 15.8°, en febrero de 16.5°, en marzo de 18.1°, en abril de 20.6°, en mayo de 21.9°, en junio de 22.3°, en julio de 21.6°, en agosto de 21.7°, en septiembre de 21.6°, en octubre de 20.5°, en noviembre de 18.4° y en diciembre de 17.5° grados respectivamente durante el periodo anual.

<sup>4</sup> Con información del Sistema de Búsqueda e Información de Cuencas (SIBIC-INECC).



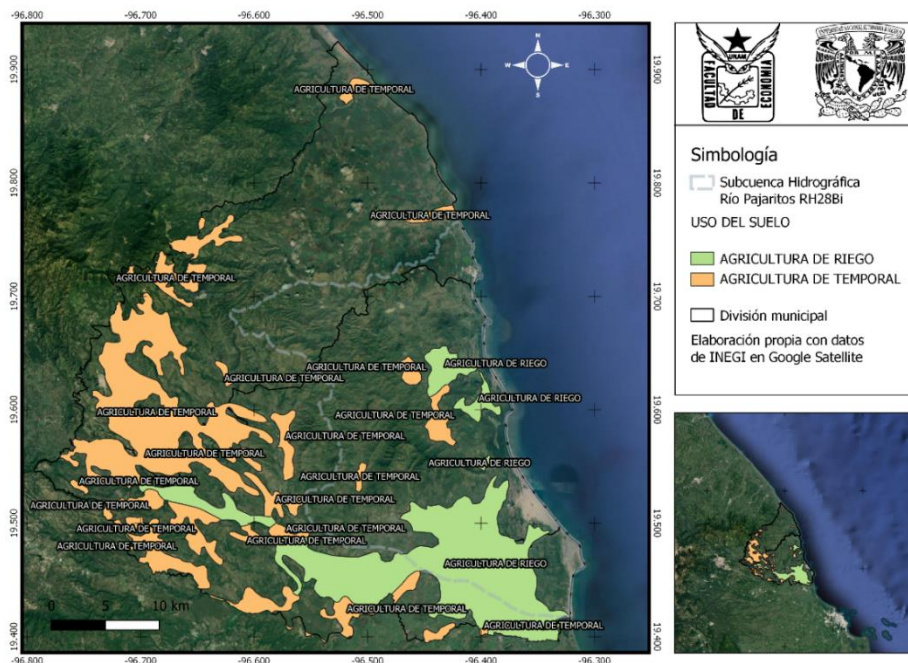
### 4.1.3. Precipitación

En esta sección se reportan los datos de la precipitación promedio anual expresado en milímetros, en el que se recaba los milímetros de precipitación durante cada mes del año. En el mes de enero es de 40.23 mm, en febrero con una precipitación mínima de 32.87 mm, en marzo de 33.08 mm, en abril de 34.74 mm, en mayo de 55.68 mm, en junio de 195.50 mm, en julio se registra una máxima precipitación de 225.18 mm, en agosto de 169.73 mm, en septiembre de 215.11 mm, en octubre de 102.24 mm, en noviembre de 69.38 y en diciembre de 38.57 mm de precipitación en la región de la subcuenca Río Pajaritos. A partir de los registros, es posible percibir que se presenta el fenómeno de la canícula por la temporada de lluvias que inicia en mes de junio y termina en noviembre.

### 4.1.4. Uso del suelo

A lo largo de la extensión de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos predominan las actividades primarias de agricultura de riego y de temporal en los municipios Actopan, Alto Lucero y Úrsulo Galván con una extensión de 34 mil hectáreas de superficie. Del total de la superficie destinada a la agricultura de riego (19,464 ha), se compone el 60.07% de Actopan, el 38.15% de Úrsulo Galván y el 1.78% de Alto Lucero, mientras que para la agricultura de temporal (15,192 ha) la superficie es del 53.15% en el municipio de Actopan, el 44.28 de Alto Lucero y el 2.57% de Úrsulo Galván (SIAP, 2013).

**Mapa 3.** Extensión del territorio agrícola.



Fuente: Elaboración propia.

Con base en la consulta de la plataforma de consulta por internet SIBIC, la extensión total del uso del suelo en la subcuenca destinado para uso agropecuario es de 73.5% (34 mil ha de propiedad ejidal), mientras que para los asentamientos humanos es del 0.13% (162 ha). Por parte del medio natural el bosque representa el 0.35% (438 ha), las dunas costeras el 2.54% (3 mil ha), los manglares de 0.68% (856 ha), mientras que la superficie del bosque de galería de la vegetación del ecosistema que se desarrolla en los cuerpos de agua es del 0.21% (263 ha). Recursos importantes como son los cuerpos de agua representan el 0.56% (697 ha) y por parte de la vegetación secundaria que cumple con distintas funciones ecosistémicas es del 22% (27 mil ha), el recurso cuenta con una disponibilidad alta para uso, explotación y aprovechamiento a nivel nacional.

#### 4.2. Dinámica social

En este apartado, se presenta una recopilación de las estadísticas fundamentales a nivel municipal de las localidades que forman parte de la subcuenca Río Pajaritos. La subcuenca hidrográfica se sitúa a lo largo de los tres municipios: Actopan, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios y Úrsulo Galván, con una población total de 104,781 habitantes en 2020 (Véase Tabla 9), los cuales 53 mil habitantes (50.72%) son mujeres y 51 mil habitantes (49.28%) son hombres.

**Tabla 9.** Población total por municipio.

<b>Periodo</b>	<b>Población total Actopan</b>	<b>Población total Alto Lucero</b>	<b>Población total Úrsulo Galván</b>
<b>2000</b>	39,354	27,188	27,684
<b>2005</b>	37,867	25,893	26,909
<b>2010</b>	40,994	28,017	29,005
<b>2015</b>	43,388	28,922	30,580
<b>2020</b>	43,838	29,877	31,066

Fuente: INEGI Censo de Población y Vivienda 2010, Conteo de Población y Vivienda 2005, Censo General de Población y Vivienda 2000, y cuadernillos municipales de Actopan, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios y Úrsulo Galván 2015 y 2020 (CEIEG, 2016).

La población de la región se concentra en el rango de 15 a 64 años que representa el 64.7% de la población que se encuentra en edad laboral (67 mil habitantes). La mayoría de la población ocupada se encuentra en los municipios Actopan y Alto Lucero, que laboran como trabajadores agropecuarios, mientras que en el municipio de Úrsulo Galván una mayor proporción trabaja como comerciantes y en el trabajo para servicios diversos.

**Tabla 10.** Población ocupada por municipio (porcentaje).

Municipio	Población ocupada	División ocupacional				
		Funcionarios, profesionistas, técnicos y administrativos	Trabajadores agropecuarios	Trabajadores en la industria	Comerciantes y trabajadores en servicios diversos	No especificado
<b>Actopan</b>	13,669	12.25	51.17	12.30	23.22	1.05
<b>Alto Lucero</b>	8,526	9.42	53.33	13.00	23.66	0.60
<b>Úrsulo Galván</b>	10,736	22.41	20.00	21.58	35.67	0.034

Fuente: INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal, 2015.

La actividad económica para los municipios de Actopan y Alto Lucero se conforma del sector primario de agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y caza, donde predominan hombres mientras que en el sector servicios las mujeres predominan en actividades de transporte, gobierno y otros servicios (Véase Tabla 11). En el municipio de Úrsulo Galván predominan las actividades secundarias de industria, minería, extracción de petróleo y gas junto a las actividades manufactureras, electricidad, agua y construcción con la mayoría de la población ocupada de hombres. Por parte de las mujeres de Úrsulo Galván, hay una mayor proporción de su población ocupada del sector servicios que se explica debido a la zona turística y hotelera de la Playa de Chachalacas.

**Tabla 11.** Población ocupada y distribución porcentual según sector económico.

Municipio	Género	Población ocupada	Sector de actividad económica				
			Primario	Secundario	Comercio	Servicios	No especificado
<b>Actopan</b>	Hombres	10,474	58.49	19.74	6.87	14.28	0.61
	Mujeres	3,195	14.71	10.08	17.87	52.99	4.35
<b>Alto Lucero</b>	Hombres	7,042	63.25	14.10	8.58	13.72	0.36
	Mujeres	1,484	11.19	7.35	22.71	56.13	2.63
<b>Úrsulo Galván</b>	Hombres	7,471	29.70	36.05	7.39	26.70	0.16
	Mujeres	3,265	1.65	9.98	21.87	65.60	0.89

Fuente: INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal, 2015.

A partir de los datos de ingreso percibido por la población ocupada en la tabla 12, se puede observar que en los municipios de Actopan y Alto Lucero obtienen en su mayoría un ingreso mensual de uno a dos salarios mínimos. Por parte de Úrsulo Galván, se muestra que tienen un ingreso mayor a dos salarios mínimos mensuales, por lo que la remuneración por parte de sector secundario y de servicios aportan mayor ingreso a la población ocupada del municipio.

**Tabla 12.** Distribución porcentual por municipio según ingreso y género.

Municipio	Población ocupada	Ingreso por trabajo (salario mínimo mensual MX)			
		Hasta 1	Más de 1 a 2	Más de 2	No especificado
Actopan	Total	13.92	48.69	28.35	9.04
	Hombres	10.46	51.42	29.09	9.02
	Mujeres	25.26	39.75	25.92	9.08
Alto Lucero	Total	19.27	45.16	27.59	7.99
	Hombres	17.52	47.20	27.31	7.97
	Mujeres	27.56	35.44	28.91	8.09
Úrsulo Galván	Total	10.18	30.40	55.51	3.90
	Hombres	8.59	26.96	60.41	4.04
	Mujeres	13.81	38.28	44.32	3.58

Fuente: INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal, 2015.

Para efectos del caso de estudio, se recabo información municipal adicional que se encuentra más especializada con respecto al tema de investigación. De esta manera, se recabaron datos de la encuesta intercensal sobre la cantidad de hogares de los municipios de Actopan, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios y Úrsulo Galván, que cuentan con fuente de abastecimiento de agua. En la tabla 13, se observa que la mayoría de los hogares cuentan con el servicio público de agua entubada y otro porcentaje menor hace uso de pozos locales en los municipios.

**Tabla 13.** Distribución porcentual de hogares en abastecimiento del agua entubada.

Municipio	Hogares que disponen de agua entubada	Fuente del abastecimiento del agua entubada						N.E.
		Servicio publico	Pozo comunitario	Pozo particular	Pipa	Otra vivienda	Otro lugar	
Actopan	12,821	83.22	13.87	2.18	0.03	0.019	0.23	0.27
Alto Lucero	8,603	84.48	8.42	4.22	0.03	0.40	2.22	0.23
Úrsulo Galván	9,241	90.35	7.26	2.06	0.00	0.30	0.03	0.00

Fuente: INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal, 2015.

La distribución de los hogares con disponibilidad de agua se muestra en la tabla 14, los porcentajes demuestran que casi todos los hogares cuentan con disponibilidad de agua entubada y solo una proporción de los hogares en los municipios de Actopan (28%) y Alto Lucero (10%), disponen de agua mediante el acarreo desde un río, arroyo o lago. Los datos muestran que los tres municipios cuentan con una infraestructura adecuada del servicio de agua potable, al saneamiento y la prevención de enfermedades en la población, aspectos importantes que van a ser considerados en las siguientes secciones.

**Tabla 14.** Distribución porcentual de hogares según disponibilidad de agua.

Municipio	Disponibilidad de agua							
	Entubada			Por acarreo				
	Total	Dentro de la vivienda	Fuera de la vivienda, pero dentro del terreno	Total	De llave comunitaria	De otra vivienda	De un pozo	De un río, arroyo o lago
<b>Actopan</b>	98.78	74.21	25.79	0.99	1.56	64.06	3.13	28.13
<b>Alto Lucero</b>	99.02	84.05	15.95	0.98	7.06	50.59	21.18	10.59
<b>Úrsulo Galván</b>	98.38	78.15	21.85	1.59	0.00	45.64	51.68	0.00

Fuente: INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal, 2015.

### 4.3. Dinámica económica

El contexto económico de la región de la subcuenca destaca por la predominancia del sector agrícola, la pesca y servicios de salud. En cifras totales de los tres municipios Actopan, Alto Lucero y Úrsulo Galván, la producción bruta total de los sectores fue de 2 mil millones de pesos con una inversión aproximada de 117 millones de pesos en 2013. A continuación, se revisan los resultados por municipio.

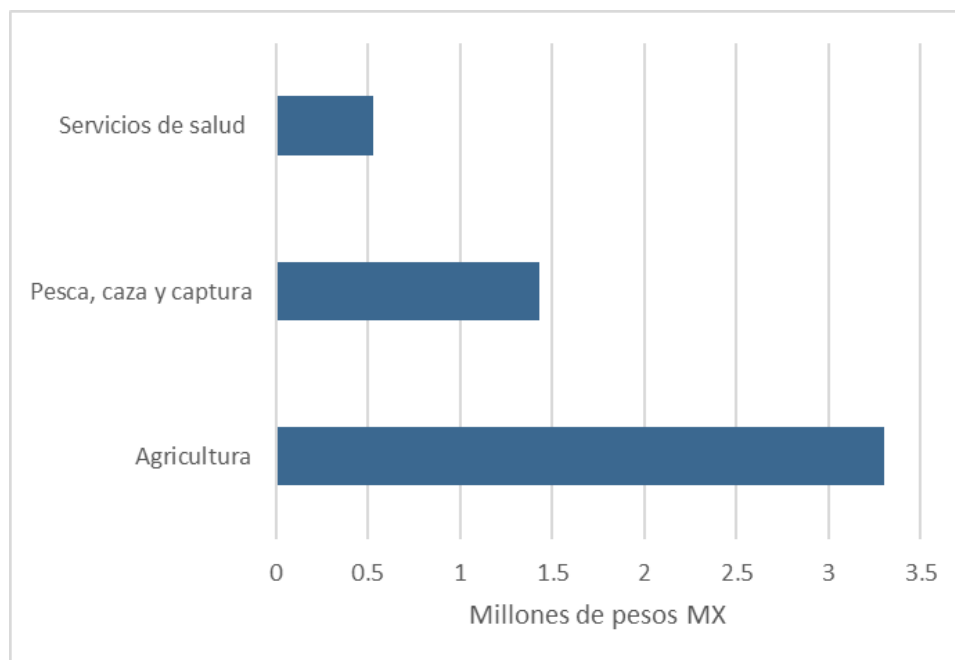
El territorio agrícola y pecuario del municipio Actopan durante el año 2013 fue de una extensión de 19,767 ha de superficie de agricultura (SIAP, 2013), además el 59% de la superficie (11,693 ha) se destinó en agricultura de riego y el 41% (8,074 ha) de agricultura de temporal (Martínez et al., 2018). En el año 2013 se cosechó el 98% (19,567 ha) de la superficie sembrada con un valor de mercado estimado en 7.6 millones de pesos.

El principal cultivo de Actopan y en especial de la zona costera es la caña de azúcar, a nivel municipal se tienen destinados 6,941 ha para dicho cultivo y esta producción tiene un valor en el mercado de 3.8 millones de pesos. Otros productos sembrados en Actopan son el maíz (3,732 ha), el jitomate (411 ha), el frijol (247 ha) y el chile verde (121 ha).

Los principales productos ganaderos generados de Actopan son las carnes del canal bovino (3,565 ton), porcino (112 ton), gallináceas (68 ton), ovino (30 ton), guajolotes (3 ton) y caprino (2 ton). Además, se tuvo una producción importante de leche de bovino (3,850,000 litros), huevo para plato (94 ton) y miel (10 ton). En cuanto a la actividad turística, Actopan posee de 57 cuartos registrados para hospedaje temporal en cinco hoteles (Martínez et al., 2018).

El total de la producción total del municipio el sector agrícola (Véase Figura 10), fue de 3.3 millones de pesos, en el caso del subsector de actividades de pesca, caza y captura fue de una cantidad de 1.4 millones de pesos, mientras que para el sector de servicios de salud y de asistencia fue de 527 mil pesos durante 2013 (INEGI).

**Figura 10.** Producción bruta total del municipio de Actopan, 2013.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

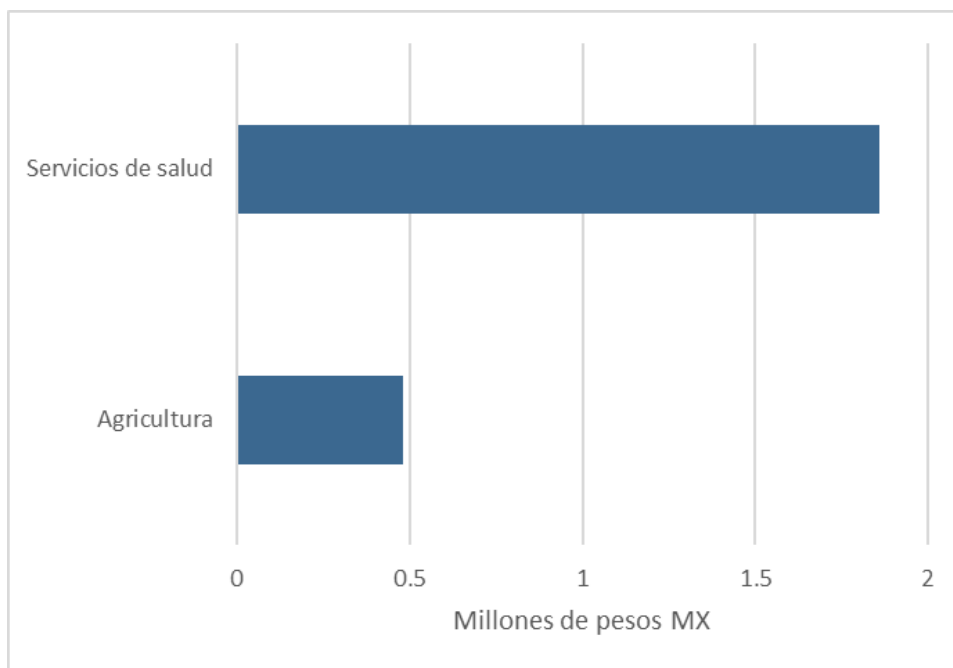
Por parte del municipio de Alto Lucero, la producción agrícola y pecuaria en el año 2013 destinó un total de 7,073 ha de superficie sembrada, el 5% de la superficie (346 ha) se reservó para la agricultura de riego y el 95% (6,727 ha) en agricultura de temporal (Martínez et al., 2018). Durante 2013 se sembró el 100% de la superficie con un valor de mercado de 1.3 millones de pesos donde uno de los principales cultivos del municipio, al igual que Actopan, es la caña de azúcar. En Alto Lucero se tenía destinado 48 ha para dicho cultivo y su producción tiene un valor en el mercado de 3.1 millones de pesos. Otros productos sembrados en Alto Lucero son el maíz en 2,299 ha, jitomate en 443 ha, frijol en 299 ha y chile verde con un total de 93 ha de superficie sembrada (SIAP, 2013).

La producción ganadera de Alto Lucero incluye la producción de carne mediante el canal bovino (4,109,949 ton), porcino (241 ton), gallináceas (75 ton), ovino (27 ton), guajolotes (3 ton) y caprino (4 ton). Además, el municipio tuvo una producción importante de leche de bovino (6,675,000 litros), huevo para plato (104 ton) y miel (12

ton). En cuanto a las actividades turísticas, el municipio posee 146 cuartos registrados para hospedaje temporal en seis hoteles (Martínez et al., 2018).

En cifras totales de la producción de los sectores en el municipio de Alto Lucero (Véase Figura 11), el sector agrícola tuvo una producción total de 479 mil pesos, mientras que el sector de servicios de salud y asistencia muestra relevancia con una cantidad total de 1.8 millones de pesos durante 2013 (INEGI). Por otra parte, no se encontraron registros en cuanto al subsector 114 de actividades de pesca, caza y captura.

**Figura 11.** Producción bruta total del municipio de Alto Lucero, 2013.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

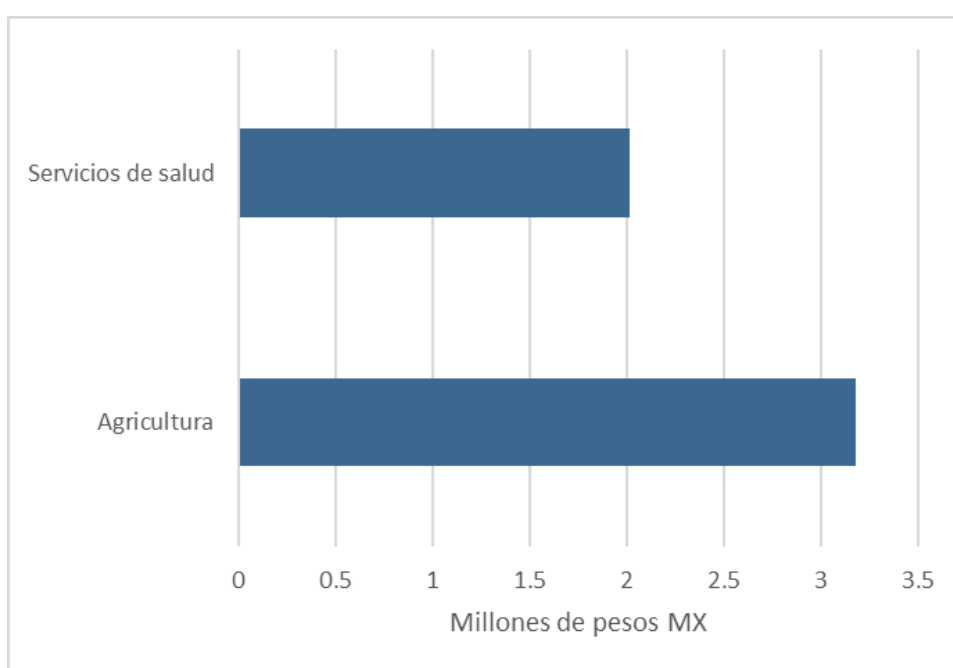
Por último, la producción agrícola y pecuaria del municipio Úrsulo Galván durante el año 2013 dedicó 7,815 ha para agricultura, donde el 95% de la superficie (11,693 ha) se destinó para agricultura de riego y el restante para la agricultura de temporal. Al terminar el año se sembró el 99% de la superficie con un valor de mercado de 3.8 millones de pesos en el que uno de los principales cultivos, al igual que Actopan y Alto Lucero, es la caña de azúcar que se destinó una extensión de 7,226 ha y tuvo un valor de 3.6 millones de pesos.

Otros productos de Úrsulo Galván son el maíz (336 ha) y mango (95 ha). La producción ganadera incluye la producción de carne por el canal bovino (198 ton), porcino (115 ton), gallináceas (33 ton) y guajolotes (0.6 ton). Además, se tuvo una

producción importante de leche de bovino (308 litros), huevo para plato (41 ton) y miel (14 ton). En Úrsulo Galván se encuentra la actividad turística de sol y playa con presencia de hoteles y sobre todo restaurantes, se encuentran 506 cuartos registrados para hospedaje temporal a lo largo de veinticuatro hoteles (Martínez et al., 2018).

El total de la producción del municipio Úrsulo Galván en el sector agrícola (Véase Figura 12), fue de 3.1 millones de pesos, mientras que para el sector de servicios de salud y asistencia fue de 2 millones de pesos durante 2013 (INEGI). Por otra parte, no se encontraron registros sobre el subsector de actividades de pesca, caza y captura.

**Figura 12.** Producción bruta total del municipio de Úrsulo Galván, 2013.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

#### 4.4. Dinámica ambiental

La subcuenca Río Pajaritos se encuentra en la región hidrológico-administrativa X Golfo Centro. Los resultados reportados por CONAGUA en 2017 para esta región indican que hay variaciones en la composición química del agua de 22 acuíferos. Como se observa en la tabla 15, los indicadores muestran que el grado de la calidad del agua se encuentra entre los rangos de excelente y aceptable. Sin embargo, por parte en el indicador de Coliformes Fecales, la concentración de este componente en el agua reporta su presencia en la región X Golfo Centro, ya que el agua se encuentra en grados de contaminación debido a la afluencia de vertederos de aguas residuales.



**Tabla 15.** Distribución porcentual del grado de contaminación, Región Golfo Centro.

Indicador del grado de contaminación	X. Golfo Centro				
	Excelente	Buena Calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
DBO <sub>5</sub>	66.4	7.7	18.6	5.8	1.5
DQO	10.2	15.3	40.9	29.6	4.0
SST	78.4	17.0	3.6	0.6	0.4
CF	11.6	2.7	11.0	37.5	37.2

Fuente: Estadísticas del Agua en México, edición 2018.

El índice de calidad del agua es una medida de las propiedades de composición física, química y biológica, el tipo de agua y su función de uso en agua potable, uso agrícola o industrial (SEMARNAT, 2016). En México CONAGUA evalúa la calidad de los recursos hídricos a través de la Red Nacional de Monitoreo (RNM), este se establece con base en cuatro indicadores de reporte de la calidad del agua, el primero es la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Fecales (CF).

La DBO<sub>5</sub> indica la cantidad de materia orgánica biodegradable, si hay un incremento de la concentración, este influye en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la afectación a los ecosistemas acuáticos. La DQO indica la cantidad total de materia orgánica que es susceptible a ser oxidada por medios químicos, por lo que el aumento indicaría la presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales (CONAGUA, 2018). La concentración de SST mide la cantidad de sólidos sedimentables en el agua, sólidos y materia orgánica que están en suspensión que tienen su origen de las aguas residuales y la erosión del suelo. Las CF se distinguen por ser bacterias *aerobias* y *anaerobias facultativas*, *gram negativas*, *no esporuladas*, en forma de *bacilo corto*, que indican la presencia de aguas residuales (CONAGUA, 2018).

Los resultados muestran que la calidad del agua se encuentra en niveles excelentes en Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>) y en la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST). Por otra parte, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se encuentra estable y se reporta la presencia de Coliformes Fecales (CF) de contaminación. Por el anterior resultado, es de importancia denotar que las principales fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano se conforman de los pozos: Úrsulo Galván, Paso Doña Juana, El Chalahuite y El paraíso, municipio Puente Nacional, Palmas de Abajo, Villa Rica y El Viejón, que son parte de la región Golfo Centro.

En el tema del saneamiento del agua, Veracruz durante el año 2011 generó una cantidad de aguas residuales municipales de 16.41 m<sup>3</sup> por segundo (CONAGUA, 2012). Los datos de SEMARNAT sobre los sitios de descarga de aguas residuales municipales, muestran que el municipio que vierte mayor cantidad de aguas residuales es en el municipio de Alto Lucero, y aquí se puede plantear un problema actual sobre la situación del drenaje de aguas residuales por parte de la población de la zona costera, en el que parte de sus desechos desembocan al mar y esto puede afectar el agua marina por lo que si siguen incrementando los sitios donde se vierten aguas sin tratamiento se tendrán serias consecuencias en los ecosistemas acuáticos marinos y costeros (SEMARNAT, 2016).

**Tabla 16.** Distribución porcentual por municipio según disponibilidad de drenaje.

Hogares en el municipio	Disponen de drenaje					No disponen de drenaje	No especificado
	Total	Lugar de desalojo					
		Red pública	Fosa séptica	Barranca o grieta	Río, lago o mar		
<b>Actopan</b>	97.53	43.32	51.19	5.33	0.16	1.93	0.54
<b>Alto Lucero</b>	98.10	75.69	12.62	6.42	5.27	1.73	0.17
<b>Úrsulo Galván</b>	98.48	31.68	67.90	0.10	0.32	1.36	0.16

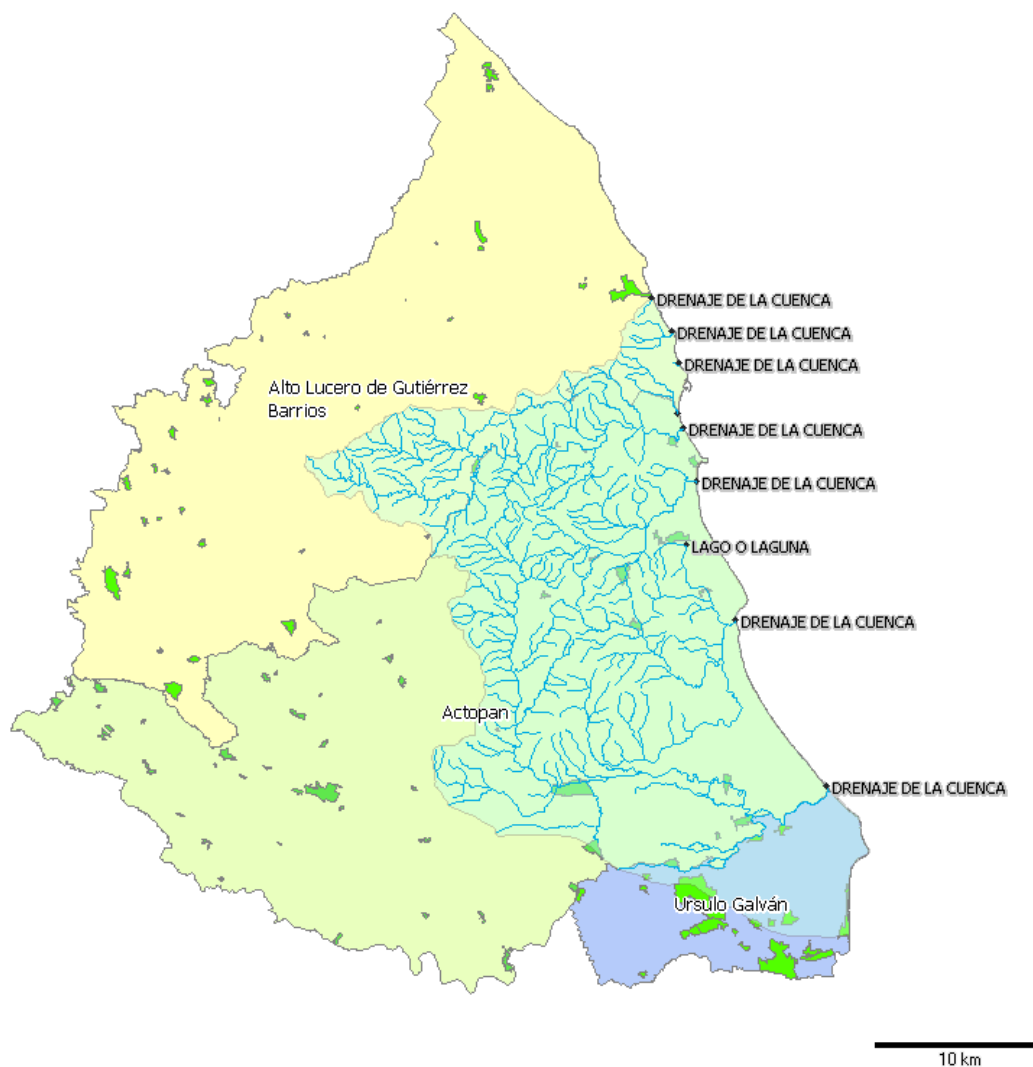
Fuente: Tabulados de la Encuesta Intercensal, 2015.

En cada uno de los municipios, las plantas de tratamiento de aguas residuales son de tres niveles: primario, secundario y terciario (Véase Tabla 16), de los cuales el más utilizado es el secundario. En el caso del municipio de Actopan solo cuenta con una planta de tratamiento secundario con un volumen de tratamiento de aguas residuales de 320 mil m<sup>3</sup> junto al municipio de Úrsulo Galván que cuenta con una planta de tratamiento pública con un volumen tratado de 30 mil m<sup>3</sup> de aguas residuales mientras que en Alto Lucero se cuenta con una planta de tratamiento privada con un volumen tratado de 1.10 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales (CONAGUA, 2018), siendo el municipio que más aporta en la potabilización del agua.

Como se muestra en el siguiente mapa de los puntos de descarga al mar (Véase Figura 13), a lo largo de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos se encuentran siete puntos de drenaje al mar por lo que es de suma importancia el tratamiento inicial dentro de los caudales de aguas residuales que terminan desembocando en el mar del Golfo de México, por lo que uno de los municipios clave para tomar acciones con respecto a la problemática es el municipio de Alto Lucero que necesita reducir su volumen de descarga

diaria de 37.3 m<sup>3</sup> en ríos por las áreas agrícolas. Por otra parte, datos de la SEMARNAT<sup>5</sup> señalan que el municipio que descarga mayores volúmenes de agua residual es el municipio de Actopan con una cantidad diaria de 1,752 m<sup>3</sup> de residuos urbanos que termina vertiéndose en el drenaje, seguido de 1,671 m<sup>3</sup> de aguas residuales por las actividades enfocadas en servicios y un volumen de descarga de 472 m<sup>3</sup> de aguas residuales provenientes del uso del recurso hídrico por parte de los ríos y caudales.

**Figura 13.** Puntos de desfogue al mar de la subcuenca Río Pajaritos.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2010.

<sup>5</sup> Consulta generada a través de la consulta temática del sitio de información estadística Badesniarn. SEMARNAT. [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia\\_mce/html/mce\\_index.html](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/mce_index.html)

#### 4.5. Contexto institucional

La evidencia de programas de agua y saneamiento que benefician a la conservación del recurso hídrico se remonta en el año 2013 con el *Programa de Tratamiento de Aguas Residuales en el Estado de Veracruz*, programa realizado con el financiamiento 71,122 miles de pesos<sup>6</sup> por parte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que se encarga de fortalecer el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de programas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del país.

El programa obtuvo un resultado de 306,590 personas beneficiadas con el objetivo de “otorgar apoyos a los prestadores de servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento, para diseñar, construir, ampliar y rehabilitar plantas de tratamiento de aguas residuales, para incrementar el volumen tratado o mejorar sus procesos de tratamiento”<sup>7</sup>.

Es importante precisar que el marco regulatorio nacional en el sector de agua potable y saneamiento en muchos casos es complejo de adaptación a las necesidades locales, también carece de bases técnicas, y no especifica claramente los incentivos y las sanciones (Domínguez, 2008). Sin embargo, recientemente surgió la recopilación de las *Principales Estrategias y Líneas de Acción en Materia de Adaptación y Mitigación* recabadas por la Cámara de diputados (2020), que recaban las siguientes acciones de implementación a la adaptación de recursos hídricos en el estado de Veracruz.

- Fomentar la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a los sectores desprotegidos.
- Aprovechar el potencial de organización comunitaria para el uso y el manejo del agua para desarrollar estrategias de adaptación frente a condiciones de escasez, lo que puede ser útil para el diseño de políticas públicas regionales.
- La restauración de ecosistemas para dar soporte al manejo integral de cuencas.
- Incrementar la capacidad de almacenamiento en presas de cuencas altas para mejorar el abasto del consumo humano y de riego.
- Controlar el volumen de agua en los ríos y reducir los riesgos de escurrimientos.
- Construir infraestructuras para potenciar la recarga de acuíferos.

---

<sup>6</sup> Auditoría de Inversiones Físicas: 13-0-16B00-04-015, Programa de Tratamiento de Aguas Residuales, en el Estado de Veracruz.

<sup>7</sup> Programa de tratamiento de Aguas Residuales. *Gobierno del Estado de Veracruz*. <http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/tratamiento-de-agua-residuales/>

En resumen, las acciones que se llevarán a cabo en adaptación para el periodo 2020-2030 son reforestar cuencas altas, medias y bajas; la protección de costas mediante la conservación de ecosistemas costeros y garantizar la gestión integral del agua en sus diferentes usos (agrícola, ecológico, urbano, industrial y doméstico). También es necesario destacar la iniciativa programas regionales como son el *Programa ABC (agua, bosque y cuencas)*, *PROMAGUA* y el *Programa Hidráulico Estatal 2005-2025*, junto con la participación de fondos como es el *Fondo Golfo de México* junto con el proyecto *C6 cuencas costeras y cambio climático 2014-2018*, que en la primera fase revisaron el estado de las cuencas *La Antigua* y la cuenca *Jamapa* ubicadas en Veracruz.

Es claro que estas acciones son encaminadas en la agenda gubernamental hacia un estado de seguridad hídrica, en el estado de seguridad hídrica garantiza que las poblaciones a nivel de cuenca contarán con la capacidad de acceso sostenible al agua en cantidad y de calidad. El asegurar acciones y programas gubernamentales es lo más apropiado para sostener la salud de las personas y de los ecosistemas e impulsar los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, con el objetivo de asegurar la protección de vidas durante un desastre hídrico (PNUD, 2019).

Un aspecto importante es el seguimiento del marco nacional en el *Programa Nacional Hídrico 2020-2024* que fue desarrollado a partir de la Ley de Aguas Nacionales<sup>8</sup> e incorpora los objetivos, estrategias y metas establecidos en relación con el manejo y preservación del agua. Este programa nacional establece como objetivos incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento para promover el manejo integral del agua en cuencas y acuíferos (Domínguez, 2008).

Por lo tanto, es muy necesario en la implementación de programas la elaboración de diagnósticos a nivel de cuenca y subcuenca. Este diagnóstico debe considerar los elementos abióticos de temperatura, evaporación y condensación; también sobre el estado del suelo de las condiciones de infiltración y almacenamiento, el viento y la precipitación, pero también la evaluación de los elementos bióticos del ecosistema los cuales absorben el agua de la precipitación y la transpiran de retorno a la atmósfera (Reddy (Ed.), 2005).

---

<sup>8</sup> Programa Nacional Hídrico 2020-2024. CONAGUA. <https://www.gob.mx/conagua/articulos/consulta-para-el-del-programa-nacional-hidrico-2019-2024-190499>

#### 4.6. Escenario actual del Río Pajaritos

La extracción desmedida de agua limpia para la agricultura es uno de los principales problemas ambientales que afectan a los recursos hídricos, además de la erosión del suelo ocasionada por la extensión de campos agrícolas y el uso constante del recurso potable de las cuencas de zona arriba hasta la zona de aguas abajo (Choi et al. 2016). En cuanto a la minería, el problema se relaciona con la constante sobreexplotación de cuerpos de agua por la realización exploración del suelo y la extracción de minerales. En este trabajo se revisa el caso del proyecto minero *La Paila* (Véase Mapa 4), antes llamado *Caballo Blanco*, que busca establecerse en la región de la subcuenca Río Pajaritos el proyecto de mina a cielo abierto en el que actualmente el proyecto esta financiado por la empresa multinacional de origen canadiense Candelaria Mining Corp.

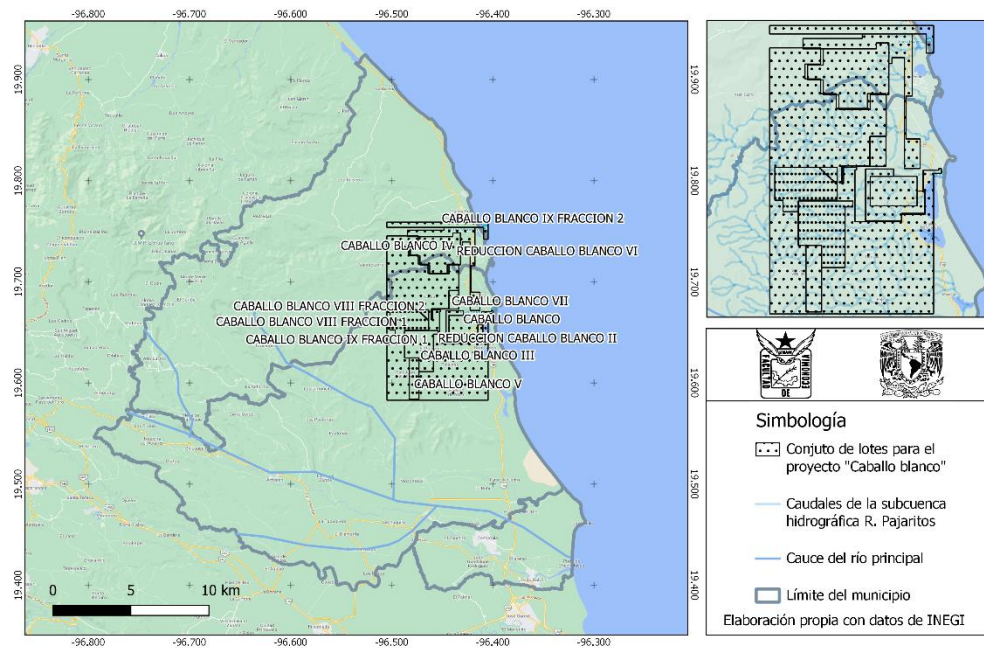
El proyecto minero de *La Paila* se ubica dentro de la zona vía pluma de 16 km del reactor nuclear Laguna Verde. El proyecto busca llevar a cabo actividades de extracción de oro y plata por medio de la perforación del subsuelo y extracción de minerales. Actualmente se encuentra en marcha el proyecto en el que uno de los procesos empleados es la extracción por medio de la lixiviación, proceso conocido por ser latentemente tóxico donde emplea distintos compuestos metálico-solubles que disuelven los minerales con el metal de forma selectiva. La financiación de este proceso ha sido por parte de Agnico Eagle de 156 millones de pesos<sup>9</sup> destinado para los permisos de exploración y desarrollo.

La instalación de la minera implica que, para su proceso de separación y extracción de los minerales, emplean el compuesto de agua con ácido sulfúrico o alternativamente una solución de cianuro de sodio que desencadena distintas problemáticas como son la escasez de agua, contaminación superficial y emisión de partículas de polvo. Ante los potenciales problemas sociales y ambientales, especialistas concluyen que dar paso al proyecto es arriesgado debido posee serias repercusiones negativas en la modificación del entorno, en la alteración en las cuencas, tanto como en cambios hidrológicos producto por el uso constante del agua con una irremediable degradación de los cuerpos de agua causado por los residuos que genera el proyecto (UNAM, 2017).

---

<sup>9</sup> El primero de septiembre del 2021 se anunció la participación de Candelaria Mining a 19.6% con un programa de exploración de 12 meses y 13,500 metros de exploración. Fuente: Minsecop Group, 2021. Agnico Eagle eleva participación de Candelaria Mining a 19,6%. *Grupo Minsecop*. <https://blog.grupomisecop.com/agnico-eagle-eleva-participacion-de-candelaria-mining-a-196/>

**Mapa 4.** Ubicación y extensión de la propuesta en trámite del proyecto minero.



Fuente: Elaboración propia.

En seguimiento al proyecto minero, en 2012 no fue autorizada la Manifestación de Impacto Ambiental *Caballo Blanco*, realizado por la empresa CANDYMIN S.A. DE C.V en el que especificaron la construcción de seis socavones junto a la realización de actividades de exploración minera dentro del municipio Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, la causa de negación es porque se tiene previsto la afectación significativa e irreversible del medio ambiente y posibles afectaciones en la salud pública (SEMARNAT, 2012) Ante la situación, los habitantes de la región se encuentran preocupados por la posible afectación ambiental que puede provocar el ambicioso proyecto minero *La Paila*, donde uno de los recursos más esenciales es el agua limpia y la instalación puede implicar su pérdida en el futuro (La Jornada Veracruz, 2018; Diario de Xalapa, 2021)..

Años después surgió la opinión técnica sobre la Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIAR) 30V32011M0043 *Caballo blanco*, donde especialistas del Instituto de Ecología y Biología manifestaron los reales impactos ambientales que pueden suceder si se lleva a cabo el proyecto de minería a cielo abierto, principalmente por el uso de las siguientes sustancias tóxicas: cianuro de sodio, sosa caustica, ácido clorhídrico, ácido nítrico y bórax. No está demás decir que, por parte de la opinión de MIAR, que en la MIA del proyecto minero *Caballo Blanco* no se identificaron cuáles son los arroyos y

manantiales que serían afectados, ni el tajo a utilizar como zona de descarga de agua y las consecuencias en los acuíferos superficiales y subterráneos (UNAM, 2017).

El proyecto minero *La Paila* todavía no se encuentra en actividades de extracción, pero sí está en el proceso de exploración por medio de perforaciones en el suelo que extrae muestras del material e indudablemente genera impactos ambientales producto de los residuos que se filtran en el suelo y socavones, causando una posible infiltración de contaminantes hacia el subsuelo y a los cuerpos de agua subterráneos. El proyecto se ubica temporalmente en el cerro *La Paila*, que se encuentra entre la frontera de los municipios Alto Lucero y Actopan, por lo que la minera cuenta con la concesión de fase exploratoria y el estado actual del proyecto se encuentra en postergación (REMA, 2018).

Como conclusión de la recopilación de los distintos impactos ambientales en la calidad del agua y en la subcuenca Río Pajaritos, en el ámbito social también se ha visto la intensidad de un conflicto por parte de las comunidades locales y de los pueblos indígenas que habitan la región, con un asunto serio por la propagación del polvillo tóxico generado por la actividad minera. Es claro que la filtración de este tipo de residuo degrada todo tipo de flora y fauna en el que uno de los principales receptores de esta contaminación son las aguas superficiales y subterráneas. Para la población, si se vuelve realidad el escenario de contaminación del agua superficial, el consumo y uso del agua tendría notables efectos nocivos en la salud por su ingestión y su contacto directo durante las prácticas agrícolas.



---

## *Capítulo 5.*

*Valoración económica de la  
calidad del agua en la subcuenca  
hidrográfica Río Pajaritos*

---

## 5. Valoración económica de la calidad del agua en la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos

### 5.1. Estado del arte

Mediante una revisión de literatura, se han retomado nueve casos de estudio de Valoración Contingente aplicados al estudio de la calidad del agua en México. A continuación, se retoman los resultados de la aplicación en distintos sitios y lugares como son ríos, cuencas e incluso ciudades (Véase Tabla 17). Los valores que calcularon distintos autores se registran en términos nominales, estos valores van desde el pago de \$5 por mes hasta los \$310 pesos por mes, los cuales son cantidades por considerar para la valoración económica de este estudio. Los artículos de VC que abordaron el problema de contaminación en ríos fueron los estudios de Ilija-Ojeda et al. (2008), Valdivia et al. (2011), Jaramillo-Villanueva et al. (2013), Soto Montes de Oca (2013) y Aguilar-Sánchez & De la Rosa-Mejía (2018), que estimaron una DAP por el mejoramiento de la calidad del recurso de agua dentro de comunidades rurales que habitan a la cercanía del recurso.

**Tabla 17.** Resumen de casos de estudio en calidad del agua en México.

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Zona de estudio</i>	<i>Método</i>	<i>Disposición a Pagar (valor nominal)</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Ilija-Ojeda et al.</i>	2008	Cuenca del río Yaqui	Regresión logística (Single-bound dichotomous choice)	73	Pesos MX por mes
<i>Silva-Flores et al.</i>	2010	El Salto, Pueblo Nuevo, Durango	Costo de oportunidad	17.18	Pesos MX por mes
<i>Monroy et al.</i>	2011	Reserva de la biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo	Valoración Contingente	5.40	Pesos MX por mes
<i>Valdivia et al.</i>	2011	Río Axtla, San Luis Potosí	Valoración contingente con formato referéndum	57.15	Pesos MX al mes
<i>Jaramillo-Villanueva et al.</i>	2013	Río Tlapaneco, Montaña de Guerrero	Regresión Tobit	132.90	Pesos MX pago total
<i>Soto Montes de Oca</i>	2013	Cuenca del Alto Atoyac, Puebla	Regresión Probit	187.59	Pesos al bimestre
<i>González Acolt</i>	2016	Ciudad de Aguascalientes	Método de valoración contingente, modelo Probit	310 280 248 220 216	Pesos MX al mes por diferente estrato de ingreso

<i>Romero et al.</i>	2016	Delegación Iztapalapa	Valoración contingente	62.63	Pesos MX al bimestre por hogar
<i>Genaro Aguilar-Sánchez &amp; De la Rosa-Mejía</i>	2018	Cuenca Alta del Río Lerma, municipio de Almoloya del Río	Valoración contingente, modelo Logit	104.95	Pesos MX anuales en promedio

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

## 5.2. Desarrollo del Método de Valoración Contingente

### 5.2.1. El servicio ecosistémico

En esta sección se define el servicio ecosistémico de estudio, este servicio está compuesto de una variedad de elementos bióticos y abióticos, tangibles e intangibles de la calidad del agua existente en la superficie de la subcuenca Río Pajaritos. Una primera delimitación geográfica de la subcuenca son los cuerpos de agua asentados en Llanuras de Actopan con extensión de 646 mil hectáreas donde el agua superficial actualmente proviene principalmente de la escorrentía pluvial y se considera con estado de buena calidad que propicia funciones ecosistémicas de regulación y provisión, así como el mantenimiento de la vegetación secundaria y cultivos agrícolas.

La aproximación del servicio ecosistémico de estudio se describe por parte del usuario directo que es beneficiado por parte del servicio ecosistémico hídrico de regulación y provisión en el medio natural de la subcuenca, de purificación del agua en la irrigación de cultivos y de potabilización del agua para consumo humano. Desde el aspecto económico, el agua de calidad beneficia principalmente a la actividad agrícola resultado del proceso de captación y filtración del agua del río, fomentando así el uso del suelo en agricultura de temporal y de riego (34 mil ha). De esta manera se interpreta a la extensión de producción agrícola como un proxy del beneficio que proporciona el agua de la subcuenca, donde el servicio proporcionado por la calidad del agua es importante en la irrigación de sus principales cultivos de caña de azúcar y de maíz del territorio.

**Tabla 18.** Volumen de agua superficial y extensión de territorio agrícola.

<b>Usuario</b>	<b>Disponibilidad de agua superficial</b>	<b>Periodo de extracción</b>	<b>Territorio agrícola (ha)</b>
<b>Población</b>	4.464 millones de m <sup>3</sup>	Anual	34,656.46

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2018 y SIAP, 2013.

### 5.2.2. La población objetivo

En este caso de estudio, el proceso de muestreo se desarrolla de manera que el tamaño de la población asegure ser el más representativo de la población ubicada a lo largo de la subcuenca Río Pajaritos. La población objetivo es aquella que se ve beneficiada con el plan de acción propuesto y del que va a recibir un mayor recurso hídrico de mayor calidad.

El procedimiento de muestreo se realizó por medio de un muestreo aleatorio por conglomerados que se distribuyó proporcionalmente por las localidades más pobladas del municipio: Mozomboa, Tinajitas, Santa Rosa y San Isidro. Para la delimitación de la población en la aplicación del método de valoración contingente, es necesario centrarse en un área específica que puede ser delimitada por las localidades que tienen aproximación al recurso hídrico de la cuenca hidrográfica. Por esta razón, se seleccionaron a las localidades principales y de afluencia de los usuarios, en este caso los hogares fueron la unidad de muestreo para la valoración económica ambiental.

**Población objetivo:** jefes y jefas de los hogares en localidades seleccionadas, usuarios directos de la subcuenca Río Pajaritos, que valoran monetariamente la pérdida de calidad del agua superficial de la subcuenca ante la operación de un proyecto minero.

Como primer paso para calcular la población objetivo se empleó un muestreo conglomerado proporcional (Fuenlabrada, 2008), donde la población se dividió a nivel localidades. Se considera que la población de estudio son los jefes de hogar que son residentes en las localidades del municipio de Actopan. El total del número de hogares fue consultado en la Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, en el que se consideraron como conglomerados a las localidades que conforman la extensión del uso de la subcuenca Río Pajaritos. La fórmula del tamaño de muestra asume que la población es conocida y finita, como se enseña a continuación.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 pqN}{\varepsilon^2(N-1) + Z^2 pq} \quad (33)$$

Donde, **n** es el tamaño de muestra del subconjunto de la población;  $Z_{\alpha/2}$  es el valor correspondiente del nivel de confianza con una distribución normal al 90% (1.65), **N** es el tamaño de la población (número de hogares), **p** es la prevalencia esperada del parámetro a estudiar que se asume desconocido, por lo que la precisión de **p** es igual a 0.5; **q** es igual a  $1 - p$ , y  $\varepsilon$  es el error muestral (la diferencia máxima entre la media muestral y la media de la población) 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 de 1 5%.

Como resultado, los cálculos sugieren una muestra de 255 hogares por encuestar. Además del muestreo aleatorio simple, se determinó un muestreo conglomerado proporcional donde cada localidad está representado en la muestra de proporción exacta a su frecuencia en el total de hogares, el tamaño de muestra se distribuyó entre las cuatro localidades seleccionadas como se muestra el arreglo de la tabla 19.

**Tabla 19.** Distribución del número de muestras.

<b>Conglomerado</b>	<b>Nombre localidad</b>	<b>Hogares INEGI 2020</b>	<b>Frecuencia de hogares</b>	<b>Número de muestras</b>
<b>1</b>	Mozombo	1,430	37%	75
<b>2</b>	Tinajitas	1,026	26%	53
<b>3</b>	Santa Rosa	736	19%	42
<b>4</b>	San Isidro	680	18%	38
<b>Total</b>		3,872		255

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3. Diseño del cuestionario

El cuestionario que fue diseñado para este ejercicio contiene cuatro secciones con distintos tipos de preguntas abierta y cerrada. A continuación, se describe cada sección.

- I. Sección introductoria. Bloque de ocho preguntas y utilización de apoyo visual que describe la localización de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos con ayuda de un mapa. Adicionalmente se preguntó sobre el entorno, uso del agua del río, percepción de la calidad del recurso y respecto a la conservación de este.

- II. Sección de valoración. Bloque de cuatro preguntas y exposición del mercado hipotético al usuario, en el que se habla sobre un escenario alternativo y se pregunta una posible DAP bajo un esquema de doble límite, además en esta sección se diseñó un texto informativo para exponer el escenario actual y uno hipotético de degradación en la calidad del agua del río. El escenario hipotético se construyó con base en un posible riesgo químico-tecnológico en un futuro cercano dentro del territorio de la subcuenca Río Pajaritos. Uno de los impactos en el medio ambiente son las afectaciones causadas por la contaminación del agua superficial en la mayoría de los cauces como son ríos y lagunas por la extracción del recurso hídrico destinado al proyecto minero *La Paila*, que durante las fases de operación de proyecto degrada inevitablemente la calidad del agua de consumo agrícola y doméstico de los habitantes de las localidades seleccionadas.
- De esta manera se planteó el siguiente texto informativo que describe al encuestado de manera visual y de mentalización un escenario hipotético de pérdida de calidad del agua, con el propósito de proporcionar información sobre la situación actual de la posible extracción y contaminación del sitio de estudio Río Pajaritos por parte de las actividades del proyecto minero *La Paila*.

*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).*

Después de dar una breve explicación del escenario y los posibles impactos, se procedió a realizar la pregunta principal de disposición de pago en el que se ofertó de manera aleatoria una cantidad monetaria de DAP de acuerdo con la preferencia del entrevistado por conservar la calidad del agua. En este caso de estudio se decidió ser expresado en forma de un cargo monetario trimestral agregado a la tarifa del recibo de agua.

- III. Sección de seguimiento. Bloque de dos preguntas, en este bloque se planteó una segunda propuesta de DAP en temporalidad anual alternativa en el caso de que la respuesta a la pregunta principal haya sido negativa. La tarifa estaba basada en una tarifa anual a cambio de un beneficio comunitario, como puede ser el caso de un plan de acción que sea operado por un fondo de agua recurrente, o bien como última opción donar cierta cantidad de dinero durante cinco años para la instalación de una planta de tratamiento. En ambos casos de DAP, el cargo monetario se aplicaba de manera adicional al cobro del servicio de agua.
- IV. Sección de características socioeconómicas. Se realizaron preguntas socioeconómicas del individuo sobre su edad, género, estado civil, hijos, nivel de estudios y ocupación, también a nivel hogar sobre el número de personas que viven en su hogar y el total del ingreso que perciben. Los datos fueron recabados de acuerdo con el tamaño de muestra por conglomerados, por lo que fue importante obtener los datos cada individuo encuestado con respecto al número determinado de encuestas para cada localidad seleccionada.

#### 5.2.4. El vehículo de pago

En este ejercicio, el vehículo de pago fue descrito de manera creíble para los encuestados sobre su disposición al pago, por lo que el pago se planteó a través de un cargo adicional en el pago del servicio del agua. La elección de la forma de pago se describió al encuestado de la forma en que es un mecanismo de retribución por el beneficio de los SEH del Río Pajaritos y en las cantidades que sean más accesibles de realizar el pago, es decir, por medio del recibo del servicio de agua con el que se encuentran familiarizados.

Por parte de la forma y el momento del pago, se aprobó al momento de la aplicación de la prueba piloto debido a que se tiene el conocimiento de la existencia de diferencias territoriales y distancia entre cada una de las localidades, por lo que los pagos se delimitaron con base en el pago trimestral por servicio de agua en el municipio de

Xalapa de \$90 pesos en promedio, por lo que las cantidades se dividieron en cantidades de \$20, \$30, \$50 y \$80 pesos por concepto de cuota por conservación del recurso.

### 5.2.5. El formato de pregunta

Las preguntas en la encuesta se formularon con base en el formato dicotómico de *doble límite*. Para este tipo de pregunta se formuló de doble restricción, que hace una pregunta adicional y es condicional a la primera respuesta de DAP, además que depende sí el jefe de hogar acepta (o rechaza) el primer precio subastado y que vuelve a preguntar si tiene una disposición a pagar una cantidad menor (o mayor) del primer precio ofertado.

En la pregunta dicotómica del cuestionario se formuló la siguiente pregunta: *Considerando que el pago trimestral por el servicio de agua en el municipio de Xalapa es de \$90 pesos en promedio, ¿estaría dispuesto a donar cada tres meses (cantidad aleatoria como oferta inicial) para evitar que se deteriore la calidad del agua de su municipio?*; que confirma la respuesta con la pregunta *¿sí o no?*, que precisa una estructura de *formato referéndum*.

La segunda pregunta cuenta con el formato de doble límite, por lo que se hizo una siguiente pregunta aleatoria con cantidades de oferta con base en la anterior respuesta: *¿Estaría dispuesto a pagar \$20, \$30, \$50, \$80?*, en este caso de realizó una oferta arriba en caso de que sea *sí* u oferta abajo en caso de que sea *no* (Véase Tabla 20). Con este mecanismo, el encuestado se confrontó a responder a la nueva pregunta en función de la primera respuesta para así obtener a una nueva DAP mientras que, si era negativa, se realizó otra propuesta de DAP menor que sea más accesible en cuanto al monto de pago con el fin de que el individuo realice concretamente una asignación monetaria al *precio* de la calidad del agua.

**Tabla 20.** Arreglo de montos de pago (pesos mexicanos).

<i>Oferta inicial (precio t)</i>	<i>Oferta arriba (precio t<sup>A</sup>)</i>	<i>Oferta abajo (precio t<sup>B</sup>)</i>
20	30	10
30	50	20
50	80	30
80	120	50

Fuente: Elaboración propia.



### 5.2.6. Prueba piloto

El diseño de una prueba piloto se aplicó durante los primeros días de noviembre del 2020, en la prueba se consideraron aspectos económicos tras la actual contingencia de COVID-19 como fueron los niveles de bajo ingreso familiar y las preocupaciones ambientales. Tras los resultados obtenidos de la prueba piloto a una muestra de 30 individuos se consideró como válida la eficiencia de la encuesta final y los posibles resultados estadísticos con base en las variables planteadas para un modelo econométrico.

### 5.2.7. Recolección de datos

La herramienta para la obtención de la información consistió en una entrevista personal con los jefes de hogar, con una entrevista dividida en cuatro bloques con la finalidad de documentar los servicios ecosistémicos que genera el agua del río, plantear el problema de contaminación del agua del río a los entrevistados y conocer su disposición a pagar. En la aplicación de encuestas se hizo uso de la aplicación en línea Qualtrics que tiene la posibilidad de insertar apoyos visuales, al igual que es una herramienta que facilita al encuestado que pueda completar el cuestionario con el simple acceso a internet.

La estrategia del levantamiento de cuestionarios se realizó por medio de la visita de campo en el periodo de noviembre 2020 a marzo 2021 en la cabecera municipal de Actopan y en calles de las localidades seleccionadas Mozomboa, Tinajitas, Santa Rosa y San Isidro. De este levantamiento se obtuvieron 299 respuestas, las cuales se removieron las muestras que contenían valores faltantes e incongruencia en respuestas.

### 5.2.8. Sistematización de la información

Para un procesamiento de información de análisis cuantitativo, se definieron distintas variables principales y complementarias que aporten información a la estimación de los modelos econométricos, esto es con el objetivo de contar con variables que ayuden a explicar la razón de respuesta de DAP. Las variables recaban el contenido sobre la situación socioeconómica, conocimiento del recurso y grado de preocupación por las condiciones del recurso, en los formatos de respuesta abierto y múltiple (Véase Tabla 21).

Por parte de las variables que recolectaron la respuesta de DAP de cada hogar se recolectaron las respuestas por el formato dicotómico *sí/no* y de opción múltiple. Como se muestra en la tabla 21, también se agregaron variables para la visualización del

conocimiento y uso de la calidad del agua del Río Pajaritos como soporte para un análisis económico y social sobre los jefes de hogar que residen en la cercanía de la subcuenca.

**Tabla 21.** Definición de variables.

<b>VARIABLES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>bid1</b>	Primera oferta, cantidad aleatoria (\$20, \$30, \$50 y \$80)
<b>bid2</b>	Segunda oferta dependiente de la primera (\$10, \$20, \$30, \$50, \$80 y \$120)
<b>calidad</b>	1=buena, 2=regular, 3=mala, 4=no sabe
<b>recurso</b>	Considera el agua un recurso escaso 0=no, 1=sí
<b>pagoanul</b>	Pago anual por el servicio de agua
<b>asociación</b>	Pertenece a alguna 0=no, 1=sí
<b>razonnopago</b>	1=no tiene dinero, 2=es responsabilidad del gobierno no suya, 3=no cree necesario conservar la calidad del agua, 4=no confía en que se utilice adecuadamente el dinero que pague
<b>plantapago</b>	Pago mensual voluntario 1=\$100, 2=\$50, 3=\$30, 4=\$10, 5=Ninguna de las anteriores
<b>sentimiento</b>	1=Enojo, disgusto, desagrado, 2=Miedo, 3=Agrado, contento, a gusto, 4=No siente nada especial
<b>edad</b>	Edad del encuestado
<b>mujer</b>	0=hombre 1=mujer
<b>integrantes</b>	Número de integrantes de la familia
<b>hijos</b>	Número de hijos
<b>ingreso</b>	1=menos de \$4,000, 2=\$4,001 a \$6,000, 3=\$6,001 a \$8,000, 4=\$8,001 a \$12,000, 5=más de \$12,000
<b>ingreso2</b>	Cantidad en total del ingreso familiar
<b>answer1</b>	Respuesta a la primera pregunta 0=no 1=sí
<b>answer2</b>	Respuesta a la segunda pregunta 0=no 1=sí
<b>ingreso2</b>	Ingreso familiar promedio del rango
<b>domestico</b>	Uso del agua doméstico 0=no, 1=sí
<b>agricultura</b>	Uso del agua agrícola 0=no, 1=sí
<b>ganadería</b>	Uso del agua para ganadería 0=no, 1=sí
<b>turismo</b>	Uso del agua para turismo 0=no, 1=sí
<b>pesca</b>	Uso del agua para pesca 0=no, 1=sí
<b>otrouso</b>	Otro uso del agua 0=no, 1=sí
<b>edu_bas</b>	Educación básica 0=no, 1=sí

<b>edu_tec</b>	Educación tecnológica 0=no, 1=sí
<b>edu_sup</b>	Educación superior 0=no, 1=sí
<b>act_prim</b>	Ocupación: actividades primarias 0=no, 1=sí
<b>act_construccion</b>	Ocupación: construcción 0=no, 1=sí
<b>act_hogar</b>	Ocupación: actividades del hogar 0=no, 1=sí
<b>edocivil_pareja</b>	Estado civil: pareja 0=no, 1=sí
<b>nn</b>	Respuesta de DAP fue no, no
<b>ny</b>	Respuesta de DAP fue no, sí
<b>yn</b>	Respuesta de DAP fue sí, no
<b>yy</b>	Respuesta de DAP fue sí, sí

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.9. Elección del modelo econométrico

Como parte de la elección del modelo de aplicación en el Método de Valoración Contingente, se eligieron dos técnicas de análisis econométrico que siguen un formato dicotómico referéndum y de doble límite (double-bounded). La importancia de estos modelos de estimación (que realizan el cálculo a partir datos de intervalo) permite el uso eficiente de datos en la estimación de la DAP, bajo el supuesto de que hay una función de valoración detrás de ambas respuestas. La construcción para cada modelo comienza con el registro de las respuestas como variables dicotómicas de valor 0 y 1.

El planteamiento del primer modelo referéndum como técnica de análisis de regresión en Valoración Contingente fue propuesto por Bishop y Heberlein en 1979, este modelo consiste en presentar dos alternativas de respuesta *sí* y *no* al entrevistado como una variable discreta que revela las preferencias de los usuarios y resuelve su estimación por medio del método de máxima verosimilitud (Tudela-Mamani, 2017).

**Modelo dicotómico:** En este modelo, la variable endógena toma los valores de cero o uno según sea el resultado. Muestra la no ocurrencia u ocurrencia del evento analizado.

Aspectos sobre la máxima verosimilitud fueron revisados en la anterior sección 3.6.9., que destacan como principal ventaja la posibilidad de estimación de un modelo de estimación *probit*<sup>10</sup>, que obtiene directamente las estimaciones puntuales y estándar del efecto marginal que tiene un cambio en la variable explicativa de aceptar una disposición de pago a un determinado *precio*  $\Pr(Y_1 = 1)$  sobre el monto de anterior de DAP<sup>11</sup>.

El segundo modelo de *doble límite* fue desarrollado por Hanemann, Loomis y Kanninen (1991) en el artículo *Statistical efficiency of double bounded dichotomous choice contingent valuation*, donde la función de regresión que estima la probabilidad de DAP agregando una segunda pregunta de disposición de pago del individuo (Lavín et al., 2018). Esta regresión toma la información directa del individuo  $i$  a una respuesta dicotómica representado en las variables explicativas  $Y_i^1$  y  $Y_i^2$  que capturan las respuestas afirmativas *sí* y *no* respectivamente, mientras que  $Y_i^L$  se asigna para la respuesta de doble pregunta *sí/no* después de la primera respuesta de disposición de realizar el pago monetario a un precio propuesto  $t$  (López-Feldman, 2012; Aizaki et al., 2014). Como primer paso de planteamiento del modelo (34), la probabilidad de observar que el individuo, que en este caso es el jefe/jefa de hogar, responda *sí* a la primera pregunta y *no* a la segunda pregunta se expresa de la siguiente manera.

$$\Pr(Y_i^1 = 1, Y_i^2 = 0 | Z_i) = \Pr(s, n) \quad (34)$$

Se asume que la disponibilidad para pagar se puede modelar como una función lineal  $DAP_i(z_i, \varepsilon_i) = z_i' \beta + \varepsilon_i$  en el que el término de error se distribuye de manera normal  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ; por lo tanto, si el individuo se encuentra dentro de cuatro posibilidades de respuesta: *sí/no*, *sí/sí*, *no/sí* y *no/no*, la probabilidad es asignada de la siguiente forma.

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

$$\Pr(s, n) = \Pr(t^A \leq DAP < t^B)$$

El individuo responde *sí* a la primera pregunta cuando su disponibilidad a pagar es mayor al monto ofrecido, pero *no* al monto subsecuente de la segunda pregunta.

---

<sup>10</sup> El modelo econométrico de estimación *probit* asume que los errores de la regresión se distribuyen de manera normal (Lavín et al., 2018).

<sup>11</sup> Fuente: López-Feldman A., 2012 y Cameron & James, 1987. Comando Stata *singleb* del modelo tipo referéndum. *Boston College*. <http://fmwww.bc.edu/repec/bocode/s/singleb.html>

$$2. y_i^1 = 1 \text{ y } y_i^2 = 1$$

$$\Pr(s, s) = \Pr(DAP > t^A, DAP \geq t^B)$$

El individuo responde *sí* a la primera pregunta cuando su disponibilidad a pagar es mayor al monto ofrecido y también es mayor al monto de la segunda pregunta.

$$3. y_i^1 = 0 \text{ y } y_i^2 = 0$$

$$\Pr(n, n) = \Pr(DAP < t^A, DAP < t^B)$$

El individuo responde *no* a la primera pregunta cuando su disponibilidad a pagar es menor al monto ofrecido  $t^L$ , pero si acepta el monto ofrecido de la segunda pregunta.

$$4. y_i^1 = 0 \text{ y } y_i^2 = 1$$

$$\Pr(n, s) = \Pr(t^B \leq DAP < t^A)$$

El individuo responde *no* a la primera pregunta cuando su disponibilidad a pagar es menor al monto ofrecido, pero si a un monto menor ofrecido  $t^L$  en la segunda pregunta. En esta situación es importante tener definidos tres montos (un precio inicial, una oferta arriba y una abajo) para ofrecer al individuo si la respuesta inicial es negativa para poder ofrecer un precio inferior (Lavín et al., 2018, p. 130).

Las anteriores probabilidades mostraron la construcción para estimar un modelo de doble límite para la estimación de la DAP (López-Feldman A., 2012). Entonces, el problema de estimación se resuelve a través de la estimación vía máxima verosimilitud de la función de densidad conjunta (Hanemann, 1991; Tudela-Mamani, 2018).

$$L = \prod_{i=1}^N (P_i^{sn})^{d_i^{sn}} (P_i^{ss})^{d_i^{ss}} (P_i^{nn})^{d_i^{nn}} (P_i^{ns})^{d_i^{ns}} \quad (35)$$

De la anterior función la estimación econométrica para la generación de cada observación de la muestra se resuelve con el cálculo del logaritmo de la función de probabilidad (36).

$$\ln L = \sum_{i=1}^N (d_i^{sn} \ln P_i^{sn} + d_i^{ss} \ln P_i^{ss} + d_i^{nn} \ln P_i^{nn} + d_i^{ns} \ln P_i^{ns}) \quad (36)$$

Por lo tanto, se procede a construir de la anterior función planteadas como una distribución de probabilidad normal  $F()$  del vector de parámetros desconocidos  $\phi$ , que

obtiene directamente los parámetros de estimación de  $\beta$  y  $\sigma$  respectivamente por parte de la recopilación muestral de las probabilidades de respuesta con respecto a los montos del precio  $t$ ,  $t^A$  y  $t^B$ . La función (37) maximiza la respuesta de disposición de pago por vía máxima verosimilitud para encontrar los parámetros de los estimadores del modelo de doble límite (double-bounded), teniendo la siguiente función.

$$\begin{aligned} \ln L = & \sum_{i=1}^N (d_i^{sn} \ln \{ \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^A}{\sigma} \right) - \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right) \} + d_i^{ss} \ln \left\{ \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right) \right\} \\ & + d_i^{nn} \ln \{ 1 - \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right) \} \\ & + d_i^{ns} \ln \left\{ \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right) - \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^A}{\sigma} \right) \right\} \end{aligned} \quad (37)$$

Por lo tanto, se obtiene la generación de los estimadores maximizando a continuación.

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N [ & d_i^{sn} \ln \left( \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^A}{\sigma} \right) - \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right) \right) + d_i^{ss} \ln \left( \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right) \right) + \\ & d_i^{nn} \ln (1 - \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right)) + d_i^{ns} \ln \left( \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^B}{\sigma} \right) - \phi \left( z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{t^A}{\sigma} \right) \right) ] \end{aligned} \quad (38)$$

Donde  $d_i^{sn}$ ,  $d_i^{ss}$ ,  $d_i^{ns}$  y  $d_i^{nn}$  son variables binarias que toman el valor de  $si = 1$  y  $no = 0$  según el registro de repuestas por cada individuo, por ejemplo,  $d_i^{ss}$  es equivalente a que el individuo  $i$  responde *sí* a las dos preguntas de DAP (Aizaki et al., 2014). La ventaja de la formulación del modelo probabilístico y su estimación como función de verosimilitud radica en facilitar la obtención de los parámetros con intervalos de confianza más pequeños (Lavín et al., 2018). A diferencia del modelo referéndum, en este modelo se obtienen directamente los parámetros  $\hat{\beta}$  y  $\hat{\sigma}$  que estiman puntualmente la DAP (López-Feldman A., 2012).

### 5.3. Análisis estadístico

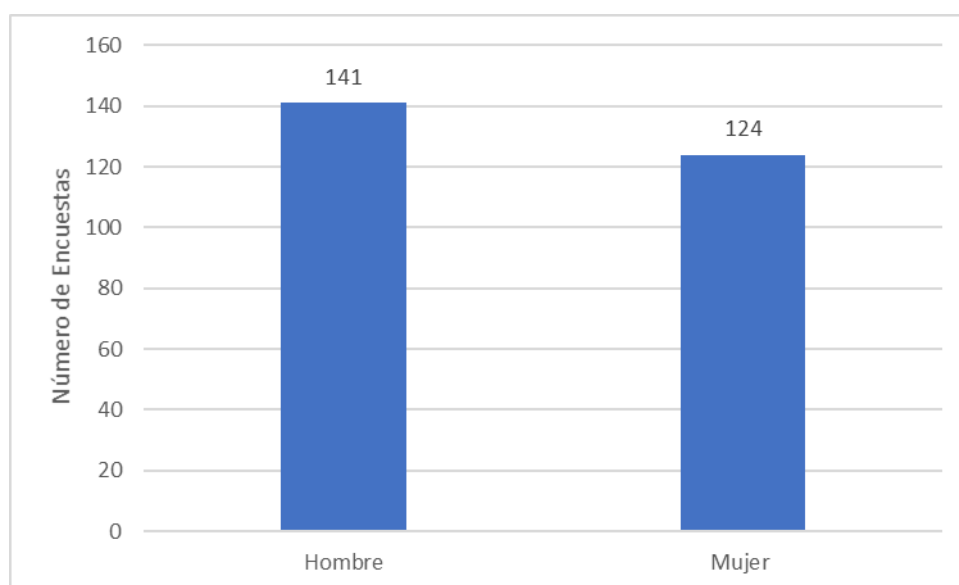
Los resultados de la estadística descriptiva de las variables definidas en este trabajo se abordan a lo largo de este apartado. Las variables definidas consistieron en la información socioeconómica de los jefes(as) de los hogares, la percepción individual de la calidad del agua del río y sobre su respectivo uso del agua en actividades productivas.

De acuerdo con la población representativa, se recabaron un total de 265 muestras de los hogares provenientes de las localidades de Mozombo el 37%, Tinajitas el 26%, Santa Rosa el 20% y de San Isidro el 17%. Entonces, los resultados muestran que los encuestados(as) pertenecen a la población objetivo con un nivel de confianza del 90%. A continuación, se hace una recopilación de los resultados de estadística descriptiva.

#### Sexo de la población encuestada

El 53.2% de los jefes del hogar son hombres, mientras que el 46.8% pertenece al género femenino, esto refleja el interés de hombres y mujeres por el pago del servicio.

**Figura 14.** Población encuestada según sexo, subcuenca Río Pajaritos.

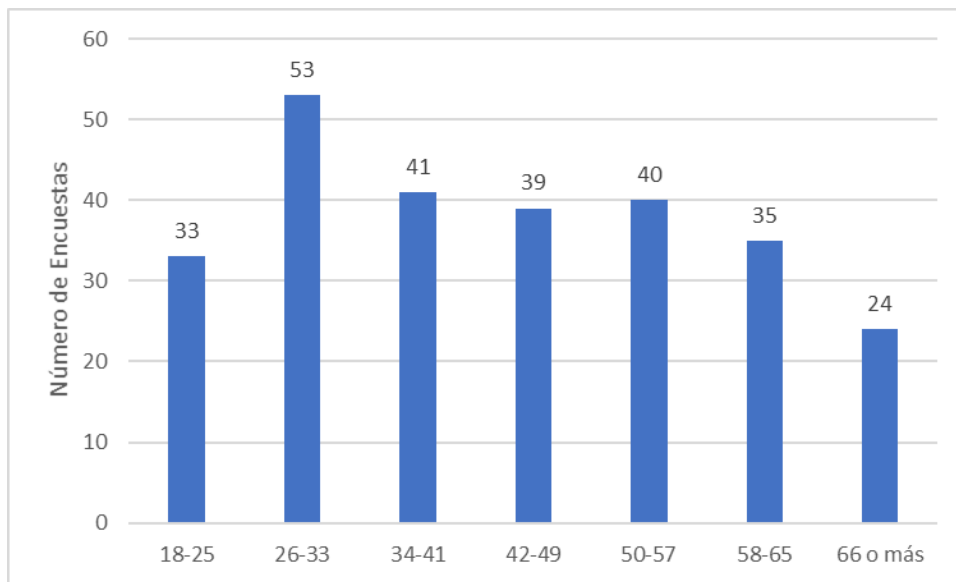


Fuente: Elaboración propia.

#### Edad de la población encuestada

El 20% de los encuestados(as) se encuentran en el rango de edad de 26 a 33 años, seguido de los rangos de edad de 36 a 41, 42 a 49 y 50 a 57, representando cada rango el 15% de la población encuestada. Se calcula una edad promedio de 43.5 años de entre los hombres y mujeres (Consultar anexo 1).

**Figura 15.** Población encuestada según edad, subcuenca Río Pajaritos.

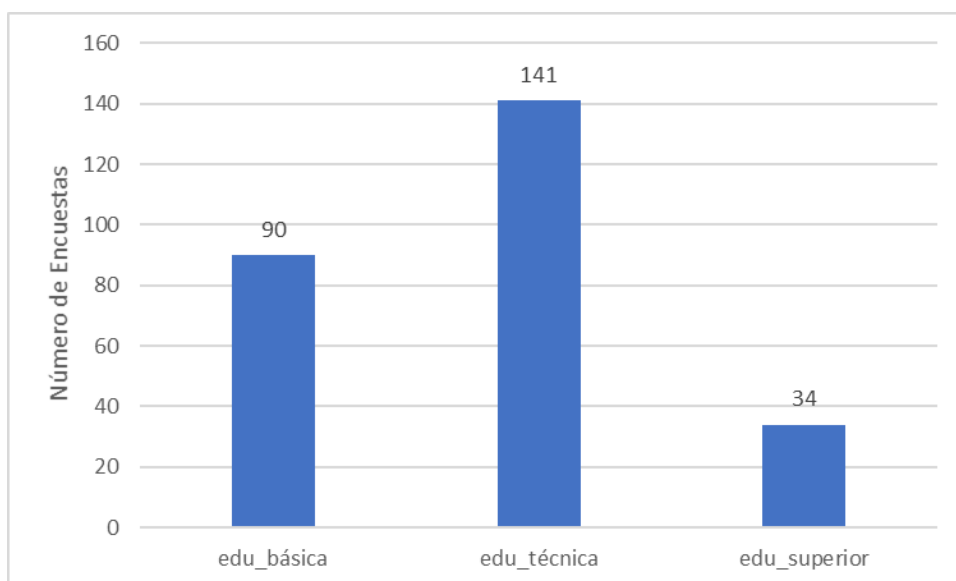


Fuente: Elaboración propia.

#### Nivel educativo de la población encuestada

De los resultados de la escolaridad promedio de los encuestados(as) el 53.2% se encuentra hasta el grado técnico, después el 34% de la muestra con una escolaridad primaria de seis años o menos y solo el 12.8% de los encuestados han estudiado hasta el grado superior.

**Figura 16.** Población encuestada según nivel educativo, subcuenca Río Pajaritos.



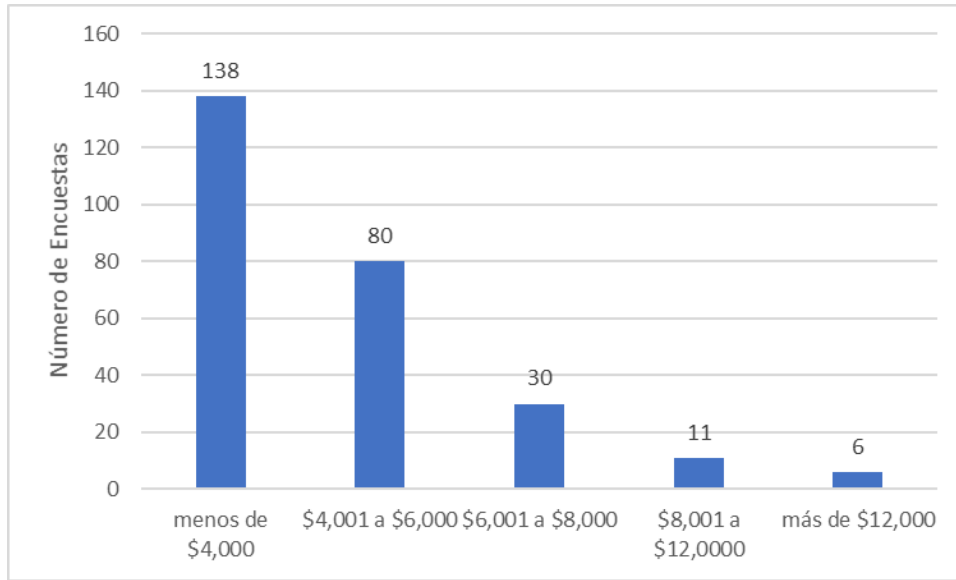
Fuente: Elaboración propia.



### Nivel de ingreso de la población encuestada

El ingreso monetario mensual promedio por hogar es de \$5,042 pesos, aunque la mayoría de los encuestados (52.1%) cuentan con un ingreso familiar de \$4,000 pesos o menor.

**Figura 17.** Población encuestada según nivel de ingreso, subcuenca Río Pajaritos.

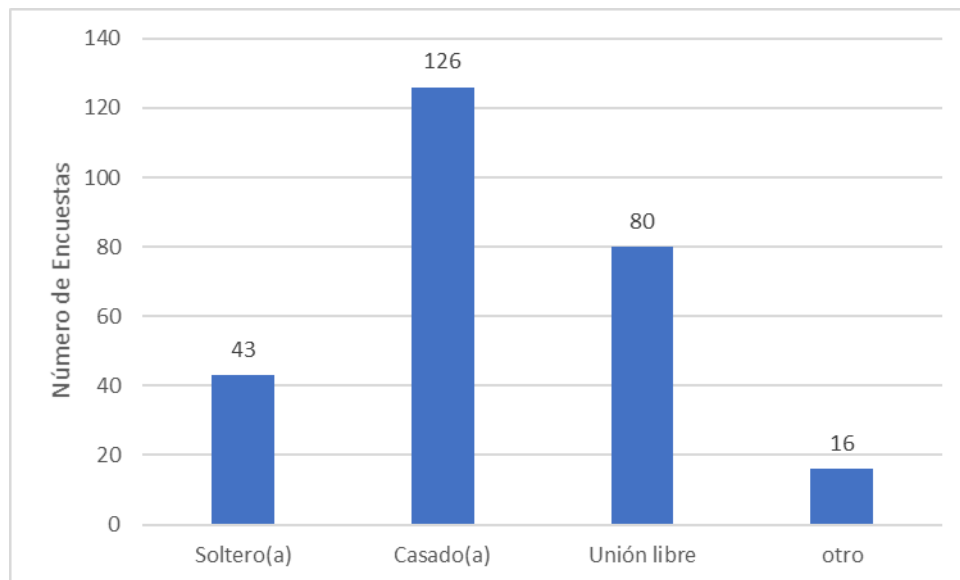


Fuente: Elaboración propia.

### Estado civil de la población encuestada

De los encuestados el 47.6% indicaron que eran casados(as) mientras que el 30.2% indicó que están en unión libre y solo el 16.2% de las respuestas indicaron ser solteros(as).

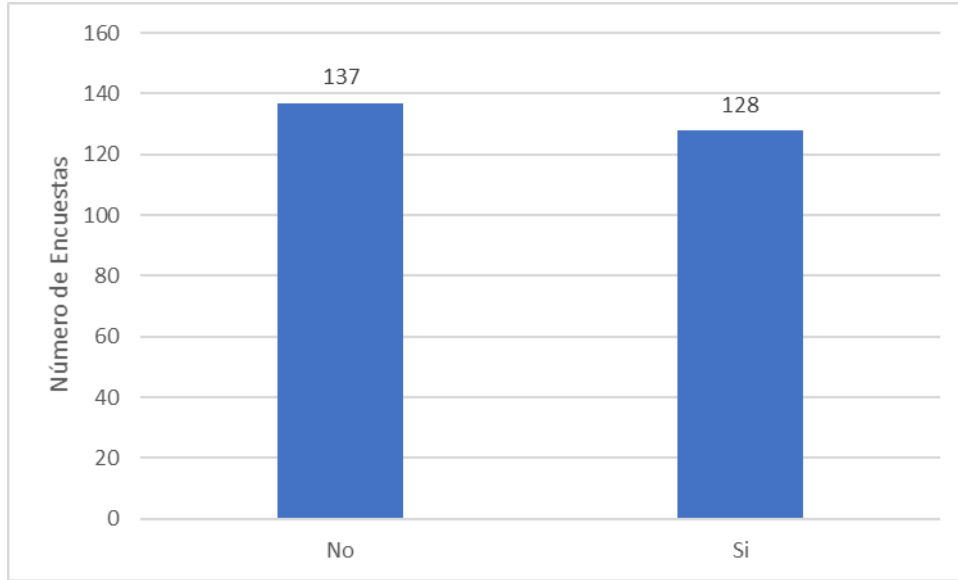
**Figura 18.** Población encuestada según estado civil, subcuenca Río Pajaritos.



Fuente: Elaboración propia.

Conocimiento de la población encuestada sobre el sitio de la subcuenca  
El 51.7% de los encuestados indicaron tener conocimiento de la subcuenca, mientras que el 48.3% manifestaron desconocer la ubicación y/o nombre de la subcuenca.

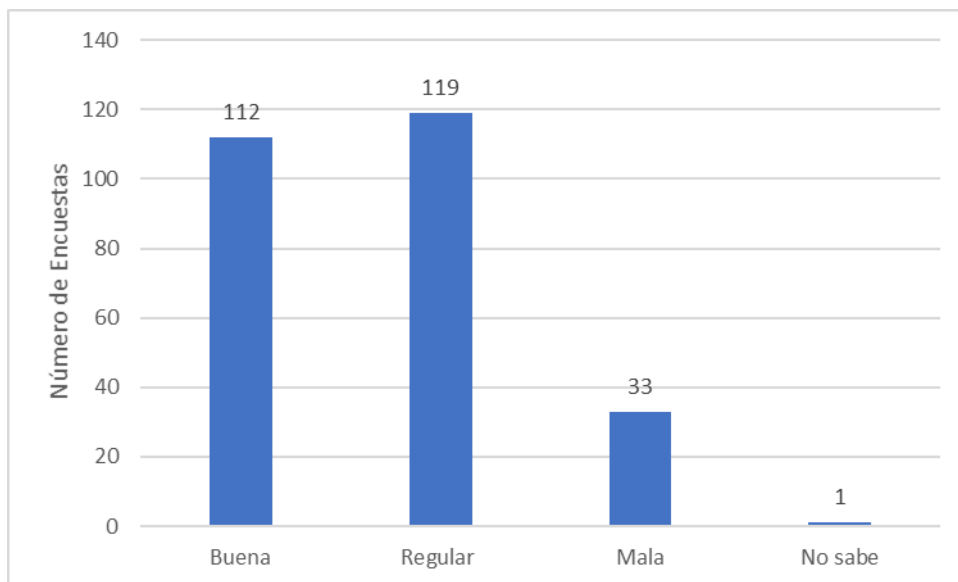
**Figura 19.** Conocimiento de la población sobre el sitio, subcuenca Río Pajaritos.



Fuente: Elaboración propia.

Nivel de calidad del agua que considera la población encuestada  
Un total del 87.2% considera que la calidad del agua es de buena a regular, solo el 12.4% considera que es mala. Este resultado indica que la calidad del agua es de nivel aceptable.

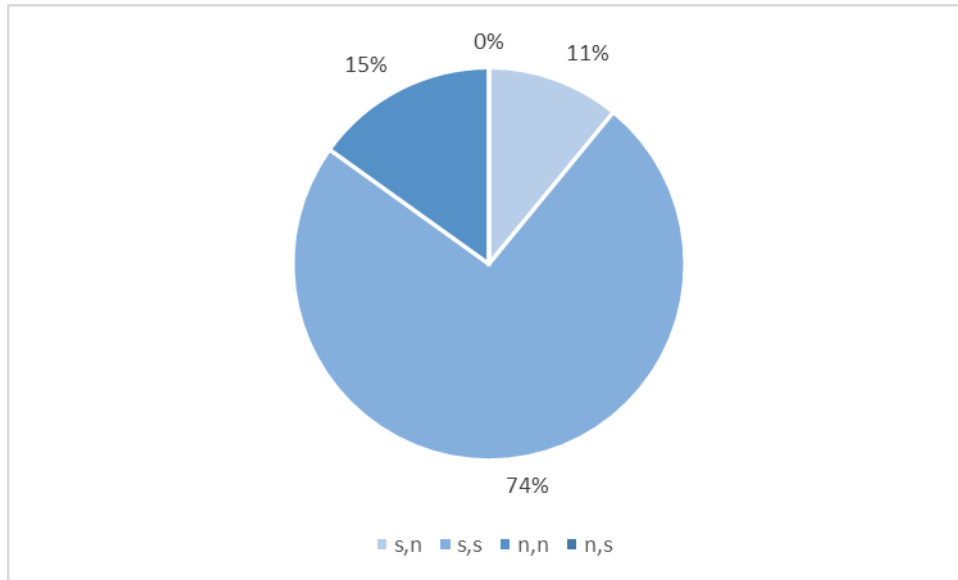
**Figura 20.** Opinión sobre la calidad del agua, subcuenca Río Pajaritos.



Fuente: Elaboración propia.

Nivel de aceptación de disponibilidad a pagar de la población encuestada  
 La aptitud de respuesta ante la disposición a pagar muestra que hubo un 74% de respuesta de aceptación (*sí/sí*), un 15% de respuesta negativa (*no, no*) y el 11% respondieron *sí/no*.

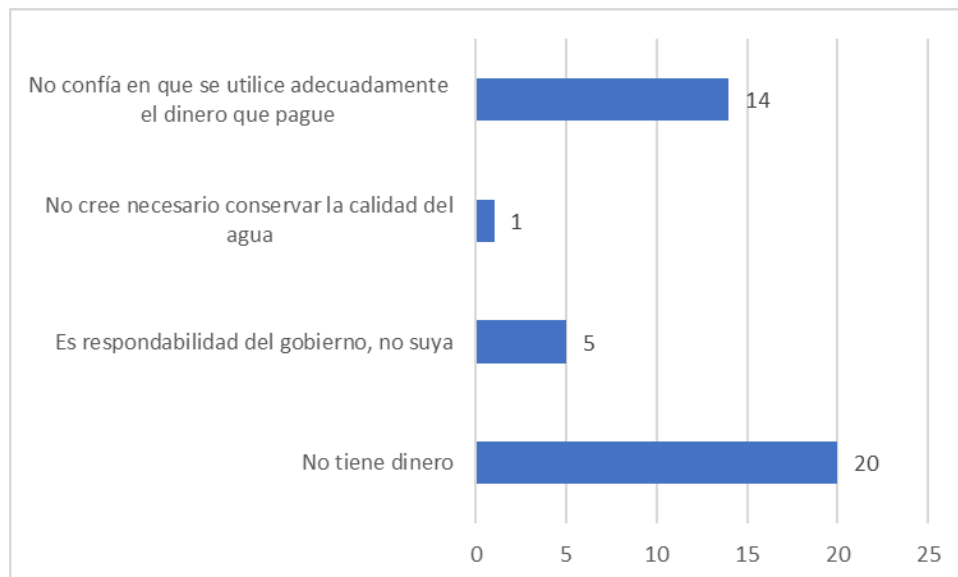
**Figura 21.** Porcentaje de respuesta de DAP de la población, subcuenca Río Pajaritos.



Fuente: Elaboración propia.

Nivel de negativa a la disponibilidad a pagar de la población encuestada  
 Del 11% que respondió *no/no*, el 50% de los encuestados(as) expresaron que la razón por la que no están dispuestos a pagar un determinado precio es porque no tienen dinero.

**Figura 22.** Nivel de negativa de la población encuestada, subcuenca Río Pajaritos.

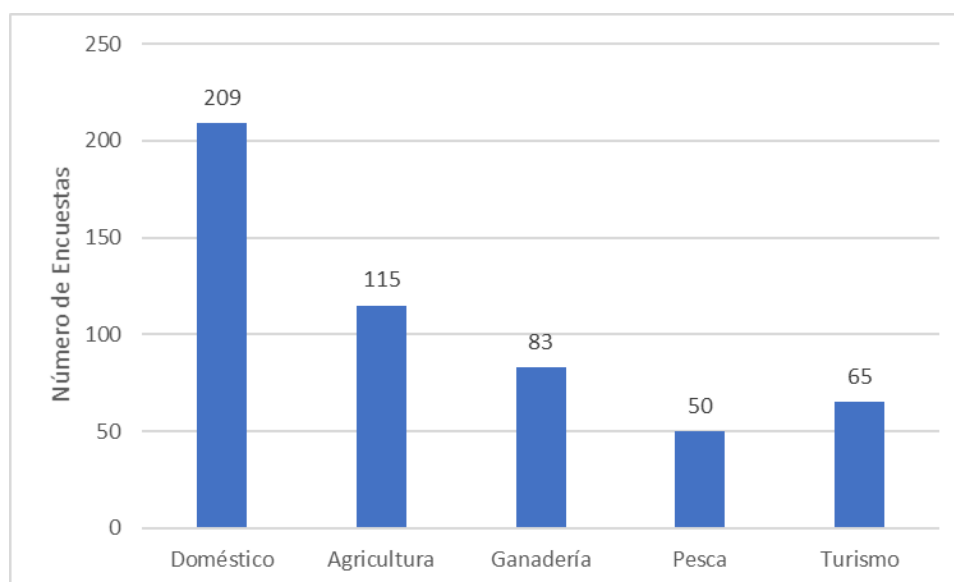


Fuente: Elaboración propia.

### Uso del recurso de la subcuenca por la población encuestada

La respuesta con respecto al uso del agua de calidad en sus actividades, la mayoría los encuestados(as) destinan el agua en sus labores domésticas (78.9%), seguido de la agricultura con un nivel de respuesta del 43.4%. En cuanto a otras actividades de ganadería, turismo y pesca indican un 31.3%, 18.9% y 24.5% de uso respectivamente.

**Figura 23.** Nivel de empleo de la calidad del agua, subcuenca Río Pajaritos.



Fuente: Elaboración propia.

También se destacan los resultados de otras variables complementarias, en promedio los hogares están integrados por 5.2 personas, el 92% reconocen que el agua es un recurso escaso y solo el 5% pertenece a alguna asociación ambiental. El pago anual que realizan los hogares por el servicio del agua en promedio es de \$415 pesos y en el caso de realizar un pago voluntario para mejorar la infraestructura de saneamiento una pequeña proporción de hogares está dispuesto a pagar \$25 pesos mensuales en promedio.

También se obtuvo el promedio simple de respuesta a la primera pregunta de DAP con un resultado de cantidad promedio de \$46 pesos por hogar mientras que para la segunda pregunta de DAP donde 225 jefes de hogar aceptaron pagar, se calcula una cantidad promedio de \$64 pesos (los resultados se pueden observar detalladamente en el anexo 1). En el caso de que los jefes(as) del hogar negaban pagar un precio, los individuos expresaron que es responsabilidad del gobierno no suya, además de manifestar un sentimiento de enojo y miedo ante la problemática.

#### 5.4. Análisis econométrico

En este apartado se aborda el cálculo de la valoración económica ambiental de los hogares sobre la calidad del agua en el Río Pajaritos. La construcción de los modelos para analizar las variables que determinan la DAP consistió en el uso de regresiones *probit* y *double-bounded* con el programa Stata 15.0, que tiene como variable dependiente a las respuestas de formato binario *sí* y *no* con respecto a las variables explicativas de respuesta *bid1* y *bid2*. Los resultados de las regresiones de los modelos referéndum y doble límite, así como la validez de estimación de estos, se presentan a lo largo de esta sección

Para realizar una estimación de valoración económica ambiental, se inició con la construcción de un modelo econométrico del tipo dicotómico simple y del modelo de doble límite. De esta manera, se propusieron aleatoriamente determinados montos de pago para un primer modelo *probit* que formula la respuesta de DAP como dicotómica simple, en la que los jefes(as) del hogar respondieron *sí/no* de acuerdo con el precio.

Los resultados del conjunto de respuesta muestran que la proporción de respuestas positivas se mantiene constante con una respuesta a cada monto ofrecido de alrededor del 20%, es decir, no existió entre los hogares una relación completamente directa entre la probabilidad de decir *sí* ante el incremento del monto ofrecido. Los resultados de la variable dependiente de respuesta de disposición a pagar se observan en la tabla 22, donde se observa que para el registro de la primera respuesta (*anwer1*) un 74% de los hogares respondieron positivamente a realizar un pago monetario por la mejora de la calidad del agua superficial de la subcuenca mientras que, el 26% restante de los hogares respondieron *no* a realizar un pago por mejorar la calidad del agua del Río Pajaritos.

**Tabla 22.** Resultados de respuesta de elección dicotómica.

<i>Oferta</i>	<i>Respuesta (answer1)</i>		
	NO	SI	Total
20	18.84	29.08	26.42
30	20.29	21.43	21.13
50	20.29	27.04	25.28
80	40.58	22.45	27.17
<i>Total</i>	26.04	73.76	100.00

Fuente: Elaboración propia en STATA 15.

La teoría del método de VC indica que entre más alta es la cantidad de oferta de pago, más baja es la probabilidad de responder sí, mientras tanto en los resultados de aplicación se muestra que para la respuesta de la cantidad de oferta de \$50 pesos, la sensibilidad a responder negativamente no disminuye, esto es porque la cantidad de oferta para pagar \$50 pesos es un precio socialmente aceptado para la población entrevistada y por lo tanto se prefiere pagar esta cantidad, aunque sea mayor que la anterior oferta.

### *Estimación del modelo Probit*

A continuación, se muestran los resultados de un modelo dicotómico simple con las estimaciones de tres regresiones de formato referéndum. El primer modelo (1) se construyó del modo en que no incorpora ninguna variable de control y solo incluye la variable de cantidad *bid1* (Véase Tabla 23). En cuanto a los resultados del modelo regresión, el coeficiente asociado al precio del pago propuesto tiene un signo negativo y es estadísticamente significativo tal y como lo señala la teoría económica de la demanda.

Para un segundo modelo (2), se incorporaron a las variables socioeconómicas de las personas encuestadas como son la edad, el ingreso familiar y género. En cuanto a la variable *female*, esta cuenta con un coeficiente negativo y estadísticamente significativa en el modelo, mientras que la variable *ingreso2* con coeficiente positivo indica que a mayor ingreso del hogar hay una mayor probabilidad de aceptar el pago propuesto.

En el caso del tercer modelo (3) se agregó la variable del uso del recurso por los hogares en cuanto a la actividad agrícola y de turismo. A continuación, en la tabla 23 se observan los coeficientes del modelo (1), el socioeconómico (3) junto al modelo completo (3) en el que se observa principalmente que la variable *bid1* cumple con la significancia estadística y el signo negativo que nos indica que, a mayor incremento tarifario o postura ofrecida de pago para que se desarrolle el proyecto, la probabilidad de obtener una respuesta positiva de parte de los jefes es menor (Tudela-Mamani, 2018), asimismo la variable sobre el género de la cabeza de hogar (*female*), el ingreso familiar (*ingreso2*), como son la agricultura y la actividad de turismo son estadísticamente significativas.

**Tabla 23.** Resultados del modelo de elección dicotómica.

VARIABLES	(1) Modelo pr	(2) Modelo pr	(3) Modelo pr
bid1	-0.00925*** (0.00352)	-0.00851** (0.00358)	-0.00903** (0.00367)
Age		-0.00493 (0.00571)	-0.00666 (0.00586)
female		-0.332* (0.172)	-0.193 (0.182)
ingreso2		8.86e-05* (5.22e-05)	0.000120** (5.38e-05)
agricultura			0.386** (0.186)
turismo			-0.556*** (0.199)
Constante	1.082*** (0.190)	0.983** (0.417)	0.851** (0.432)
Observaciones	265	265	265

Nota. Error estándar entre paréntesis

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 indica significancia al 1%, al 5% y al 10%

Fuente: Elaboración propia en STATA 15.

#### *Prueba de Wald para el modelo dicotómico Probit*

Para validar la incorporación de variables adicionales en el modelo dicotómico simple (1), (2) y (3), se realizó la prueba de Wald en el que la hipótesis nula señala que los parámetros de interés son simultáneamente iguales a cero ( $bid1=0$ ,  $age=0$ ,  $female=0$  e  $ingreso2=0$ ,  $agricultura=0$  y  $turismo=0$ ), en el que el estadístico de Chi-cuadrada indica que a un mayor valor en el estadístico  $chi2$  se muestra que hay un grado de asociación entre la variable de respuesta y de las explicativas.

Los resultados de la prueba de Wald para el modelo referéndum (Véase Tabla 24), demuestra que añadir variables socioeconómicas y de actividades de los encuestados de los hogares aportan significancia conjunta al modelo y estimadores.

**Tabla 24.** Prueba de Wald para el modelo Probit.

	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>
<i>chi2</i>	5.65(1)	13.10(4)	23.95(6)
<i>Prob &gt; chi2</i>	0.0174	0.0108	0.0005

Fuente: elaboración propia en STATA 15.

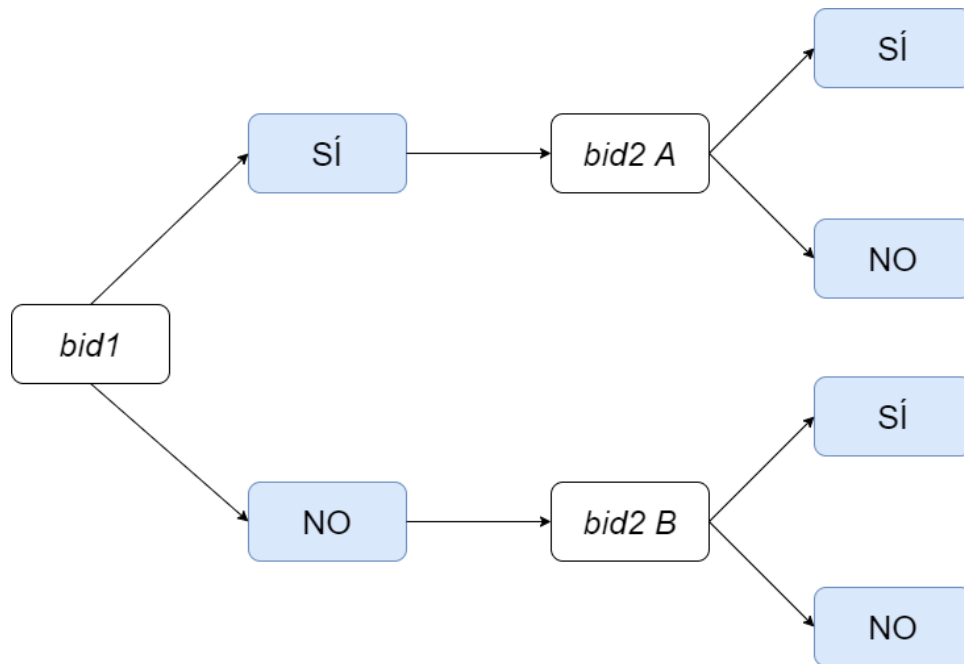
#### *Estimación del modelo de doble límite*

Una vez estimado el modelo econométrico *probit*, se da paso a la construcción del modelo *double-bounded*. En este modelo de formato de doble límite, se tiene el supuesto de preguntar de forma aleatoria el monto monetario en la pregunta principal y ante una posible respuesta afirmativa o negativa, se eleva o disminuye la oferta (López-Feldman A., 2012). Este mecanismo fue desarrollado en la sección 5.2.9. de elección del modelo econométrico, como se ilustra a través del diagrama de la figura 24, la elección de pago de doble límite otorgan despliega otras dos opciones con respecto a la respuesta anterior.

Este tipo de formato doble fue sugerido por Hanemann, Louis y Kanninen (1991), que buscaron reducir la ineficiencia de las estimaciones de DAP (Tudela-Mamani J., 2018). En este trabajo se retoma aplicación del formato de doble límite de la forma de que si en la primera pregunta se le ofrece pagar \$30 al encuestado(a), para los que dicen *sí* se pasa a una nueva oferta arriba como como son \$50 (que aceptaron 42 individuos), y para los que decían *no* se les ofrecía \$20 pesos (que solo aceptaron 4 individuos).



**Figura 24.** Diagrama de elección de doble límite.



Fuente: Tudela-Mamani J., 2018.

El diagrama muestra que se puede tener un resultado positivo en la primera y segunda respuesta (*s,s*), un afirmativo primero y un negativo en la segunda (*s,n*), un negativo en la primera y afirmativo en la segunda (*n,s*), mientras que para las respuestas negativas (*n,n*). El resultado de las respuestas de doble límite de los hogares fue de una cantidad de 60 *nn*, 46 *ns*, 59 *sn* y 60 *ss*, por lo que en este ejercicio la mayoría de los encuestados estuvieron dispuestos a pagar por la conservación. El comportamiento de las respuestas se presenta en la tabla 25 mediante un arreglo de tabla que expone la dinámica de las respuestas sobre disposición a realizar determinado pago por parte de los hogares.

**Tabla 25.** Arreglo de las respuestas a las preguntas de doble límite.

<b>BID1</b>	<b>BID2</b>						<b>TOTAL</b>
	10	20	30	50	80	120	
<b>20</b>	3	0	57	0	0	0	60
<b>30</b>	0	4	0	42	0	0	46
<b>50</b>	0	0	6	0	53	0	59
<b>80</b>	0	0	0	16	0	44	60
<b>TOTAL</b>	3	4	63	58	53	44	225

Fuente: Elaboración propia en STATA 15.

Al igual que en el modelo dicotómico simple, se estimaron tres regresiones para el modelo de doble límite. La primera regresión (1) se estima un modelo sin variables de control, en la segunda regresión (2) se incluyeron variables socioeconómicas del ingreso familiar (*ingreso2*) y número de hijos, para la tercera regresión (3) solo se incluyó la variable *domestico*. El resultado del modelo muestra que hay una significancia estadística en las constantes con signos positivos en los coeficientes *beta* y *sigma* (Véase Tabla 26).

En la segunda estimación se agregó la variable *hijos* siendo significativa con signo negativo mientras que la variable *ingreso2* también es significativa con un signo positivo que sugiere hay una mayor probabilidad de decir *sí* a una disposición a pagar por hogar y esta se encuentra relacionada positivamente con el ingreso familiar de este. Los resultados del modelo de doble límite muestran que los parámetros tienen los signos esperados a pesar de que en la regresión (3) se disminuye la significancia en algunos parámetros por la inclusión de la variable *domestico*, a su vez se muestra en el modelo que la variable influye en la estimación de la disposición a pagar por hogar.

**Tabla 26.** Resultado del modelo dicotómico de doble límite.

VARIABLES	(1) Modelo db	(2) Modelo db	(3) Modelo db
age		0.681*** (0.236)	0.743*** (0.241)
female		-8.260 (6.180)	-10.50 (6.384)
ingreso2		0.00402*** (0.00180)	0.00354* (0.00182)
hijos		-5.720** (2.675)	-5.512** (2.689)
domestico			11.57 (7.652)
Beta – Constante	82.10*** (3.453)	46.30*** (13.86)	38.07** (14.90)
Sigma – Constante	39.91*** (2.938)	37.68*** (2.765)	37.66*** (2.766)
Observaciones	225	225	225

Nota. Error estándar entre paréntesis

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 indica significancia al 1%, al 5% y al 10%

Fuente: Elaboración propia en STATA 15.

### *Prueba de Wald para el modelo dicotómico de doble límite*

En esta prueba la hipótesis nula, señala que las variables de interés son conjuntamente igual a cero ( $age=0$ ,  $female=0$ ,  $ingreso2=0$ ,  $hijos=0$  y  $domestico=0$ ). Los resultados de la prueba de Wald para el modelo de doble límite (Véase Tabla 27) demuestra que añadir variables socioeconómicas y sobre las actividades económicas de los encuestados en los modelos (2) y (3) aportan significancia conjunta al modelo y estimadores.

**Tabla 27.** Prueba de Wald para el modelo de doble límite.

	<b>Modelo de doble límite 2</b>	<b>Modelo de doble límite 3</b>
<b>chi2</b>	17.23(4)	19.28(5)
<b>Prob &gt; chi2</b>	0.0017	0.0017

Fuente: Elaboración propia en STATA 15.

Se concluye que, a partir de las regresiones efectuadas, los parámetros obtenidos del modelo referéndum y de doble límite, informan significativamente la importancia relativa de las variables explicativas en las estimaciones de la media de disposición de pago por los hogares encuestados. Se destaca que especialmente la inclusión del ingreso familiar ( $ingreso2$ ) en la estimación de los modelos es la variable de mayor poder explicativo seguida de la variable edad ( $age$ ), aunque la diferencia entre estas es mínima.

### **5.5. Cálculo de Disposición a Pagar**

Teniendo las estimaciones de los coeficientes de regresión los modelos referéndum y de doble límite, es posible encontrar la disposición de pago para caso de los modelos estimados por parte de las respuestas de los encuestados, y en consecuencia la mediana de DAP que fue calculado a partir de las variables de oferta. Para este caso de estudio de la subcuenca Río Pajaritos, en términos de dinero se expresa el beneficio que significa para la población objetivo el valor de la calidad del agua, aspecto que forma parte del valor económico total que representa la protección de la subcuenca. Los resultados se muestran en la tabla 28, con resultados de DAP en el modelo (1) es de \$117 pesos al trimestre por hogar y para el modelo (2) es de una cantidad de \$125 pesos trimestrales.

**Tabla 28.** Resultados de DAP individual del modelo probit  
(pesos mexicanos nominales).

	<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 2</i>	<i>Por hombres</i>	<i>Por mujeres</i>
<i>DAP</i>	\$117.03	\$124.90	\$166.55	\$127.57
<i>Error estándar</i>	27.71	33.88	61.72	46.10

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de DAP es la cantidad monetaria que aporta cada hogar para que el cambio no se realice y en el caso de instalarse la mina, se mantenga en el mismo nivel de bienestar. En el caso del modelo probit (3), que incluye a las variables de actividad agrícola y de turismo por los encuestados(as), se estimó una DAP por hogar de \$123 pesos como la cantidad de pago que es aceptado por la mitad de los hogares encuestados. Por parte de la DAP dividida por género, los jefes de hogar hombres están DAP una cantidad \$163 pesos mientras que las mujeres que son la cabeza del hogar una cantidad de \$141 pesos al trimestre (una cantidad mayor en comparación con el anterior modelo).

**Tabla 29.** Resultados de DAP individual del modelo probit  
considerando actividad económica y género (pesos mexicanos nominales).

	<i>Modelo 3</i>	<i>Por hombres</i>	<i>Por mujeres</i>
<i>DAP</i>	\$122.94	\$162.75	\$141.43
<i>Error estándar</i>	31.94	58.19	49.07

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la DAP individual obtenido a partir del modelo *double-bounded*, los resultados muestran que en el caso del modelo (1) la DAP es de \$82 pesos por hogar al trimestre. En el caso de este modelo, los hombres tienen una DAP individual de \$58 y las mujeres tienen una DAP individual de \$54 pesos trimestrales. Por parte del modelo (2), la cantidad de DAP se ve con una reducción mínima, manteniéndose en los \$82 pesos.

**Tabla 30.** Resultados de DAP individual del modelo de doble límite (pesos mexicanos nominales).

	<i>Modelo 1</i>	<i>Modelo 2</i>	<i>Por hombres</i>	<i>Por mujeres</i>
<i>DAP</i>	\$82.09	\$82.01	\$58.33	\$54.46
<i>Error estándar</i>	3.45	3.30	10.63	9.74

Fuente: Elaboración propia.

En el modelo de doble límite (3) que incluye a la variables socioeconómicas del ingreso familiar e hijos junto a la variable del uso de la calidad de la calidad del agua dentro de las actividades domésticas de los encuestados(as), muestra como resultado que incrementa la cantidad de DAP a un monto de \$82.5 pesos trimestrales por hogar (Véase Tabla 31), por lo que los encuestados de la población objetivo están dispuestos a pagar un cargo adicional al pago del servicio del agua por evitar que se deteriore la calidad de agua de la subcuenca Río Pajaritos. La DAP por parte de los hombres es de \$57 pesos mientras que las mujeres tienen una DAP de \$52 pesos trimestrales.

**Tabla 31.** Resultados de DAP individual del modelo de doble límite considerando actividad económica y género (pesos nominales).

	<i>Modelo 3</i>	<i>Por hombres</i>	<i>Por mujeres</i>
<i>DAP</i>	\$82.47	\$57.34	\$52.43
<i>Error estándar</i>	3.33	10.69	9.86

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la DAP total con base en los modelos estimados y la población objetivo de 3,872 hogares, se agregan los valores de DAP multiplicados por el conjunto de hogares para obtener el valor económico total que representa la calidad del agua para los pobladores de la subcuenca hidrográfica Río Pajaritos. El valor económico total calculado que se obtuvo por parte del modelo referéndum (3) es de 1.7 millones de pesos a precios de 2013, mientras que en el modelo dicotómico de doble límite el valor total que representa la calidad del agua es de 1.2 millones de pesos a precios de 2013.

Los resultados de los modelos econométricos en el cálculo de la DAP por temporalidad trimestral y anual se observan en la tabla 32, donde los valores medios de disposición a pagar por hogar varían de un monto de pago desde los \$80 a \$123 pesos mexicanos de 2013. Por parte de la DAP que divide el hogar por género, en el modelo referéndum los hombres están dispuestos a pagar \$162.75 pesos mexicanos a precios de 2013 y las mujeres \$141.43 pesos mexicanos a precios de 2013, mientras que, en el modelo de doble límite los hombres están dispuestos a pagar \$57.34 pesos mexicanos a precios de 2013 y las mujeres de \$52.46 pesos mexicanos a precios de 2013.

**Tabla 32.** Valor económico de la calidad del agua de la subcuenca Río Pajaritos (precios a año base 2013).

		<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>
<b>Modelo dicotómico Probit</b>	DAP trimestral	\$115.27	\$123.02	\$121.09
	DAP anual	\$461.07	\$492.07	\$484.35
	Valor total	\$1,785,252	\$1,905,306	\$1,875,407
<b>Modelo dicotómico de doble límite</b>	DAP trimestral	\$80.85	\$80.77	\$81.23
	DAP anual	\$323.41	\$323.10	\$324.91
	Valor total	\$1,252,254	\$1,251,034	\$1,258,051

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los resultados, se decide que el monto de pago del modelo referéndum y de doble límite (3) representa el valor económico de la calidad del agua de la subcuenca Río Pajaritos por la razón de que las variables ingreso familiar y actividades que hacen uso del agua de calidad afectan significativamente el monto de la DAP de los hogares.

La aplicación del modelo referéndum y de doble límite en el Método de Valoración Contingente permitió aproximarse al valor económico de la calidad del agua y del comportamiento de la población objetivo con respecto al cálculo de la distinta disposición a pagar frente al posible cambio en su bienestar por causa de la realización del proyecto minero *La Paila*. De la misma manera que se involucra el comportamiento de los hogares, también se trata a continuación de acercar el efecto marginal del valor económico de la calidad del agua (Véase Tabla 33) que es calculado por la representación de su valor por hectárea del territorio agrícola de riego y temporal, ya que una parte de la población (el 43%) utiliza el recurso de calidad en actividades agrícolas.

El territorio agrícola cuenta con una extensión de 34,656 hectáreas donde predominan los ingenios azucareros que se benefician del servicio ecosistémico de purificación del agua para la irrigación de cultivos de azúcar, por lo que los distritos de riego agrícola son igualmente importantes en el tema de utilización del recurso hídrico y en la administración de la respectiva descarga de residuos (Domínguez, 2008).

La estimación de los valores económicos por hectárea se observa a continuación, en el que el valor económico del Río Pajaritos por hectárea (Véase Tabla 33) se calculó al dividirse el valor económico total del Río Pajaritos de los modelos probit y de doble límite (Véase Tabla 32) entre las hectáreas que se destinan a la actividad agrícola que forman parte de la extensión territorial de la subcuenca (Véase Tabla 18). Los resultados concluyen que el valor económico por hectárea es de \$54 pesos y de \$36 pesos mexicanos a precios de 2013 considerando el valor económico total que fue estimado por parte del modelo probit completo y del modelo completo de doble límite respectivamente.

**Tabla 33.** Valor económico de la calidad del agua del Río Pajaritos por hectárea (precios a año base 2013).

		<b>Valor económico anual por ha</b>
<b>Beneficio de la calidad del agua del Río Pajaritos para territorio agrícola</b>	Modelo pr (3)	\$54.11
	Modelo db (3)	\$36.30

Fuente: Elaboración propia.

## 5.6. Consideraciones

La aplicación del ejercicio de Valoración Contingente ha sido de gran importancia para los estudios de Valoración Económica Ambiental tanto a nivel nacional como internacional, ya que es un procedimiento fiable para medir los cambios en la utilidad del conjunto de individuos. La importancia del método de aplicación radica en la posibilidad de valorar los servicios ecosistémicos que tienen valor de no uso y son de no-mercado, además de que su estimación de valores económicos es un punto de partida para recompensar los daños ocasionados en el medio ambiente en el caso de que el escenario hipotético sea una realidad. En el contexto del territorio de la subcuenca, la posible contaminación del Río Pajaritos por la minería a cielo abierto y la descarga de aguas residuales representan los problemas ambientales más importantes de la región y, en particular con el incremento de la demanda de agua potable en los últimos años.

Con base en los resultados, se concluye que los métodos de preferencias declaradas son una herramienta fundamental para la planeación e intervención de políticas públicas en la mejora de la calidad ambiental, en especial para la problemática de este estudio, ya que es necesaria la participación del sector público en la gestión integral de los recursos hídricos y en la prioridad del cuidado de la calidad del agua de la subcuenca Río Pajaritos. Con respecto a las complicaciones en la aplicación del método, es necesario considerar que por ser un método de preferencias declaradas no se conocen del todo los distintos beneficios que proporciona en realidad el Río Pajaritos, además de que se pueden encontrar sesgos de complacencia por parte de los individuos encuestados. La existencia de un sesgo de complacencia de los encuestados con respecto a los aplicadores de la encuesta significa que el encuestado por querer complacer al encuestador, contesta sin tomar en consideración su criterio propio (Roas, 2001). Otro sesgo en el método es el registro de una baja o negativa disposición de pago por los individuos como protesta por las condiciones de bajo ingreso y marginación del usuario encuestado.

También, se destaca que pueden presentarse otros aspectos que suelen afectar la aplicación de este método como son la presencia de sesgos que intervienen al momento de contestar la encuesta y que se dividen como de conducta estratégica, sesgo de punto de inicio, sesgo relacional, sesgo de importancia y de posición (Roas, 2001). El sesgo de conducta estratégica consiste en que el encuestado piensa que su respuesta influye sobre la futura provisión del recurso, por lo que estima con precios distintos al verdadero



(Samuelson, 1954). El sesgo punto de inicio ocurre cuando los encuestados se encuentran con valores muy altos o bajos, así como en casos en que el monto con el que inicia la subasta tiene efecto por sobre la respuesta final. El sesgo relacional sucede cuando el bien valorado es relacionado por el encuestado con otro bien, mientras que el sesgo de posición e importancia puede ocurrir en el caso de las cartas de pago cuando se mencionan varios atributos y el encuestado piensa que el primero que es mencionado es el más importante.

Adicionalmente, un aspecto poco recurrente es la posible mala interpretación del escenario a valorar que puede darse por emitir una percepción incorrecta del contexto, por lo que para evitarlo se recomienda hacer pruebas piloto y de convergencia con la finalidad de asegurar de que el encuestado entienda por completo la descripción y el contexto actual del escenario hipotético. Por otra parte, es importante considerar que aún persiste el debate sobre la brecha entre la DAP/DAC y sobre sus diferencias que arrojan en la estimación para un mismo bien y servicio. A pesar de las contradicciones, se destaca que la mayoría de los hogares encuestados están dispuestos a contribuir monetariamente con un parte de su ingreso percibido para mejorar la calidad del agua del Río Pajaritos.

De esta manera, como parte de las conclusiones, es importante dar impulso a la participación de dependencias locales que garanticen a los pobladores la correcta disposición de recursos y coordinen por medio de organizaciones locales el monto monetario recolectado a través de la fundación de un fondo de agua regional. La conformación de un fondo de agua que opere bajo los principios de seguridad hídrica y este destinado a la conservación de la calidad y zonas de recarga del agua del Río Pajaritos. Por último, la aplicación del método de VC demuestra que se puede valora correctamente el comportamiento de la población en la manifestación de su postura con respecto a cambios en el estado actual del SEH, por lo que, si se inicia una intervención pública o privada para reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad del agua, los resultados de valoración económica son indudablemente un incentivo para un seguimiento en proyectos de saneamiento y de conservación de cuencas a nivel regional.

---

*Recomendaciones de  
gestión hídrica*

---

## 6. Recomendaciones

Por parte de la gestión sostenida y sustentable de cuencas hidrográficas, la visión de mejora en la calidad del recurso hídrico necesita ser más reconocida por parte de la población que no suele considerar la importancia del cuidado del recurso a menos de que se vea amenazado el recurso por algún riesgo externo. La subcuenca Río Pajaritos cuenta con una gran cantidad caudales y arroyos que permiten el almacenamiento de aguas pluviales, especialmente esta característica beneficia el proceso de escurrimiento del agua hacia otros cuerpos externos como son lagos, lagunas y playas; por lo que proponer una forma de adaptación trae consigo distintos beneficios socioeconómicos y ambientales.

En cuanto a la generación de una propuesta de intervención de política pública que retome las cuestiones sociales, económicas y ambientales para la conservación de la calidad del agua en este trabajo, se recomienda la formulación de un enfoque integral que priorice la conservación de la cuenca Río Pajaritos. A nivel regional, en la subcuenca Río Pajaritos, se cuenta con el escenario del *Estudio Técnico de Aguas Nacionales Superficiales en Cuencas de la Región Hídrica 28 Papaloapan, SEMARNAT*, estudio que concluye que deben reservarse determinados cuerpos de aguas superficial con fines de reservar el recurso destinado al uso público, urbano y doméstico, con el objetivo de que la población en 2070 cuente con el volumen de reserva de 145.586 millones m<sup>3</sup>.

La conservación del recurso hídrico de la región hídrica 28 provendrá por parte de las cuencas Llanuras de Papaloapan, Jamapa-Cotaxtla y Llanuras de Actopan que están ubicadas sobre el territorio costero del Golfo de México centro. Por parte de la cuenca *Llanuras de Actopan*, donde se encuentra la subcuenca de Río Pajaritos, se propone establecer reservas del estado original del recurso hídrico de 31 mil millones de m<sup>3</sup> destinados para usos ambientales y de conservación ecológica. Sin embargo, se ha visto que asegurar el stock del agua puede verse disminuida por la situación actual de extracción del recurso hídrico. En este caso destaca la industria en Actopan, como son las mineras que demandan una cantidad aproximada de 15 mil litros de agua para cada laguna de lixiviación y para la operación la cantidad de 2 mil 500 m<sup>3</sup> diarios (REMA, 2018).

Por lo tanto, como parte de las conclusiones del resultado del ejercicio de Valoración Contingente en la subcuenca Río Pajaritos, es prioritaria la participación y opinión pública de la población en los asuntos de conservación y regulación del uso de agua potable. Es necesaria la participación de identidades locales de manera conjunta con

agentes públicos estatales y municipales en proyectos que operen bajo los principios de seguridad hídrica para la construcción de fondos de agua destinados al saneamiento y conservación de la subcuenca Río Pajaritos, ya que la dotación de agua limpia que proporciona es vital para las comunidades locales y zonas más vulnerables.

El ejercicio demuestra que si se da continuidad a los resultados y datos obtenidos sobre el valor económico que propicia la calidad del agua, será viable llevar a cabo acciones para la captación, retención y saneamiento del agua superficial. Por otra parte, si se disminuyen las prácticas de descarga de aguas residuales municipales y no municipales en el Río Pajaritos, se beneficia a futuro a las comunidades y su realización de actividades económicas. A continuación, se detallan las siguientes recomendaciones que buscan mejorar la calidad a nivel ambiental de la región de la subcuenca Río Pajaritos.

- Crear un fondo recurrente de agua enfocado al saneamiento de los cuerpos de agua y de fuentes de abastecimiento en el municipio de Alto Lucero y Actopan.
- Mayor financiamiento para la realización de estudios técnicos de corrientes de aguas con afluencia de zonas agrícolas en la identificación de la posible presencia de riesgos químicos que se pueden originar por la irrigación de cultivos.
- Creación de sistemas de información con ayuda de CONAGUA ya que, en los estudios regionales, a su vez que es necesario contar con datos públicos sobre la cantidad de agua existente y en los parámetros actuales de calidad del agua.
- Contar con un protocolo de acciones en el que caso de que sea detectada una deficiencia en el contenido fisicoquímico en el agua del Río Pajaritos. Si se realizan acciones oportunas, se evita mayor contaminación y turbidez en el lugar.
- Fortalecimiento de la infraestructura hidráulica de las presas de la subcuenca Río Pajaritos para los próximos años, de tal manera de que la infraestructura sea resiliente ante la presencia de fenómenos hidrometeorológicos.
- Incentivar a la población con programas de participación sobre el correcto manejo de los recursos hídricos municipales para la formulación de propuestas de reutilización creativa y eficiente del agua obtenida de la subcuenca Río Pajaritos.
- Modernizar la infraestructura de drenaje de las localidades urbanas como sistemas separados para la colecta del agua residual y otra para el agua de lluvia, por lo que es importante el interés del gobierno y de los habitantes para una planificación del financiamiento y el requerimiento de apoyo por parte de organizaciones.



## 7. Referencias

- Acolt, R. G. (2016). La disponibilidad a pagar de las familias por mejorar el servicio de agua potable en la ciudad de Aguascalientes. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 63–77.
- Achulli Ayala, R. (2016). *Aplicación de modelos logit y probit para la estimación de disponibilidad a pagar media para la valoración de agua potable de la ciudad de Puno*.
- 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(35), 101–122. <https://doi.org/10.12795/rea.2018.i35.04>
- Aizaki, H., Nakatani, T., & Sato, K. (2014). *Stated preference methods using R*. CRC Press.
- Alberini, A., & Kahn, J. (2006). *Handbook on contingent valuation*. Edward Elgar Publishing.
- Almeida, J., Barbisan, A., Pandolfo, A., Duran, O., & Pizzo, H. (2004). *Aplicabilidade da técnica de avaliação contingente na proteção dos recursos hídricos de pequenos municípios. ICTR 2004 – Congresso brasileiro de ciência e tecnologia em resíduos e desenvolvimento sustentável*, 967–976.
- Álvarez Bravo, H., Sosa Echeverría, R., Sánchez Álvarez, P., & Silva, A. B. (2006). Riesgo Químico Asociado a Fenómenos Hidrometeorológicos En El Estado De Veracruz. *Inundaciones 2005 En El Estado De Veracruz*, 315–326. [https://www.uv.mx/eventos/inundaciones2005/PDF/20\\_RIESGO.pdf](https://www.uv.mx/eventos/inundaciones2005/PDF/20_RIESGO.pdf)
- Anderson, D., Sweeney, D., & Williams, T. (2008). Estadística para administración y economía (10a. Edición). En *Capítulo 22. Encuestas muestrales* (págs. 915-950). México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Anglés, M., Rovalo, M., & Tejado, M. (2021). *Manual de derecho ambiental mexicano*. México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM.
- Ávalos, E. (2011). *La teoría del consumidor: dualidad, elasticidades, restricciones de la demanda y bienestar [Consumer theory: duality, elasticities, constraints of the demand and welfare]* (No. 41895). University Library of Munich, Germany.
- Azqueta, D. (2002). *Introducción a la economía ambiental*.
- Barrantes, G. (2013). *Servicios ecosistémicos hídricos: Estudios de caso en América Latina y el Caribe*. (No. 333.75153 S4).
- Bateman, I., Carson, R., Day, B., Hanley, N., Hett, T., . . . Ozdemiroglu, E. (2002). *Economic valuation with stated preference techniques: A manual*. Chletenham, Reino Unido: Edward Elgar Publishing.
- Balvanera, P., H. Cotler. (2011). Los servicios ecosistémicos. CONABIO. *Biodiversitas*, 94:7-11

- Brouwer, R., Barton, D., Bateman, I., Brander, L., Georgiou, S., Martín-Ortega, J., ... & Wagtendonk, A. (2009). Economic valuation of environmental and resource costs and benefits in the water framework directive: technical guidelines for practitioners. *Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam, the Netherlands*.
- Buckley, C., Howley, P., O'Donoghue, C., & Kilgarriff, P. (2016). Willingness to pay for achieving good status across rivers in the Republic of Ireland. *Economic and Social Review*, 47(3), 425–445.
- Cacua, C. M. (2014). Valoración Económica de Daños Ambientales Producidos por la Minería Ilegal de Oro en el Departamento del Huila. En *Bachelor's thesis, Bogotá-Uniandes*.
- Caffera, M. (2018). *Economía Ambiental Notas de Clase*.
- Cahui-Cahui, E., Tudela-Mamani, J. W., & Huamaní-Peralta, A. (2019). Determinantes socioeconómicos en la estimación de la disponibilidad a pagar del proyecto de agua potable y saneamiento en el centro poblado de Paxa, distrito de Tiquillaca – Puno 2017. *Comuni@cción: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 10(1), 81–91. <https://doi.org/10.33595/2226-1478.10.1.332>
- Cámara de diputados. (2020). *Principales Estrategias y Líneas de Acción en Materia de Adaptación y Mitigación, establecidos en los Programas de Cambio Climático a nivel Estatal*. México: Comisión Bicameral del Sistema de Bibliotecas.
- Cameron, T. A., & James, M. D. (1987). Efficient estimation methods for "closed-ended" contingent valuation surveys. *The review of economics and statistics*, 269-276.
- CANDYMIN S.A. DE C.V. (2012). *Manifestacion de Impacto Ambiental referente a la construcción de 6 socavones para llevar a cabo actividades de exploración minera dentro del proyecto Caballo Blanco, en el municipio de Alto Lucero, Veracruz*. Veracruz.
- Castro, E., & Solsol, N. A. (2018). Valoración Contingente del servicio de Agua Potable en la Yarada-Los Palos Tacna 2016. *Ciencia & Desarrollo*, (22), 34-42.
- CEIEG. (2020). *Cuadernillos municipales*. Sistema de Información Estadística y Geográfica del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (SIEGVER). <http://ceieg.veracruz.gob.mx/2020/12/03/cuadernillos-municipales-2020/>
- Cerda, A. (2009). *Valoración Económica del Ambiente*. Facultad de Ciencias Empresarias, Universidad de Talca, Chile. <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/8/35988/ivaloracioncepal2009.pdf>
- Chang, M. Y. (2005). La economía ambiental. *Sustentabilidad*, 165-178.
- Choe, K., Whittington, D., & Lauria, D. T. (1996). The Economic Benefits of Surface Water Quality Improvements in Developing Countries: A Case Study of Davao, Philippines. *Land Economics*, 519–537.

- Choi, I. C., Kim, H. N., Shin, H. J., Tenhunen, J., & Nguyen, T. T. (2016). Willingness to pay for a highland agricultural restriction policy to improve water quality in South Korea: Correcting anomalous preference in contingent valuation method. *Water*, 8(11), 547.
- Ciriacy-Wantrup, S. V. (1947). Capital returns from soil-conservation practices. *Journal of Farm Economics*, 29(4), 1181–96.
- CONABIO. (2017). 49. *Laguna Verde-Antón Lizardo*. Recuperado el 8 de noviembre de 2020, de Conabio regionalización: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp\\_049.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rmp_049.html)
- CONAGUA. (2012). *Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2012*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2016). *Mapa del Atlas de Agua en México, edición 2016*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2018). *Estadísticas del Agua en México, edición 2018*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- Cotler, H., Garrido, A., Luna, N., Enríquez, C., & Cuevas, M. L. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. México: Pluralia Ediciones e Impresiones S.A. de C.V.
- Davis, R. K. (1963). The value of outdoor recreation: an economic study of the Maine woods. *Ph.D. dissertation*. Harvard University Department of Economics.
- del Saz-Salazar, S., Hernández, F., & Sala, R. (2009). *Estimación de los beneficios sociales de la mejora de la calidad del agua en el contexto de la Directiva Marco del Agua: Una comparación de la DAP y la DAC*. 106(1), 1–31.
- Del Saz Salazar, S., Hernández Sancho, F., & Sala Garrido, R. (2011). Estimación del valor económico de la calidad del agua de un río mediante una doble aproximación: Una aplicación de los principios económicos de la Directiva Marco del Agua. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9(1), 37. <https://doi.org/10.7201/earn.2009.01.03>
- Devi, M. G., Samad, M., Davidson, B., & Boland, A.-M. (2009). Valuing a Clean River: A case study of Musi River, Hyderabad, India. *Australian Agricultural and Resource Economics Society*.
- Diario de Xalapa. (27 de Septiembre de 2021). Alertan ambientalistas sobre posible reactivación minera en La Paila. Recuperado el 24 de enero de 2022, de Diario de Xalapa. <https://www.diariodexalapa.com.mx/local/alertan-ambientalistas-sobre-posible-reactivacion-minera-en-la-paila-lavida-impacto-ambiental-mineria-toxica-7263128.html>
- Díaz, D., Pérez, J., & Salas, O. (2010). *Hidrología*. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/9650>
- DOF. (s.f.). Declaratoria de Desastre Natural para efectos de las Reglas de Operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN). México: Gobierno de la República.



- DOF. (2012). *DECRETO por el que se Declara reformado el párrafo quinto y se adiciona un párrafo sexto recorriéndose en su orden los subsecuentes, al artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Gobierno de la República. Recuperado el 5 de noviembre de 2020, de Diario Oficial de la Federación:  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5232952&fecha=08/02/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5232952&fecha=08/02/2012)
- Domínguez, J. (2008). Cobertura del servicio público de agua en el estado de Veracruz. *Colegio de México*. Reporte, México DF.
- Domínguez, T. (2017). Clasificación funcional de ríos de distintas regiones de México para diseñar propuestas de caudal ambiental. México: Tesis UNAM.
- El Economista. (1 de Agosto de 2017). *Río Sonora sigue contaminado, a 3 años del derrame: pobladores*. Recuperado el 15 de noviembre de 2020, de El Economista:  
<https://www.economista.com.mx/politica/Rio-Sonora-sigue-contaminado-a-3-anos-del-derrame-pobladores-20170801-0168.html>
- Fernández-Bolaños Valentín, A. (1999). Incidencia de la política medioambiental en la actividad económica.
- Fernández-Bolaños Valentín, A. (2002). Economía y política medioambiental: Situación actual y perspectivas en la Unión Europea. España: *Editorial publicaciones*.
- Ferrá, C., & Botteon, C. (2000). Evaluación socioeconómica de proyectos. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Económicas.
- Freeman III, A. M., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (2014). *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*. Routledge.
- Frutos, P. De. (2010). Valoración de la calidad del agua de abastecimiento: Medidas Defensivas Frente a Disposición a Pagar Por Su Mejora. *Urban Public Economics Review*, 13, 34–65.
- Fuenlabrada, S. (2008). Probabilidad y estadística (3ra. Edición). En *Capítulo 15. Inferencia estadística*. (págs. 253-264). México: Mc Graw Hill.
- Goulder, L. H., & Kennedy, D. (2011). Interpreting and estimating the value of ecosystem services. *Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services*, 15.
- Guimarães, M. H., Sousa, C., Garcia, T., Dentinho, T., & Boski, T. (2011). The value of improved water quality in Guadiana estuary-a transborder application of contingent valuation methodology. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 4(1), 31–48. <https://doi.org/10.1007/s12076-011-0052-1>
- Gúzman, E. (2015). Valoración económica de mejoras en los servicios ambientales en el contorno del Río Huatanay, Cusco-Perú. *Consortio de Investigación Económica y Social*, Perú, 1–67.
- Haab, T. C., & McConnell, K. E. (2002). *Valuing environmental and natural resources: the econometrics of non-market valuation*. Edward Elgar Publishing.

- Haab, T. C., Interis, M. G., Petrolia, D. R., & Whitehead, J. C. (2013). From hopeless to curious? Thoughts on Hausman's "dubious to hopeless" critique of contingent valuation. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 35(4), 593-612.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2012). Common international classification of ecosystem services (CICES, Version 5.1). *European Environment Agency*, 33, 107. Recuperado el 18 de septiembre de 2020, de cices.eu: [Guidance-V51-01012018.pdf](https://cices.eu/Guidance-V51-01012018.pdf) (cices.eu)
- Haneman, M. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses, *American Journal of Agricultural Economics*, 66, 332–41.
- 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.
- Halkos, G. (2012). *The use of contingent valuation in assessing marine and coastal ecosystems, water quality: A review*.
- Hernández, Monroy, R., Valdivia Alcala, R., Sandoval Villa, M., & Rubiños Panta, J. E. (2011). An Economic Valuation of the Hydrological Environmental Service in a Biosphere Reserve. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 315–323.
- INECC. (2020). Revisión y análisis sobre valoración económica de los servicios ecosistémicos de México de 1990 a 2019. *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)*, México.
- INEGI. (2005). *Conteo de Población y Vivienda 2005*. México: INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. México: INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. México: INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2010). *Red hidrográfica. Escala 1:50 000. Edición 2.0. Subcuenca hidrográfica RH28Bi R. Pajaritos. Cuenca R. Jamapa y Otros. RH Papaloapan*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463130291>
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal 2015*. México: INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Recuperado el 12 de septiembre de 2020, de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- 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.
- Jiang, Y., Jin, L., & Lin, T. (2011). Higher water tariffs for less river pollution-Evidence from the Min River and Fuzhou City in China. *China Economic Review*, 22(2), 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2010.12.006>

- Khuc, Q. Van. (2013). Household's willingness-to-pay estimation for safe drinking water: A case study in Vietnam. En *ProQuest Dissertations and Theses*. <http://search.proquest.com/docview/1413324084?accountid=48290> LA – English
- La Jornada Veracruz. (26 de Mayo de 2018). *Crece rechazo a mineras en Actopan*. Recuperado el 18 de octubre de 2020, de La Jornada Veracruz. [http://www.jornadaveracruz.com.mx/Post.aspx?id=180526\\_094833\\_979](http://www.jornadaveracruz.com.mx/Post.aspx?id=180526_094833_979)
- Labandeira, X., J. León, C., & Vázquez, M. (2007). *Economía ambiental*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- La-Roca, F., Ferrer, G., La Calle, A., Hernández-Mora, N., del Moral, L., & Prat, N. (2010). Directiva Marco del Agua: Preparando la evaluación de la década. *Comunicación presentada al CONAMA*, 10.
- Lattera, P., Manson, R., & Barrantes, G. (2013). *Servicios ecosistémicos hídricos: estudios de caso en América Latina y el Caribe*. A. Lara (Ed.). América, SA.
- Lavín, F. (Julio, 2015). *Cambio Climático, Economía Ambiental y Estilos de Desarrollo* [Diapositivas]. Universidad Nacional de Colombia.
- Leal, T., Millán, D., Méndez, C., Servín, C., Miranda, S., Alarcón, T., & Jiménez, B. (2008). *Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria*. México: Instituto Nacional de Ecología-Instituto Mexicano de Tecnología del agua-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Lopez-Feldman, A. (2012). Introduction to contingent valuation using Stata. *MPRA Paper*, 41018, 16. <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/41018/>
- López-Feldman, A. (2013). 4. Introducción a la valoración contingente utilizando Stata en Mendoza-Velázquez, A. (2013). *Aplicaciones en Economía y Ciencias Sociales con Stata*. StataCorp LP.
- Martín-Ortega, J., Berbel, J., & Brouwer, R. (2011). Valoración económica de los beneficios ambientales de no mercado derivados de la mejora de la calidad del agua: Una estimación en aplicación de la Directiva Marco del Agua al Guadalquivir. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9(1), 65. <https://doi.org/10.7201/earn.2009.01.04>
- Martínez, M.L., Lithgow, D., Moreno-Casasola, P., Martínez-Martínez, R.E., Silva, R., Vázquez, G., López Portillo, J., Mendoza, E., Monroy-Ibarra, R., Ramírez Hernández, A., Boy-Tamborell, M., Cáceres-Puig, J.I. (2019). *La zona costera del municipio Actopan*. INECOL. 81pp.
- Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Lithgow, D., Martínez-Martínez, R.E., Silva, R., Vázquez, G., López-Portillo, J., Mendoza, E., Monroy-Ibarra, R., Boy-Tamborell, M., Cáceres-Puig, J.I., Ramírez Hernández, A. (2020). *La zona costera del municipio Alto Lucero*. INECOL. 73pp.

- Martínez, M.L., Lithgow, D., Moreno-Casasola, P., Martínez-Martínez, R.E., Silva, R., Vázquez, G., López Portillo, J., Mendoza, E., Monroy-Ibarra, R., Ramírez Hernández, A., Boy-Tamborell, M., Cáceres-Puig, J.I. (2019). *La zona costera del municipio Úrsulo Galván*. INECOL. 57pp.
- Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1989). *Using surveys to value public goods: the contingent valuation method*. Rff Press.
- Mohammed, E. Y. (2009). Measuring the benefits of river quality improvement using the contingent valuation method: The case of the ping river, Chiang Mai, Thailand. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 11(3), 349–367. <https://doi.org/10.1142/S1464333209003403>
- Mokondoko, P., Manson, R. H., & Pérez-Maqueo, O. (2016). Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz, Mexico. *Ecosystem Services*, 22, 161-173.
- Obando-Bastidas, J. A., Castellanos-Sánchez, M. T., & Franco-Montenegro, A. (2016). Valoración Económica Del Recurso Natural Agua Del Humedal Coroncoro De Villavicencio. *Lámpsakos*, 1(16), 33. <https://doi.org/10.21501/21454086.1921>
- 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(1), 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.06.006>
- Perez Barrientos, N. R. (2016). *Valoración y propuesta de pago del servicio ambiental hídrico de la microcuenca del Río Kimiriki–Pichanaqui*.
- Perez-Pineda, F., & Quintanilla-Armijo, C. (2013). Estimating willingness-to-pay and financial feasibility in small water projects in El Salvador. *Journal of Business Research*, 66(10), 1750–1758. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.01.014>
- Riera, P., Garcia, D., Kriström, B., & Brännlund, R. (2016). Manual de economía y de los recursos naturales. *Valoración ambiental, Métodos de preferencias reveladas y declaradas*, Capítulos 5 y 6, pp. 116-141.
- Pérez Espejo, R., Ávila Foucat, V. S., & Aguilar Ibarra, A. (2010). *Introducción a las economías de la naturaleza*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Económicas.
- Perni, A., & Martínez-Paz, J. (2012). Valoración económica de los Beneficios Ambientales de la Recuperación del Río Segura (España). *Semestre económico*, 15(32), 15–40.
- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D., & McGilvray, J. (2011). *Natural Resource and Environmental Economics (4th Edition)*. England: Pearson Education Limited.

- PNUD. (8 de Enero de 2019). *Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050* . Recuperado el 3 de marzo de 2021, de PNUD Latinoamérica <https://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/es/home/library/poverty/plan-nacional-de-seguridad-hidrica-2015-2050.html>
- Pronatura Veracruz A.C. (25 de Febrero de 2016). *Costa Central del Estado de Veracruz*. Recuperado el 16 de diciembre de 2020, de Pronatura Veracruz <https://b.se-todo.com/pravo/11644/index.html>
- Ramajo-Hernández, J., & del Saz-Salazar, S. (2012). Estimating the non-market benefits of water quality improvement for a case study in Spain: A contingent valuation approach. *Environmental Science and Policy*, 22, 47–59. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.05.006>
- Ramos, G. C. D. (junio 21, 2018). *Las vedas del agua en La Jornada de Oriente*. Puebla. Recuperado el 15 de febrero de 2021, de La Jornada Oriente <https://www.lajornadadeoriente.com.mx/puebla/vedas-del-agua/>
- Reddy (Ed.), V. (2005). *Restoration and management of tropical estrophic lakes*. Plymouth: Science publishers.
- REMA. (31 de Julio de 2018). *Se le dijo "NO" por el riesgo nuclear y ni así: la minera de Canadá perfora con fuerza. México: Red Mexicana de Afectados por la minería*. Recuperado el 19 de diciembre de 2020, de OCMAL.ORG <https://www.ocmal.org/se-le-dijo-no-por-el-riesgo-nuclear-y-ni-asi-la-minera-de-canada-perfora-con-fuerza-en-veracruz/>
- Ríos, C. (2010). *Valuación Económica de la Biodiversidad en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel - aplicaciones del método de Valuación Contingente*. Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México: UNAM. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2010/enero/0652592/Index.html>
- Roas, J. (2001). Valoración económica del agua. *Universidad de Los Andes (Venezuela). Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial*.
- Rodríguez, A., & Verona, A. (2013). Valoración económica de bienes y servicios ambientales de la Laguna Conache, Laredo (La Libertad, Perú) Economic valuation of environmental wealths and services Conache lagoon, Laredo (La Libertad, Peru). *Revista REBIOLEST*, 1(1), 54–70. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/182>
- Romero, F. S., Alcalá, R. V., Cuevas Alvarado, C. M., Ortiz, J. H., Medellín-Azuara, J., & Hernández Avila, A. (2016). Valoración económica del agua potable en la delegación Iztapalapa Economic valuation of drinking water in Iztapalapa, D. F. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7, 1467–1475. [https://watershed.ucdavis.edu/files/biblio/ARTÍCULO\\_FERMÍN\\_AGUA\\_IZTA.pdf](https://watershed.ucdavis.edu/files/biblio/ARTÍCULO_FERMÍN_AGUA_IZTA.pdf)
- Samuelson, P. A. (1954). The pure theory of public expenditure. *The review of economics and statistics*, 36(4), 387-389.

- Secretaría de Protección Civil. (2011). *Atlas Municipal de Riesgos: nivel básico, Actopan*. Veracruz de Ignacio de la Llave: Editora de Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para el municipio de Actopan.
- Secretaría de Protección Civil. (2011). *Atlas Municipal de Riesgos: nivel básico, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios*. Veracruz de Ignacio de la Llave: Editora de Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios.
- Secretaría de Protección Civil. (2011). *Atlas municipal de riesgos: nivel básico, Úrsulo Galván*. Veracruz de Ignacio de la Llave: Editora de Gobierno del Estado de Veracruz Ignacio de la Llave para el municipio de Úrsulo Galván.
- SEMARNAT. (2012). *Recomendación del CCDS-Veracruz sobre el proyecto minero Caballo Blanco*. Xalapa Veracruz.
- SEMARNAT. (2016). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Edición 2015*. México: Semarnat.
- SEMARNAT. (2018). *Acuerdo por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las Aguas Nacionales Superficiales en las Cuencas Hidrológicas Río Salado, Río Grande, Río Trinidad, Río Valle Nacional, Río Playa Vicente, Río Santo Domingo, Río Tonto, Río Blanco, Río San Juan, Río Tesechoacán, Río Papaloapan, Llanuras de Papaloapan, Río Jamapa, Río Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y Llanuras de Actopan, de la Región Hidrológica Número 28 Papaloapan*. México: Semarnat.
- SIAP. (2013). *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. México: Secretaría de agricultura y desarrollo rural.
- SIBIC. (s.f.). *Sistema de búsqueda e información de cuencas*. INECC.
- Silva-Flores, R., Pérez-Verdín, G., & De Jesús Návar-Cháidez, J. (2010). Economic valuation of the hydrological environmental services in El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. *Madera Bosques*, 16(1), 31–49. <https://doi.org/10.21829/myb.2010.1611178>
- Soto Montes de Oca, A. (2013). La valoración económica del medio ambiente a través del método de valoración contingente: el caso de la Cuenca del Alto Atoyac en Puebla, México (*Master's thesis, Universidad Iberoamericana Ciudad de México*. Departamento de Economía).
- Suaza, S. A. O., Urrutia, A. C., & Lavín, F. V. (1997). Valoración económica de bienes ambientales. *Ensayos de Economía*, 7(13), 9-3
- Tudela-Mamani, Juan Walter. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de puno (Perú). *Desarrollo y Sociedad*, 2017(79), 189–237. <https://doi.org/10.13043/DYS.79.6>

- Tudela-Mamani, Juan W., Leos-Rodríguez, J. A., & Zavala-Pineda, M. J. (2018). Estimación de beneficios económicos por mejoras en los servicios de saneamiento básico mediante valoración contingente. *Agrociencia*, 52(3), 467–481. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6423191>
- Ulo Aduviri, M. Á. (2016). *Valoración económica del servicio ambiental que brindan las aguas del lago Poopó al municipio de Oruro*.
- UNAM. (5 de Octubre de 2017). *OPINIÓN TÉCNICA SOBRE LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL 30V32011M0043, "CABALLO BLANCO"*. Recuperado el 15 de diciembre de 2020, de ResearchGate [https://www.researchgate.net/publication/274639286\\_Opinion\\_tecnica\\_sobre\\_la\\_manifestacion\\_de\\_impacto\\_ambiental\\_regional\\_30V32011M0043\\_Caballo\\_Blanco](https://www.researchgate.net/publication/274639286_Opinion_tecnica_sobre_la_manifestacion_de_impacto_ambiental_regional_30V32011M0043_Caballo_Blanco)
- Uzcátegui, J. M. S. (2021). Valoración económica del ambiente. Métodos de preferencias reveladas. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, Lima: 166 p.
- Valdivia Alcalá, R., Cuevas Alvarado, C. M., Sandoval Villa, M., & Romo Lozano, J. L. (2009). Estimación econométrica de la disponibilidad a pagar por los consumidores de servicios recreativos turísticos. *Terra Latinoamericana*, 27(3), 227-235.
- Valdivia, A. R., García, A. E., López, S. M. A., Hernández, O. J., & Rojano, A. A. (2011). Valoración Económica Por La Rehabilitación Del Río Axtla, S.L.P. *Revista Chapingo. Serie Ciencias forestales y del ambiente*, 17(3), 333–342. <https://doi.org/10.5154/r.rchsc/fa2010.07.045>
- Vásquez Lavín, F., Cerda Urrutia, A., & Orrego Suaza, S. (2018). *Valoración económica del ambiente: Fundamentos económicos, econométricos y aplicaciones*. Universidad del Desarrollo Ainauillo 456, Concepción, Chile.
- Vergara Tamayo, C., González Quesada, A., & González Coronado, C. (2013). Evaluación de impacto ambiental y estudios previos a una valoración contingente. Caso la Colosa, Cajamarca, Tolima, Colombia. *Ensayos de Economía*, 23(42), 191–222.
- Zegarra Méndez, E. (2014). *Economía del agua: conceptos y aplicaciones para una mejor gestión*. MISC.

## 8. Anexos

### 8.1. Estadística descriptiva de la muestra hogares.

<b>VARIABLES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>N</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>DE</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
<b>bid1</b>	Primera oferta \$20, \$30, \$50 y \$80	265	46	23.51	20	80
<b>bid2</b>	Segunda oferta \$10, \$20, \$30, \$50, \$80 y \$120	225	64.09	33.56	10	120
<b>calidad</b>	1=buena, 2=regular, 3=mala, 4=no sabe	265	1.709	0.693	1	4
<b>recurso</b>	0=no, 1=sí	265	0.925	0.265	0	1
<b>pagoanul</b>	Pago anual	263	415.5	289.6	0	1,500
<b>asociación</b>	0=no, 1=sí	265	0.0566	0.232	0	1
<b>razonnopago</b>	1=no tiene dinero, 2=es responsabilidad del gobierno no suya, 3=no cree necesario conservar la calidad del agua, 4=no confía en que se utilice adecuadamente el dinero que pague	40	2.225	1.387	1	4
<b>plantapago</b>	Pago mensual voluntario	33	25.45	3.771	10	100
<b>sentimiento</b>	1=Enojo, disgusto, desagrado 2=Miedo 3=Agrado, contento, a gusto 4=No siente nada especial	40	1.750	1.006	1	4
<b>age</b>	Edad del encuestado	265	43.45	15.11	18	71
<b>female</b>	0=hombre 1=mujer	265	0.468	0.500	0	1
<b>integrantes</b>	Número de integrantes de la familia	265	5.177	2.055	2	11
<b>hijos</b>	Número de hijos	265	1.819	1.299	0	6
<b>ingreso</b>	1= menos de \$4,000, 2=\$4,001 a \$6,000, 3=\$6,001 a \$8,000, 4=\$8,001 a \$12,000, 5=más de \$12,000	265	1.743	0.970	1	5
<b>ingreso2</b>	Ingreso familiar promedio del rango	265	5,072	1,769	4,000	12,000
<b>answer1</b>	Respuesta a la primera pregunta 0=no 1=sí	265	0.740	0.440	0	1



<b>answer2</b>	Respuesta a la segunda pregunta 0=no 1=sí	265	0.509	0.501	0	1
<b>domestico</b>	Uso del agua doméstico 0=no, 1=sí	217	0.789	0.409	0	1
<b>agricultura</b>	Uso del agua agrícola 0=no, 1=sí	261	0.434	0.497	0	1
<b>ganadería</b>	Uso del agua para ganadería 0=no, 1=sí	122	0.313	0.465	0	1
<b>turismo</b>	Uso del agua para turismo 0=no, 1=sí	48	0.245	0.431	0	1
<b>pesca</b>	Uso del agua para pesca 0=no, 1=sí	265	0.189	0.392	0	1
<b>edu_bas</b>	Educación básica 0=no, 1=sí	265	0.347	0.477	0	1
<b>edu_tec</b>	Educación tecnológica 0=no, 1=sí	265	0.525	0.500	0	1
<b>edu_sup</b>	Educación superior 0=no, 1=sí	265	0.128	0.335	0	1
<b>nn</b>	Respuesta de DAP fue no, no	265	0.192	0.395	0	1
<b>ny</b>	Respuesta de DAP fue no, sí	265	0.0679	0.252	0	1
<b>yn</b>	Respuesta de DAP fue sí, no	265	0.298	0.458	0	1
<b>yy</b>	Respuesta de DAP fue sí, sí	265	0.442	0.498	0	1

Fuente: Elaboración propia en STATA 15.

## 8.2. Cuestionario de valoración contingente. 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.

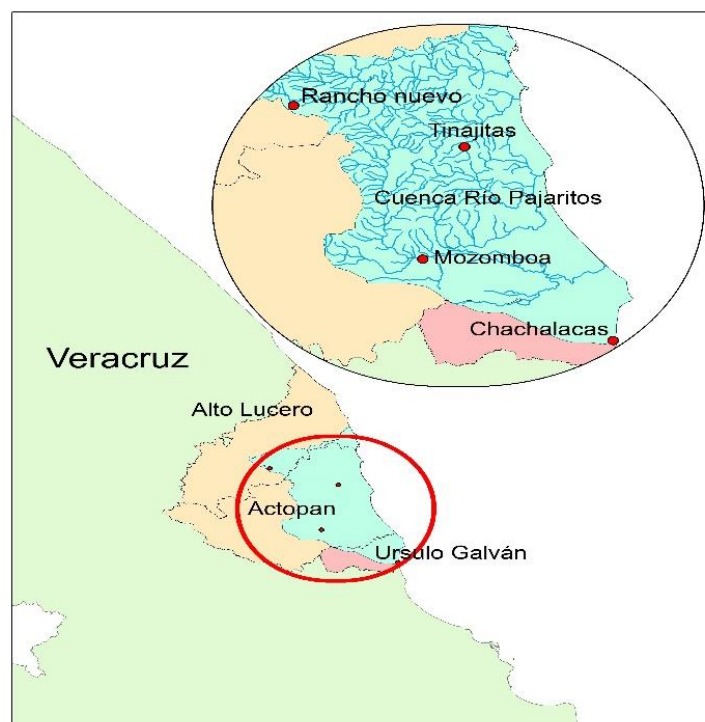
El cuestionario le tomará aproximadamente 5 minutos.

Recuerde que no hay respuestas incorrectas, que sus 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. Rancho Nuevo
  - d. Playa de Chachalacas
  - e. San Isidro
  - f. Santa Rosa
  - g. Ninguna de las anteriores
  
2. ¿Sabe de dónde proviene el agua que consume? Sí ( ) 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. Sí
  - 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<sup>12</sup>:

---

<sup>12</sup> Fuente: Rebolledo R. (1 de agosto de 2017) Río Sonora sigue contaminado, a 3 años del derrame: pobladores. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/politica/Rio-Sonora-sigue-contaminado-a-3-anos-del-derrame-pobladores-20170801-0168.html>



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?
- Sí (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?
- Sí (pasar a la pregunta 10)
  - 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)?
- Sí
  - 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 considere 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? Sí ( ) 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
------------------	-----------------	-------------------	--------------------	-----------------

### 8.3. Cuadros de resultado de Disposición a Pagar por Hogar.

#### 1. DAP Modelo Probit

```
. nlcom (WTP:-_b[_cons]/_b[bid1]), noheader
```

answer1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	117.0306	27.71493	4.22	0.000	62.71039	171.3509

```
. nlcom (WTP:- (_b[_cons]+age_m*_b[age]+female_m*_b[female]+ingreso2_m*_b[ingreso2])/_b[bid1]),no  
> header
```

answer1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	124.902	33.88892	3.69	0.000	58.48096	191.3231

```
. nlcom (WTP:-(_b[_cons]+3*_b[age]+ingreso2_m*_b[ingreso2])/_b[bid1]) , noheader
```

answer1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	166.5542	61.72323	2.70	0.007	45.57889	287.5295

```
. nlcom (WTP:-(_b[_cons]+3*_b[age]+_b[female]+ingreso2_m*_b[ingreso2])/_b[bid1]), noheader
```

answer1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	127.5732	46.10968	2.77	0.006	37.19983	217.9465

```
. nlcom (WTP:- (_b[_cons]+age_m*_b[age]+female_m*_b[female]+ingreso2_m*_b[ingreso2]+agricultura_m  
> *_b[agricultura]+turismo_m*_b[turismo])/_b[bid1]),noheader
```

answer1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	122.9455	31.94887	3.85	0.000	60.32684	185.5641

```
. nlcom (WTP:-(_b[_cons]+3*_b[age]+ingreso2_m*_b[ingreso2]+agricultura_m*_b[agricultura]+turismo_  
> m*_b[turismo])/_b[bid1]) , noheader
```

answer1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	162.7516	58.19397	2.80	0.005	48.69356	276.8097

```
. nlcom (WTP:-(_b[_cons]+3*_b[age]+_b[female]+ingreso2_m*_b[ingreso2]+agricultura_m*_b[agricultur  
> a]+turismo_m*_b[turismo])/_b[bid1]), noheader
```

answer1	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	141.4319	49.07631	2.88	0.004	45.24406	237.6197

## 2. DAP Modelo Double-Bounded

```
. nlcom (WTP: (_b[_cons]))
```

```
WTP: (_b[_cons])
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	82.09624	3.453162	23.77	0.000	75.32817	88.86432

```
. nlcom (WTP: (_b[_cons]+age_m*_b[age]+female_m*_b[female]+hijos_m*_b[hijos]+ingreso2_m*_b[ingreso2])), noheader
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	82.01547	3.300838	24.85	0.000	75.54595	88.48499

```
. nlcom (WTP: (_b[_cons]+3*_b[age]+hijos_m*_b[hijos]+ingreso2_m*_b[ingreso2])), noheader
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	58.33119	10.63447	5.49	0.000	37.48802	79.17436

```
. nlcom (WTP: (_b[_cons]+3*_b[age]+female_m*_b[female]+hijos_m*_b[hijos]+ingreso2_m*_b[ingreso2])), noheader
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	54.46626	9.7452	5.59	0.000	35.36602	73.5665

```
. nlcom (WTP: (_b[_cons]+age_m*_b[age]+female_m*_b[female]+ingreso2_m*_b[ingreso2]+hijos_m*_b[hijos]+domestico_m*_b[domestico])), noheader
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	82.47919	3.335375	24.73	0.000	75.94197	89.0164

```
. nlcom (WTP: (_b[_cons]+3*_b[age]+ingreso2_m*_b[ingreso2]+hijos_m*_b[hijos]+domestico_m*_b[domestico])), noheader
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	57.34264	10.69717	5.36	0.000	36.37657	78.3087

```
. nlcom (WTP: (_b[_cons]+3*_b[age]+female_m*_b[female]+ingreso2_m*_b[ingreso2]+hijos_m*_b[hijos]+domestico_m*_b[domestico])), noheader
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
WTP	52.4301	9.866083	5.31	0.000	33.09294	71.76727