



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

**VALORACIÓN ECONOMICA DEL AGUA DE LA PRESA SOLÍS, PARA USO  
AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE ACÁMBARO GUANAJUATO**

**TESIS**

**Que como requisito parcial**

**para obtener el grado de:**

**DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**Presenta:**

**JUAN TRUJILLO MURILLO**

**Bajo la supervisión de: DR. ARTURO PERALES SALVADOR**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México, septiembre de 2019.

**VALORACIÓN ECONOMICA DEL AGUA DE LA PRESA SOLÍS, PARA USO  
AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE ACÁMBARO GUANAJUATO**

Tesis realizada por **JUAN TRUJILLO MURILLO** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**DIRECTOR:** \_\_\_\_\_ **Dr. Arturo Perales Salvador**



**ASESOR:** \_\_\_\_\_ **Dr. Manuel Del Valle Sánchez**



**ASESOR:** \_\_\_\_\_ **Dr. Ignacio Caamal Cauich**



**LECTOR EXTERNO:** \_\_\_\_\_ **Dr. Danae Duana Ávila**



## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN GENERAL</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>15</b>
2.1. La valoración contingente	15
2.2. Programación matemática	20
2.3. Método directo de valoración (contabilidad de costos)	23
2.4. Medición de impacto ambiental	25
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO</b>	<b>29</b>
3.1. Relación del hombre con la naturaleza	29
3.2. La teoría del valor: objetiva y subjetiva	35
3.3. Los métodos de valoración económica	41
3.4. Valoración contingente	45
3.5. Programación matemática	50
3.6. Teoría de costos	54
<b>CAPÍTULO IV. LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL MUNDO</b>	<b>67</b>
4.1. Situación actual del agua en el mundo	67
4.2. Situación actual del agua en México	74
4.3. Situación actual del agua en Guanajuato	81
<b>CAPÍTULO V. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>85</b>
5.1. Caracterización física	85
5.2. Aspecto social y económico	90
5.3. Descripción de la presa Solís	99
<b>CAPÍTULO VI. METODOLOGÍA</b>	<b>103</b>
6.1. Método directo (contabilidad de costos)	103
6.2. Metodología de valoración contingente aplicada al agua	114
6.3. Metodología de programación matemática	117
<b>RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>124</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>144</b>

## Lista de cuadros

Cuadro 1: Cuadro instrumental de programación matemática .....	51
Cuadro 2: Cuadro complementario de recursos.....	52
Cuadro 3: Evaluación de impacto ambiental por país .....	61
Cuadro 4. Impactos ambientales ocasionados por la construcción de presas. ....	63
Cuadro 5: Matriz de Leopold (sección 1).....	109
Cuadro 6: Matriz de Leopold (sección 2).....	111
Cuadro 7: Matriz de Leopold (Sección 3) .....	112
Cuadro 8: Matriz de Leopold (Sección 4) .....	112
Cuadro 9: Comprobación de la matriz de Leopold .....	113
Cuadro 10: Valores de índice ambiental (VIA) .....	113
Cuadro 11: Código de registro de respuestas .....	115
Cuadro 12. Estadísticas descriptivas .....	116
Cuadro 13: Coeficientes del modelo .....	116
Cuadro 14: Predicciones del modelo de elección binaria.....	117
Cuadro 15: Estadísticas descriptivas de las DAP's.....	117
Cuadro 16: Coeficientes técnicos de los principales cultivos en Acámbaro .....	118
Cuadro 17: Disponibilidad de factores.....	118
Cuadro 18: Valores críticos del modelo.....	119
Cuadro 19: Valores críticos de los factores.....	119
Cuadro 20: Análisis de sensibilidad.....	120
Cuadro 21: Rangos de disponibilidad de factores .....	120
Cuadro 22: Resultados de las metodologías de valoración aplicadas al agua....	121

## Lista de figuras

Figura 1: Metodologías para la valoración económica. ....	43
Figura 2: Elección óptima, minimización de los costos de producción. ....	58
Figura 3: Contraste regional entre agua renovable y desarrollo.....	76
Figura 4: Regiones hidrológicas de México.....	79
Figura 5: Mapa de la división política municipal del estado de Guanajuato. ....	83
Figura 6: Población con cobertura de salud en Acámbaro.....	91
Figura 7: Rezago educativo en Acámbaro.....	92
Figura 8. Indicadores de la pobreza multidimensional. ....	93
Figura 9. PEA total en Acámbaro.....	95
Figura 10: Población en Acámbaro. ....	97
Figura 11: Población por edad y sexo en Acámbaro.....	97
Figura 12: Ubicación de la presa Solís.....	99

## **Lista de Anexos**

Anexo 1. Cuestionario para la valoración contingente .....	144
Anexo 2. Tasa de interés anual en México de 1982 a 2015.....	147

## Lista de abreviaturas

	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>CEAG</b>	Comisión estatal del agua en Guanajuato
<b>CEPAL</b>	Comisión económica para América Latina y el Caribe
<b>CONACyT</b>	Consejo nacional de ciencia y tecnología
<b>CONAGUA</b>	Consejo nacional del agua
<b>DAP</b>	Disposición a pagar
<b>FAO</b>	Organización de las naciones unidas para la alimentación
<b>GEMS</b>	Global monitoring system
<b>ILPES</b>	Instituto latinoamericano de planificación económica y social
<b>IMSS</b>	Instituto mexicano del seguro social
<b>INEGI</b>	Instituto nacional de estadística y geografía
<b>ISSSTE</b>	Instituto de seguridad y servicios sociales de los trabajadores del estado
<b>MVC</b>	Método de valoración contingente
<b>OMM</b>	Organización meteorológica mundial
<b>ONU</b>	Organización de las naciones unidas
<b>PEA</b>	Población económicamente activa
<b>PEMEX</b>	Petróleos mexicanos
<b>PIB</b>	Producto interno bruto
<b>PNUMA</b>	Programa de las naciones unidas para el medio ambiente
<b>RHA</b>	Región hidrológico-administrativa
<b>SEDENA</b>	Secretaría de la defensa nacional
<b>SEDESOL</b>	Secretaría de desarrollo social
<b>SEGOB</b>	Secretaría de gobierno
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría del medio ambiente y recursos naturales
<b>VE</b>	Valor económico
<b>VET</b>	Valor económico total
<b>VL</b>	Valor de legado
<b>VNO</b>	Valor de no uso
<b>VO</b>	Valor de opción
<b>VU</b>	Valor de uso
<b>VUD</b>	Valor de uso directo
<b>VUI</b>	Valor de uso indirecto
<b>WWC</b>	World water council

## DEDICATORIA

A mi madre (Lourdes Murillo Vera) y hermanos (Fernando, Alejandro, Rubí Karina, Serafín y Francisco Javier) por ser la base de la persona que soy.

A mi esposa (Andrea Cabrera Manzano) por su infinita paciencia, su apoyo, comprensión y amor brindados en todo mi recorrido.

Y muy especialmente a mi hija Ariadne Montserrat Trujillo Cabrera, por ser mi inspiración, mi fuerza y mi razón de ser en la vida.



## **AGRADECIMIENTOS**

Al CONACyT, por el apoyo financiero para la realización de los estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo por darme educación y formación académica.

Al posgrado de la DICEA por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios en la institución.

Al Dr. Arturo Salvador Perales, por su apoyo y consejo en la dirección del presente trabajo.

Al Dr. Manuel del Valle Sánchez por su apoyo y participación como asesor del presente trabajo.

Al Dr. Ignacio Caamal Cauich por su apoyo y participación como asesor del presente trabajo.

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

### **Datos personales:**

Nombre: Juan Trujillo Murillo

Fecha de nacimiento: 10 agosto 1989

Lugar de nacimiento: Celaya, Guanajuato. México.

CURP: TUMJ890818HGTRRN08

Profesión: Mc. Economía Agrícola y de los Recursos Naturales

Cédula profesional: 09692840

### **Desarrollo académico**

Bachillerato: Sistema Avanzado de Bachillerato y Educación Superior Chupícuaro

Licenciatura: Licenciatura en Economía Agrícola

Maestría: Maestría en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales

## RESUMEN GENERAL

### VALORACIÓN ECONÓMICA DEL AGUA DE LA PRESA SOLÍS, PARA USO AGRÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE ACÁMBARO GUANAJUATO<sup>1</sup>

En México el precio pagado por el agua para riego agrícola es inferior a su valor real, más aún si se consideran el total de los costos tanto económicos como de impacto ambiental. Al pagarse por debajo de su precio real, el agua para riego no se está utilizando de manera óptima, por lo que su disponibilidad futura se torna limitada e incierta. El objetivo principal de esta investigación fue estimar el valor real económico del agua para riego en la presa Solís en Acámbaro, Guanajuato, también contrastar los resultados de las metodologías de valoración utilizadas. El valor del agua para riego en la zona de estudio se calculó utilizando tres metodologías: el método de valoración contingente, contabilidad y análisis de costos y la programación matemática. La valoración contingente arrojó una DAP de \$1.00/m<sup>3</sup>, la programación matemática estimó un precio sombra equivalente a \$0.80/m<sup>3</sup> y el análisis de costos determinó un valor de \$0.80/m<sup>3</sup>. Finalmente se realizó una comparación entre los resultados de las metodologías, donde la DAP que los usuarios tienen es mayor al precio real, la programación matemática arrojó un precio sombra superior al precio actual del agua y el análisis de costos muestra que el precio actual del agua no cubre los costos en los que se incurre para obtenerla.

**Palabras clave:** valoración económica, DAP, programación matemática, precio sombra.

---

<sup>1</sup> Tesis de Doctorado en ciencias, Doctorado en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: M.c. Juan Trujillo Murillo

Director de tesis: Dr. Arturo Perales Salvador.

## GENERAL ABSTRACT

### ECONOMIC VALUATION OF THE SOLIS DAM WATER, FOR AGRICULTURAL USE IN THE MUNICIPALITY OF ACÁMBARO GUANAJUATO<sup>2</sup>

In Mexico, the price paid for the Water for agricultural irrigation is lower than its real value, even more if all the economic and environmental impact costs are considered. When it is paid under its real price, the irrigation water it is not being used in the optimal way, then its future availability is more uncertain and limited. The main objective of this research was to estimate the real economic value of the irrigation water in the Solis dam in Acámbaro, Guanajuato, also to compare the results of the used valuation methodologies. The irrigation water value in the study zone was calculated using three methodologies: the contingent valuation method, accounting and cost analysis and the mathematical programming. The contingent valuation threw a DAP of \$1.00/m<sup>3</sup>. The linear programming estimates a shadow price of \$0.80/m<sup>3</sup>, and the analysis of costs estimated a value of \$0.80/m<sup>3</sup>. Finally, a comparison between the results of the methodologies was made resulting in, the contingent valuation case, the DAP that the users have is higher than the real price, the mathematical programming shows a shadow price higher than the actual price of water, and the costs analysis, shows that the actual price of the water does not cover the costs to obtain it.

**Keywords:** economic valuation, DAP, mathematical programming, shadow price.

---

<sup>2</sup> Phd Thesis, PhD in agricultural economics, Universidad Autónoma Chapingo  
Author: M.c. Juan Trujillo Murillo.  
Advisor: Dr. Arturo Perales Salvador.

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

El hombre por su naturaleza social y su dependencia de los demás hombres para garantizar su subsistencia se ve obligado a actuar en conjunto para obtener su alimento y satisfacer sus necesidades básicas. Más allá de su subsistencia, la integración en grupos le permite generar las condiciones necesarias para desarrollarse en el medio que lo rodea.

La manipulación y adaptación de los recursos que existen a su alrededor para su beneficio lo relaciona con los demás seres vivos en la naturaleza en un sentido de competencia y territorialidad, lo que incrementa su necesidad de integrarse para confrontar las problemáticas y los competidores por recursos.

Los primeros esfuerzos de organización e integración social del hombre se remontan a los grupos nómadas conformados por tribus. Estos grupos se proveían de los recursos naturales que el medio ambiente generaba y que el hombre simplemente tomaba por medio de la recolección o la cacería, actividades que realizaban hasta que estos recursos naturales se agotaban. Después de abastecerse o extinguir los recursos disponibles, los grupos se retiraban de la zona y se establecían en otro refugio temporal para obtener su alimento y lo necesario para continuar con el mismo proceso una y otra vez.

Fue necesario aprender técnicas de cultivo y adquirir conocimientos agrícolas para terminar con esta forma de vida y comenzar un estado sedentario que les permitiera desarrollar sociedades con mayor complejidad. Una vez establecidos en una región que permitía el desarrollo de cultivos y poseía las condiciones climáticas óptimas para construir sus hogares se presentaba el problema generalizado del abasto y administración del agua.

El suministro de agua se convirtió en el principal problema de las civilizaciones, pues era necesario obtenerla de las fuentes de agua dulce como los ríos y lagos más próximos y, además transportarla en grandes cantidades que satisficieran sus

necesidades de consumo humano y para el riego de los cultivos. Esta problemática obligó a desarrollar técnicas de riego, almacenamiento y traslado de agua.

Aun cuando se hubieron desarrollado técnicas básicas para la optimización del uso del agua, los sistemas de producción de la época eran poco eficientes y muy limitados. Sin embargo, cumplían con su objetivo fundamental que era el de proveer alimentos a sus comunidades. Este conjunto de factores (sedentarismo, técnicas de producción y riego) permitieron el desarrollo de las primeras sociedades complejas delimitadas territorialmente donde se originó la primera clasificación social: personas libres y esclavos.

La clasificación social de hombres libres y esclavos generó un fenómeno económico que modificó completamente las condiciones y circunstancias de la época, la generación de un excedente. Este excedente provocó dos problemáticas, la primera y la más importante económicamente fue la apropiación, ya que el determinar quién se apropiaría de la producción excedente marcaría la pauta para una segmentación aún más grande de las clases sociales (fomentando la acumulación) e intensificaría los esfuerzos de aumentar los niveles de producción en aras de incrementar la riqueza del propietario. La segunda problemática fue que se hizo necesaria la generación de infraestructura que permitiera almacenar y comercializar el excedente.

Sin embargo, estos niveles de desarrollo no representaban ningún problema para la preservación y conservación de los recursos naturales, puesto que aún se encontraban en niveles limitados y hasta cierto punto en armonía con la naturaleza. “El modo asiático de producción y el esclavista utilizaron sistemas de riego muy importantes y complejos, logrando con ello alcanzar altos niveles de desarrollo en la agricultura. En el modo de producción feudal se producía para satisfacer las necesidades del feudo, no para negociar; la actividad principal era la agricultura, alrededor de la cual florecieron los oficios”. (Méndez, 2009).

Históricamente se considera a la agricultura y ganadería como la primer gran división del trabajo, la especialización de los oficios como segunda y el comercio

como tercera. Así con la creación de los oficios como modo de vida se generó la segunda división social del trabajo lo que a su vez permitió el desarrollo de la especialización. Los niveles de productividad en los procesos de producción se incrementaron considerablemente a través de la especialización lo que trajo consigo un incremento mayor en la producción.

A mediados del siglo XVIII, la cantidad producida ya superaba a la cantidad necesaria para satisfacer las necesidades de la población, lo que permitió generar productos exclusivamente para ser comercializados, cambiando ahora el objetivo inicial de la producción que era satisfacer las necesidades. En esta etapa histórica la producción se centra en la producción de mercancías (productos generados para venderse en el mercado) con el afán de obtener un lucro, lo que marca el inicio del llamado capitalismo.

La naturaleza del capitalismo propicia el rápido y continuo desarrollo de la tecnología para aumentar los niveles de producción y la productividad, lo que a su vez incrementa la necesidad de una mayor cantidad de materias primas para generar los productos. Las materias primas tomadas de la naturaleza para la producción son explotadas sin considerar su tasa de reposición (o renovabilidad) lo que genera un agotamiento de estos recursos naturales tanto renovables como no renovables.

Considerando que el incremento en la demanda de recursos naturales supera el grado de reposición de estos, lo que se conoce como sobre explotación, entonces la disponibilidad total de materias primas se restringe ya que la existencia real de recursos disminuye. Bajo estas condiciones todos los recursos naturales como minerales, flora y fauna, combustibles fósiles, etc. comienzan a agotarse.

Así para la producción, tanto agrícola como industrial, se han desarrollado sistemas para la optimización del agua que permiten disminuir su consumo. En el sector agrícola la utilización de sistemas de producción mediante el riego ha permitido a la agricultura (en los subsectores donde los sistemas de riego se han generalizado)

evitar la dependencia de los ciclos agrícolas de temporal y los problemas asociados al clima como lo son las sequías.

Sin embargo, la obtención del agua para riego es principalmente a partir de las aguas superficiales como ríos, lagos, represas y la extracción directa de los mantos freáticos, por lo que tanto los niveles de agua de los mantos freáticos y el caudal de los ríos han disminuido considerablemente.

Es en este contexto que se plantea la investigación sobre el uso del agua y su eficiencia en la Presa Solís de Acámbaro Guanajuato, destacando costos y beneficios de los usuarios, el papel del Estado como administrador, cuestiones ambientales y además se hace necesario considerar el agua como un recurso económico y asignarle un valor o precio, a fin de que en el proceso de producción se le considere como un factor productivo más y se vuelva eficiente su uso.

## **1.2. Justificación**

Para enfrentar los problemas que surgen del incremento en la demanda de alimentos, considerando una menor oferta causada por el crecimiento económico de los países en desarrollo, la utilización de alimentos para producción de biocombustibles y el crecimiento poblacional a nivel mundial, es necesario que se emprendan acciones tanto a nivel de política como en los procesos de producción para incrementar los niveles de producción de alimentos y optimizar el uso y distribución de los ya disponibles.

El conocimiento profundo del funcionamiento del sector primario permite emprender políticas adecuadas para solucionar los diversos problemas que impiden su desarrollo y crecimiento. Este conocimiento se logra a través de la realización de estudios científicos enfocados a entender las problemáticas reales y proponer soluciones o alternativas.

Los factores de estudio que generan un elevado impacto en el mejoramiento de las condiciones del sector productivo primario son en términos generales los relativos a la tierra, el trabajo y el capital. La implementación de proyectos productivos que



conlleven un sólido análisis financiero y de contabilidad permiten administrar los recursos económicos de manera óptima a fin de mejorar las ganancias de los productores. Las inversiones en capital humano y tecnología permiten incrementar los niveles de producción reduciendo tiempos y recursos necesarios, incrementando la competitividad del sector y los rendimientos en términos de producto e ingreso. En términos de recursos naturales como la tierra, el agua, el sol, etc. Las intervenciones posibles comprenden únicamente su administración y su conservación.

Ante la imposibilidad de incrementar la frontera agrícola y el agua disponible para su utilización es necesario incrementar los niveles de productividad en el sector primario para satisfacer el incremento de la demanda de productos agropecuarios, lo que implica optimizar el uso del agua en los procesos productivos para lo cual se debe calcular el valor real del agua como factor productivo, así como la contribución del agua al valor de la producción, para determinar un precio de mercado al agua y poder hacer eficiente su uso. “A nivel mundial, se extraen actualmente unos 3.600 km<sup>3</sup> de agua dulce para consumo humano, es decir, 1.600 litros/hab-día, de los cuales, aproximadamente la mitad no se consume (se evapora, infiltra al suelo o vuelve a algún cauce) y, de la otra mitad, se calcula que el 75 % se destina a la agricultura, el 25% a la industria y, tan solo el 10% a consumo doméstico”. (WWC, 2018)

Las investigaciones de carácter científico en el sector primario en torno a los recursos naturales permiten a los responsables de las políticas tomar decisiones y emprender acciones para incidir en el mejoramiento del sector a través de la asignación de recursos económicos que fomenten un eficiente uso de estos recursos naturales.

Los estudios de valoración económica de los recursos naturales en general permiten asignar un valor de mercado a aquellos recursos que no lo tienen de manera formal. El asignar un precio de mercado a un recurso propicia un uso óptimo del recurso y permite contabilizar el bienestar generado por su uso. “El sector agrícola representa aproximadamente el 70% de todas las extracciones de agua dulce a nivel mundial,

y más del 90% en la mayoría de los países menos desarrollados del mundo”. (WWC, 2018)

Las condiciones y niveles de utilización de agua de cada país dependen de los requerimientos que tienen los productos que se producen internamente, es por ello por lo que para analizar correctamente la situación del recurso agua se debe considerar el tipo de producción al que se dedica su sector primario. “En México, el 76.7% del agua asignada para uso consuntivo lo absorbió el sector agrícola, 14.2% el sector público y sólo el 4.2% el sector industrial”. (SEMARNAT, 2017)

En términos generales México (en su sector primario) es productor de cereales, carne, leche y huevo los cuales son los productos con mayor demanda de agua durante su proceso de producción. “Los cereales, la carne y la leche son los productos que más agua necesitan. Así, el 27% del agua se destina al cultivo de cereales, el 22% a la carne y el 7% a la leche. Dentro de estos productos: 1 kg de carne de vacuno requiere de 15.000 litros, 1 kg de carne de pollo 6.000 litros, 1 kg de cereales 1.500 litros, 1 kg de cítricos 1000 litros y 1 kg de legumbres y tubérculos 1000 litros”. (FAO, 2015)

El estudio económico del agua considerando su costo de oportunidad y la valoración del impacto ambiental que genera su uso son indispensables para fomentar un uso óptimo del agua, así como la correcta intervención, por medio de políticas, de las autoridades responsables de la toma de decisiones en torno al agua.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Actualmente la problemática del agotamiento de los recursos naturales se complica al incluirse el incremento poblacional a nivel mundial y con ello la creciente demanda de productos agrícolas para el consumo (tanto humano como para la industria ganadera). Sin dejar pasar los niveles de contaminación causados por la actividad humana.

La problemática generada por el agotamiento de los recursos naturales se ha extendido al grado de que recursos que antes no eran contabilizados

económicamente, por su abundancia, ahora son considerados escasos y se incluyen dentro de los costos de los procesos de producción, tal es el caso del agua. El agua es uno de los recursos que recién han sido motivo de preocupación por parte de los sistemas de producción capitalistas, ya que su disponibilidad real ha ido disminuyendo considerablemente, aunado a que el uso productivo del recurso se confronta con el uso de consumo humano directo, lo que acrecienta la problemática dado su carácter necesario para la vida en general y particularmente para la subsistencia de la vida humana.

Respecto a las políticas públicas existe la problemática de una escasa información de la situación actual del sector primario y la complejidad de esta. Además, el deficiente conocimiento sectorial por parte de las autoridades responsables de implementar las políticas profundiza la problemática. La gran diversidad de condiciones, tanto físicas como económicas, al interior del sector primario en México obliga a tomar acciones diferenciadas por zonas y tipos de productores lo que implica un mayor nivel de planeación de las políticas y mayores niveles inversión.

Aunado a la dificultad de emprender políticas que resulten efectivas, para solucionar los problemas centrales del sector primario en México, se encuentra el elemento tiempo. El aumento en la demanda de agua para la producción de alimentos, derivada del incremento poblacional, disminuye la disponibilidad del líquido para sus usos alternos lo que la convierte en un recurso escaso. Además del consumo humano, la producción de alimentos se ve presionada por su uso en la producción de biocombustibles, lo que deriva en una mayor presión sobre el recurso agua.

La problemática económica que afecta al recurso agua se complementa con el crecimiento de la producción de economías emergentes que demandan mayor cantidad de recursos naturales y por problemáticas sociales como el fenómeno de la urbanización y concentración poblacional.

Los países con economías avanzadas se enfrentan al problema mediante la utilización y generación de tecnologías que minimizan el desperdicio de agua en sus procesos productivos industriales y optimizan el uso en los procesos agrícolas como

lo son la producción hidropónica y sistemas de riego tecnificados o mecanizados. Sin embargo, los países en desarrollo se encuentran bajo condiciones diferentes en ya que no disponen de dichas tecnologías y no poseen los recursos económicos para adquirirlas, tal es el caso de México.

En el sector agrícola en México existen cuotas regionales (solamente en algunos estados o municipios) aplicables a los productores que incumplan en procesos de utilización del agua o generen desperdicio. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se realiza un seguimiento formal por parte de las instituciones responsables lo que deriva en que los productores no pagan dichas cuotas.

De lo anterior se puede concluir que la problemática de la utilización del agua como recurso productivo se encuentra principalmente el sector primario (agricultura y ganadería) por lo que los esfuerzos deben centrarse en este sector mediante mejoramiento de los procesos acorde a la optimización del agua, incluyendo el mejoramiento de los sistemas de riego en el caso de la agricultura.

En México es el gobierno el responsable de obtener y distribuir el agua, lo que significa que es la sociedad mexicana quien paga el costo relacionado al suministro de agua mediante el pago de impuestos. Sin embargo, el monto pagado de impuestos por persona no se encuentra estratificado, sino que cubre todos los servicios públicos brindados por el Estado lo cual hace que el precio que paga cada persona por la cantidad de agua que utiliza se torne prácticamente indetectable.

Esta situación provoca que el precio que las personas asignan al uso del agua sea cero (o cercano a cero) provocando un uso desmedido del recurso y por lo tanto ineficiente. Esto sucede tanto a nivel nacional como estatal.

Es en algunos estados de la república donde particularmente existen problemas serios con respecto al uso y disponibilidad del agua, ya sea por su ubicación geográfica (la lejanía de las costas, ríos y presas) o por los costos que su utilización representa. Entre estos estados se encuentran los ubicados al noreste, centro y

norte del país. Entre estos resaltan: Baja California, Valle de México y los estados con problemas de alta contaminación del agua como Guanajuato.

En el caso de los estados la diferencia a nivel regional disminuye, por ejemplo, en el sector primario en Guanajuato los productores implementan malas prácticas agrícolas que generan desperdicio de agua, además utilizan sistemas y métodos de riego que no optimizan el uso del agua. Lo que ocasiona que existan ineficiencias en los sistemas de producción que representan pérdidas económicas y sociales que podrían suprimirse si existiera completo conocimiento respecto a la situación actual del agua y se le contabilizara de forma correcta en los procesos productivos asignándole su valor real dentro de los costos de los productores.

En el estado de Guanajuato, la mayor parte de su extensión territorial se encuentra dentro de la región Lerma-Santiago-Pacífico, lo que le da una alta disponibilidad de agua con respecto al promedio del país. Sin embargo, existen problemáticas que disminuyen drásticamente su disponibilidad real de agua como lo son el hecho de que su precipitación media anual está por debajo del promedio nacional y tiene un elevado grado de contaminación de sus ríos.

Los niveles de precipitación son un problema con orígenes geográficos y naturales por lo que la posibilidad de acción es reducida. Sin embargo, la contaminación de sus recursos hídricos es una problemática con causas completamente antropogénicas por lo que la intervención de la sociedad en la problemática mediante acciones que propicien la disminución de los niveles de contaminación es una opción importante.

Dentro de la región se encuentra localizada la presa Solís, que es una de las presas más importantes a nivel nacional, estatal y regional por la dependencia de los productores de los municipios cercanos del agua de la presa para el riego de sus cultivos y demás actividades necesarias para su subsistencia. Así cuestiones como por qué la valoración económica del agua en la presa Solís repercutiría en su uso racional en el sector agrícola en el municipio de Acámbaro, o cómo impactaría la investigación en el bienestar o ingreso de los productores de Acámbaro y qué

estrategias de optimización se podrían implementar, además de cuáles tarifas serían adecuadas para las zonas de estudio, son las preguntas que guían la presente investigación.

Más allá de recuperar los recursos hídricos contaminados, es urgente la optimización de los recursos que aún quedan disponibles en condiciones óptimas para su utilización en la agricultura y en los demás sectores económicos. Esto ya que la utilización desmedida de los recursos restantes puede llevar a una escasez generalizada de agua en la zona. Así, para propiciar su utilización de manera económicamente óptima es necesario asignarle un precio que se rijan a través del mercado como cualquier otro bien.

#### **1.4. Objetivos**

- Estimar el valor económico del agua para riego en la presa Solís en Acámbaro, Guanajuato.
- Contrastar los resultados de las metodologías de valoración utilizadas (valoración contingente, programación matemática y análisis de costos).

#### **1.5. Hipótesis**

- El valor del agua para riego en la zona de estudio es superior a su precio actual, si se consideran el total de los costos económicos.
- Al pagarse por debajo de su precio real, el agua para riego no se está utilizando de manera óptima, por lo que su disponibilidad futura se torna más limitada e incierta.

#### **1.6. Resumen metodológico**

El valor del agua para riego de cultivos agrícolas en la zona de estudio se calculó utilizando tres metodologías: el método de valoración contingente, contabilidad y análisis de costos y, finalmente, la programación matemática. En los tres casos se contrastó el resultado de la valoración teórica con el valor asignado realmente, es

decir su precio de mercado. Finalmente se realizó una comparación entre los resultados de las metodologías.

Con el primer método (valoración contingente) se buscó mediante encuestas que los usuarios revelaran directamente el valor que le asignan al agua de uso agrícola, para lo cual se realizaron entrevistas personales en el que se emplearon cuestionarios con preguntas abiertas (a excepción de los datos personales), se preguntó acerca de la edad, escolaridad, ingreso, cultivo(s) y superficie cultivada como variables explicativas; y la cantidad de dinero que estaría dispuesto a dar por el agua y la disponibilidad a ser compensado (cantidad de dinero dispuesto a recibir) por dejar de usar el agua, como variables dependientes. Se utilizaron las herramientas estadísticas a fin de determinar adecuadamente la muestra a encuestar y el posterior análisis de los resultados.

Mediante la programación matemática se determinó la participación porcentual del agua de riego en el valor del producto generado, para ello se consideró un patrón de cultivos con información recopilada del DDR de la zona de estudio, en donde se incluyeron los principales cultivos y la totalidad de los costos de producción de cada uno de ellos. Las variables de decisión fueron los ingresos por tonelada de cada cultivo y los niveles de producción, y las restricciones fueron la superficie cultivable, el agua, el trabajo y el capital disponibles.

Se utilizó la teoría de costos para contemplar el total de los costos en los que se incurre para la administración del agua. Además, se generó una evaluación de impacto ambiental. La evaluación del impacto ambiental se generó utilizando un sistema matricial, (matriz de Leopold) en el cual se identificaron los componentes abióticos, bióticos y socioeconómicos potencialmente afectados durante alguna de las etapas. El procedimiento se condujo mediante un listado de amplio espectro sobre el alcance, los elementos y las acciones de la obra, que brinda un rápido referente de los impactos más relevantes y su importancia relativa.

El trabajo de campo directamente en la zona de estudio fue la principal fuente de información para la recopilación de los datos necesarios para la aplicación de los

métodos de valoración. Los datos recopilados fueron capturados y procesados mediante paquetes computacionales como los son Excel, SAS, WinQSB, entre otros. Y posteriormente analizados e interpretados siguiendo la teoría económica.



## CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. La valoración contingente

La valoración contingente surge con el trabajo de (Wantrup, 1947), en este artículo utiliza la técnica de valoración contingente como método para evaluar los beneficios de evitar la erosión del suelo. “Los individuos de una muestra o de un grupo social en su conjunto pueden ser cuestionados sobre cuánto dinero están dispuestos a pagar por cantidades sucesivas adiciones de un bien en mercado colectivo ficticio. Las opciones ofrecidas se relacionan con las cantidades consumidas por todos los miembros de un grupo social. Si todo el grupo social es interrogado, se agregan todos los valores y los resultados corresponden a una demanda de mercado”. (Wantrup, 1947)

En este sentido Wantrup propuso la elaboración de encuestas para aplicarlas a las personas de forma que expresaran su disposición a pagar para obtener una mejoría en calidad en un determinado bien. Este primer estudio no tuvo mucha relevancia sino hasta los años sesenta donde surgió una tendencia a adentrarse en los estudios de bienes ambientales, particularmente en los servicios recreativos que ofrecen las áreas naturales, así como en los servicios ambientales que de ellas se desprenden.

En esta década se realizaron múltiples estudios donde se utilizaba la valoración contingente como técnica para determinar la disposición a pagar de los individuos. Entre los estudios más prominentes se encuentran el de (Davis, 1963) en los Estados Unidos que elaboró como tesis doctoral en la universidad de Harvard. En este estudio Davis utilizó la metodología de la valoración contingente propuesta por Wantrup para determinar la disposición a pagar de los visitantes al Bosque de Maine a través de la aplicación de encuestas directas a los turistas que visitaban el bosque en otoño con fines de recreación.

La principal aportación de Davis fue la elaboración de una curva de demanda para el bosque con fines de recreación con base en las respuestas proporcionadas por

los entrevistados. De esta manera Davis elaboró por primera vez un mercado ficticio para un bien cuyo mercado no existía. (Davis, 1963)

Cuatro años después, (Ridker & Henning, 1967), utilizaron la metodología de la valoración contingente para determinar la disposición a pagar de las personas para disminuir los niveles de contaminación atmosférica.

El aporte principal de su estudio fue la utilización de dos tipos de encuestas con el fin de evaluar las variaciones en las respuestas ante escenarios diferentes. El resultado fue que tanto el formato de la encuesta como el planteamiento y diseño de las preguntas afectaban considerablemente la respuesta de los entrevistados. Los autores señalaron la necesidad de elaborar cuestionarios con alta rigurosidad y que se debía poner particular énfasis en el diseño de las encuestas contemplando cuestiones psicológicas de las personas que pudieran afectar sus respuestas.

Ese mismo año, (Krutilla, 1967), propuso una reformulación en los conceptos que estructuran la metodología de la valoración contingente. Primeramente, consideró necesario establecer una diferenciación en las medidas con que se evalúa el valor de los bienes y servicios ambientales para lo cual estableció las categorías de disposición a pagar y disposición a aceptar (en la primera el individuo se desprende hipotéticamente de una cantidad a cambio de recibir un beneficio de la naturaleza y en la segunda el individuo recibe una cantidad a cambio de no beneficiarse de dicho beneficio). (Krutilla, 1967)

En segundo término, postulo la utilización de una categoría llamada *valor de existencia* donde establecía un valor más allá del uso o beneficio que un bien ambiental pudiera proporcionar. El trabajo de Krutilla fue un parteaguas en la teoría de la economía ambiental.

A partir de este trabajo el centro de atención de los estudios sobre la disposición a pagar estuvo en el valor recreativo de los servicios ambientales y el valor de opción de estos, tratando de incluir las innovaciones teóricas propuestas por Krutilla, utilizando variantes de la metodología de la valoración contingente.

Durante esta década se realizaron numerosos estudios, entre ellos el de (Weisbrod, 1964), donde se evalúan los servicios de consumo colectivo de los bienes de consumo individuales, el de (Mack & Myers, 1965) donde se proponía una medición de beneficios las inversiones del gobierno, el de (Miles, 1966), que consideraba el conjunto de lagos de la zona norte del estado de Nevada en Estados Unidos y la zona desértica de parte oeste del estado.

Artículos importantes se destacaron en la época como el trabajo de (LaPage, 1968), que habla sobre el papel del cobro de honorarios en las decisiones de los campistas, la tesis de maestría de (Sarja, 1969), donde realiza un estudio sobre el uso de recreación y el valor de la recreación del lago Lappjärvi y el lago artificial de lago en Venetjoki).

En esta etapa el valor de existencia tomo un papel relevante en la valoración contingente. “En los años setenta surgieron otros investigadores del área de la economía ambiental y los recursos naturales, que emplearon la valoración contingente para estimar el valor de existencia de distintos bienes ambientales. Algunos de estos estudios fueron: *Reducción de la congestión en áreas silvestres* de (Cicchetti & Smith, 1973), *Derecho a la caza de aves acuáticas* por (Hammack & Brown, 1974), *Mejora de la visibilidad en el sureste* de (Randall, Ives, & Eastman, 1974) y *Valor de los permisos de caza de patos* escrito por (Bishop & Heberlein, 1979)”. (Garzón, 2013)

Durante esta década (Arrow & Fisher, 1974) generaron un análisis sobre la preservación del medio ambiente, la incertidumbre y la irreversibilidad donde propusieron el concepto de cuasi opción como un elemento más para ser considerado en la metodología de la valoración contingente. En su trabajo analizaban la manera de evaluar los beneficios de un área natural virgen, contrastando los beneficios futuros de preservarla contra el establecimiento de un área comercial. (Arrow & Fisher, 1974)

Para la década de los ochenta, el amplio desarrollo de la metodología de valoración contingente logrado durante la década de los setenta provoco gran interés en los

investigadores en el área de la economía ambiental lo que generó que los teóricos indagaran en el estado del arte en el que se encontraba la metodología.

En torno a esto se publicaron varios artículos donde se analizaba la estructura teórica de la valoración contingente, los resultados de los artículos coincidían en las ventajas y características positivas que poseía la metodología lo que fomentó su utilización en la valoración económica de los recursos naturales.

El estudio más importante fue el realizado por (Hanemann, 1984), donde utilizó la metodología de valoración contingente con base en la teoría de la economía del bienestar y a partir de ello estructuró el fundamento teórico de la valoración contingente.

A partir de los resultados positivos de los artículos sobre la evaluación del estado de desarrollo de la valoración contingente y de la estructuración teórica del trabajo de Hanemann, la metodología de la valoración contingente se aceptó como una técnica sólida teóricamente y con validez práctica. Esto fomentó su utilización en la toma de decisiones por parte de las autoridades responsables de los recursos naturales y de las políticas ambientales.

En la década de los noventa, los estudios sobre la metodología de la valoración contingente se centraron en el instrumento de recopilación de información, es decir las encuestas, y la forma correcta de su estructuración y aplicación. Las críticas a la metodología giraron también en torno a la información que se recopila a través de las encuestas. “La valoración contingente es sensible a muchos factores que redundan en sesgos de concepción y aplicación de la técnica. La existencia de estos sesgos puede afectar la confiabilidad de los resultados. Además, por la diferente valoración, se debe considerar en que caso un método es más apropiado que otro para medir el excedente de los consumidores”. (Ferrán & Balestri, 2001)

Estas consideraciones fueron consideradas en los estudios siguientes como en el caso del realizado por (Del Saz & García, 2001); donde en un intento de superar estas complicaciones adaptaron un enfoque no paramétrico aplicándolo a la

Valoración Contingente. “Para estimar los beneficios sociales de un conjunto de mejoras ambientales y ante una alta tasa de respuestas cero, ya que los modelos tradicionales (Logit y Probit) no son adecuados, se utilizó el modelo Spike, además del enfoque no paramétrico para probar la validez del modelo, llegando a la conclusión de que el modelo Spike es el más adecuado, para una encuesta con un número elevado de respuestas cero.” (Del Saz & García, 2001)

Mas allá de las variantes metodológicas generadas a partir de la valoración contingente, las áreas de aplicación han crecido de igual manera aplicándola a diversos tipos de bienes y recursos, uno de los más representativos es el caso del agua. Así, (Ribaudó, 1989) analizó el daño generado por erosión en las llanuras de Texas, Oklahoma, Colorado, Kansas, Nebraska, Wyoming, Montana, Dakota del Sur y Dakota del Norte; obteniendo que “el daño por erosión es de \$3 por tonelada métrica en promedio”. (Ribaudó, 1989)

Otro caso es el de (Abdalla, Roach & Epp, 1992), donde estimó los costos de la degradación del agua subterránea en Pensilvania, Estados Unidos, concluyendo que: “El conocimiento de los hogares sobre la contaminación, la percepción del riesgo y la presencia de niños determinan la disposición a emprender acciones de evitar la degradación del agua”. (Abdalla, Roach & Epp, 1992).

Ese mismo año (Caudill, 1992) en su tesis doctoral, a través del método de valoración contingente, propuso una valoración de las políticas de contaminación de las aguas subterráneas, diferenciando los impactos de la prevención y Remediación. “Donde obtuvo una disposición a pagar de \$50 en promedio por la prevención de la contaminación de las aguas”. (Caudill, 1992)

Al respecto (Crutchfield, 1997), utilizó el método para estimar la disposición a pagar por mejor calidad de agua potable, para lo cual aplicó 800 encuestas a los habitantes de Indiana, Nebraska, River Valley y Washington, obteniendo que: “Los consumidores estarían dispuestos a pagar de \$ 45 a \$ 60 por hogar por mes por un filtro que redujera los nitratos en el agua potable a niveles considerados seguros, si

su agua potable excedía el estándar de seguridad mínimo de la EPA". (Crutchfield, Cooper & Hellerstein, 1997).

En 2007 se publicó el artículo de (Abdul, Eatzaz & Krishna, 2007) Donde analizaron la DAP de los habitantes de la ciudad de Hyderabad, obteniendo como resultado que "El nivel educativo de las mujeres en comparación con el de los hombres, tiene un efecto más significativo en el uso de cualquier método de purificación, incluso más costoso. Además, el nivel de educación es un factor más importante que el nivel de ingreso para determinar la DAP". (Abdul, et al, 2007)

En los últimos años se han realizado investigaciones que retoman las aplicaciones de los noventas, tal es el caso del estudio de (Anne, Ancog, Obalan, Dale, Nowell, Rozeni, Bactong, Lunar, Rhene & Sugui, 2016), en el cual estiman la DAP por la restauración de la calidad del agua del lago Sampaloc, ubicado en San Pablo, Filipinas, "obteniendo que el 71% de los habitantes de la zona están dispuestas a pagar \$4 mensuales en promedio por restaurar la calidad del agua". (Anne, et al, 2016).

## **2.2. Programación matemática**

Para generar una estimación adecuada del valor económico del agua es necesario utilizar metodologías que se complementen entre ellas con el afán de obtener resultados más fiables. "Existen numerosas metodologías alternativas para la valoración económica del agua en la agricultura de regadío, como el método residual (net-back analysis), los basados en funciones de producción, los basados en modelos econométricos, los basados en métodos de preferencias expresadas, los basados en el análisis de precios hedónicos, etc. (Amigues et al., 1994; Young, 2005). De todos los métodos, la modelización mediante programación matemática es la opción más eficiente para la modelización económica de la agricultura de regadío propuesta en este estudio, ya que es útil para determinar las funciones de demanda de agua en sistemas agrarios con más de un cultivo y requiere de menos datos que otros métodos más costosos (Young, 2005). De hecho, los modelos de

optimización son los más utilizados para el cálculo de las funciones de demanda de agua en la agricultura (Bazzani et al. 2005)". (Martínez, 2015).

La programación matemática consiste esencialmente en la adecuación de modelos matemáticos que describen el comportamiento de los factores que intervienen en el fenómeno estudiado. "La modelización de la producción agraria mediante programación matemática se basa en el uso de modelos de optimización que asignan superficie, agua y otros factores de producción entre distintas actividades de cultivo, siendo posiblemente el método más adecuado en sistemas agrarios con más de un cultivo". (Young, 2005).

Un ejemplar útil sobre a aplicación de la programación matemática en las diferentes áreas es el de (Castillo, Conejo, Pedregal, García & Alguacil, 2002) que expone las herramientas para la aplicación de modelos matemáticos a la ingeniería y la ciencia. Y el de (Baldovín & Berbel, 2012) que presenta una revisión de metodologías de estimación de la demanda del agua de riego, a través del uso de los modelos matemáticos y programación. O desde una visión económica el artículo de (Albiac, Tapia, Meyer, Hanemann, Mema, Calatrava, Uche & Calvo, 2008) quienes: "Estiman la importancia económica del regadío en la parte de la cuenca correspondiente a las provincias de Alicante, Almería y Murcia en 1.070 M€/año de ingresos para los agricultores, y en 536 M€ de renta neta anual". (Albiac et al., 2008)

Posteriormente, (Calatrava & Martínez, 2012) analizan el valor económico de uso del agua en la agricultura de regadío de la cuenca del Segura, obteniendo: "Valores marginal y medio del agua de 0,52 €/m<sup>3</sup> y 0,81 €/m<sup>3</sup> respectivamente para el conjunto de la cuenca (con notables diferencias entre zonas) y estimando en 879 M€/año la rentabilidad privada media del regadío de la cuenca, medida en términos de margen neto". (Martínez, 2015). Y la publicación de (Albiac et al., 2006) donde se analizan los problemas económicos de la planificación hidrológica, en la cuenca del Segura en España.

Se ha publicado gran cantidad de artículos en los cuales se utiliza la programación matemática para analizar el agua de riego desde diferentes perspectivas, por

ejemplo, el artículo de (Leyva, 2002), donde realiza un estudio de caso en el valle de Guadalquivir en Andalucía, España. O el de (Requena & Martínez, 2012) quienes estiman el valor del uso del agua de la cuenca del Segura como riego en la agricultura de la región, y el de (Berbel & Mesa, 2007) quienes realizan lo propio en la cuenca del Guadalquivir. El artículo de (Gohin & Chantreuil, 1999), en el cual se exponen los postulados para una correcta aplicación de las teorías y modelación en el ámbito agrícola.

Destaca la utilización del método de valor residual para la valoración del agua para riego presentado en el trabajo de (Berbel, Mesa & Pistón, 2011), donde se estima el valor del agua mediante la programación matemática siguiendo un modelo residual. Además, el artículo de (Alcalá & Sancho, 2002), en el que se expone mediante modelación matemática la situación del agua en Murcia, España.

Otra variante de la modelación de las demandas de agua es la aplicación en agua de uso consuntivo en los hogares, como en el artículo de (Yamanaka, Tzatchkov, Bartual, Buchberger, Cortés & Rodríguez, 2008) quienes generan una función de demanda de agua para los hogares mediante un modelo estocástico tipo Neyman-Scott. Del mismo ámbito de estudio se encuentra la publicación desarrollada por (Yamanaka, Tzatchkov & Bourguett, 2008) donde se aplica la programación matemática para analizar el consumo de agua potable de los hogares.

Además de la publicación de artículos con enfoque económico, pero con variantes técnicas como el caso de (Martínez, Maestre, Calatrava & Martínez, 2011) denominado el impacto económico de las pérdidas de agua por evaporación, realizado en la reserva La Segura, ubicada en España, donde a través de modelos matemáticos proponen una estimación del valor económico del agua. Bajo esta misma perspectiva se encuentra la publicación de (Maestre, et al, 2013) donde se profundiza en el tema de la evaporación del agua en la reserva La Segura, escribiendo un análisis socio económico con un enfoque de sustentabilidad y sostenibilidad. Y el de (Martínez & Calatrava, 2014), donde con la utilización de la programación matemática analiza las estrategias administración de aguas en los acuíferos.



El caso de la evaluación de los sistemas agrícolas de manera integral con la aplicación de modelos econométricos, como el trabajo de (Antle & Capalbo, 2001), donde se analiza desde una perspectiva global la producción y los recursos utilizando la modelación matemática. El artículo de (Hazell & Norton, 1986), donde se plantean las herramientas para la aplicación de la programación en el sector primario. O el de (Hexem & Heady, 1978), en el cual se exponen modelos matemáticos para el análisis del uso del agua en la producción agrícola.

Del mismo modo el artículo de (Cai & Rosegrant, 2004), donde se estudia el caso de la utilización del agua para riego del Rio Maipo ubicado en Chile, a través de modelos de elección. En el mismo sentido el trabajo de (Dalton, Porter & Winslow, 2004), donde el tema de la incertidumbre se aborda mediante la administración del riego utilizando seguros agrícolas y riego complementario.

Destacan los artículos de (Johansson, Prasanna, Mulla & Dalzell, 2004), donde a partir del uso de modelos en la agricultura se proponen políticas para el sector, el de (Llewelyn & Featherstone, 1997), en el cual se elaboran modelos matemáticos en la producción de maíz, como un estudio de caso en el este de Kansas, Estados Unidos y el artículo de (Mapp & Eidmann, 1976) donde se aplican modelos matemáticos y econométricos para el análisis y administración del uso del agua para riego.

### **2.3. Método directo de valoración (contabilidad de costos)**

La valoración del medio ambiente y de los recursos naturales, como lo es el agua, es generalmente realizada mediante las técnicas de simulación de mercados y programación matemática, sin embargo, los métodos directos tradicionalmente utilizados para todos los bienes comerciables en el mercado son también útiles para la asignación de valor y precio a estos bienes. Al respecto (Reinhardt, 2000) a través de la aplicación de los principios empresariales a la gestión ambiental, expone la factibilidad de utilizar los principios económicos y las herramientas en la administración de los recursos naturales, en aras de optimizar su uso.

La óptima utilización del agua para riego en la agricultura permite generar bienestar en términos económicos y sociales. “Las políticas de subsidio al agua han permitido a los agricultores optimizar el uso del agua a través de políticas que igualan su precio con el costo social real”. (Jalota, Sood, Vitale & Srinivasan, 2007).

Uno de los principales estudios que analizaron el precio del agua en México fue el de (Schramm & Gonzales, 1977), donde se presenta que: “Los agricultores pagan, en promedio, menos del 10% de los costos reales del agua. La eficiencia en el uso del agua es menor al 50%, pero es marcadamente mayor en distritos de riego por volumen en comparación con aquellos con cargos fijos de agua”. (Schramm & Gonzales, 1977)

Desde una perspectiva analítica y comparativa se publicó el artículo de (Pitton, Hall, Haver, White, & Oki, 2018) donde se realiza un contraste entre los costos del agua no tratada con respecto al agua reciclada, obteniendo que: “El costo del agua suministrada por el municipio osciló entre \$ 2.26 y \$ 2.91 por 1000 galones (3785 L). El sistema de captación y reciclaje de agua los costos de construcción e infraestructura representaron una gran parte del costo del agua reciclada. El costo del agua reciclada fue de entre \$ 0.92 y \$ 1.21 por 1000 galones (3785 l)”. (Pitton, Hall, Haver, White & Oki, 2018).

Con este mismo enfoque se realizó la publicación de (DeVicentiss, Brumfield, Gottlieb & Johnson, 2015), donde se evalúa el uso del agua como un caso de estudio en New Jersey, Estados Unidos.

Algunos artículos representativos sobre la administración del agua de riego a través de los precios son los de (Ait, 2002), que habla sobre los efectos de la aplicación de políticas de precios en el agua para riego en grandes extensiones, como un estudio de caso en la ciudad de Morocco. El de (Altieri, 2001), donde se exponen las características de este tipo de administración del agua y los beneficios generados a los productores, y el de (Asad, Azevedo, Kemper & Simpson, 1999), donde se realiza un estudio de caso en Brasil y se analizan las opciones de fijación de precios en el agua.

Un trabajo reciente es el de (Raudales, Fisher & Hall, 2017), en este artículo se genera una evaluación de los costos del agua considerando el tratamiento de esta para el uso de la agricultura protegida. O el de (Molle, 2009), en este artículo se realiza un análisis general acerca de la relación entre la aplicación de cuotas al agua, el precio del agua y su utilización, en el cual se expresa: “La subvaloración del agua de riego se identifica frecuentemente como la causa principal del uso excesivo de agua para el riego. Se cree que los precios más altos tienen el potencial de promover la conservación. Los cambios en el comportamiento del usuario se basan en una relación cuantitativa entre las cargas de agua y el uso de volumen, pero el manejo volumétrico es bastante raro en la práctica”. (Molle, 2009)

La contabilidad de costos usualmente ignora los daños ambientales y demás externalidades, que actualmente se encuentran en el centro de la teoría de valoración y fijación de precios.

#### **2.4. Medición de impacto ambiental**

La medición del impacto ambiental es propuesta por primera vez en Estados Unidos por la Agencia de Protección Ambiental creada el 2 de diciembre de 1970, a través de la *Ley Nacional de Política Ambiental*, cuyo objetivo es: “Proteger la salud humana y el medioambiente, mediante el Plan Estratégico que describe cómo lograr que: Los estadounidenses tengan limpios el aire, la tierra y el agua, reducir los riesgos medioambientales, proteger los recursos naturales y los factores que sean considerados en el establecimiento de la política ambiental”. (EPA, 2019). “Las Evaluaciones del Impacto Ambiental (EIA) nacen en los países industrializados y especialmente en Estados Unidos, como herramientas metodológicas orientadas a buscar una cuantificación sistemática de los efectos que sobre la calidad del medio ambiente tienen las actividades humanas”. (Leal, 1986)

En México actualmente la reglamentación equivalente es la: *Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, creada por la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión y cuyo responsable de llevarla a cabo es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El objetivo de esta ley es: “La

preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, y propiciar el desarrollo sustentable para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar. Para efectos legales se define el Impacto ambiental, como: cualquier Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. (Cámara de Diputados, 2015)

Cada país en el mundo posee su propia legislación al respecto, sin embargo, las primeras metodologías utilizadas para la medición del impacto ambiental en general fueron las siguientes: “La matriz de Leopold, Superposición de mapas, El sistema de evaluación ambiental de Battelle y los modelos de simulación” (Gallopín, 1978).

Estas metodologías son una propuesta rápida a la medición de impacto ambiental ya que no presentan elevado grado de complejidad. “La matriz de Leopold (ML) fue desarrollada en 1971, en respuesta a la Ley de Política Ambiental de los EE. UU. La ML establece un sistema para el análisis de los diversos impactos”. (Ponce, 2011). Así, “El análisis no produce un resultado cuantitativo, sino más bien un conjunto de juicios de valor. El principal objetivo es garantizar que los impactos de diversas acciones sean evaluados y propiamente considerados en la etapa de planeación del proyecto”. (Leopold, Clarke, Hanshaw & Balsley, 1971).

La evaluación de impacto ambiental tomó importancia entre la comunidad científica al obtener una justificación práctica en la relación existente entre el bienestar de la sociedad y la degradación del medio, esta relación se puso de manifiesto a partir de trabajos como el de (Laver & Seskin, 1970), titulado: Air pollution and human health, el de (Lader, 1971), denominado: Breeding ourselves to death, el de (Eckholm, 1977), llamado: The picture of health: Environmental sources of disease, y el de (Amory, 1977), titulado: Soft energy Paths: Toward a durable peace, donde establecen los impactos negativos, como las enfermedades, de la contaminación en la salud. Esta corriente llegó a los países de América Latina, y se generaron trabajos como el de (Galeano, 1974), titulado: Las venas abiertas de América Latina, y el de (Sunkel & Alvarado, 1983) donde

expone los Estilos de desarrollo, energía y medio ambiente, postulando su aplicación en los países de América Latina.

Los primeros trabajos encaminados al análisis de las metodologías de medición del impacto ambiental fueron el de (Munn, 1979) denominado: Environmental impact analysis: Principles and procedures (Análisis del Impacto Ambiental: Principios y procedimientos), y el de (Wilev & Holling, 1979), titulado: Adaptive environmental assessment and management, donde reúnen los conceptos generales y las primeras metodologías utilizadas para la medición del impacto ambiental.

A partir de entonces, durante la década siguiente aparecieron diversos trabajos orientados a evidenciar la pérdida y contaminación de los recursos, iniciando una tendencia a politizar la degradación medio ambiental tal es el caso de (Allen, 1980), donde se proponen estrategias para la conservación del medio ambiente, el de (GEMS, 1980) orientado a la medición de la calidad del aire, también el de (Gligo, 1981), que trata sobre los diferentes estilos de desarrollo, modernización y medio ambiente en la agricultura latinoamericana, y el de el de (Toledo, 1983), orientado al tema del ecologismo sugiriendo una crítica a las políticas económicas. Un año después se publicó el trabajo a cargo de (Rosenblatt, 1984), postulando la existencia de una crisis medio ambiental que se extendía a nivel mundial, realizando una nueva tendencia de preocupación ecológica. Para el caso de México, se publicó el artículo llamado política ambiental en México y su dimensión regional, donde se describió que: “Impulsado por factores internos y por tendencias externas el Estado mexicano creó, una política ambiental. Ésta fue la conjunción de construcción de saberes ecológicos y normatividad asociada a los mismos, y construcción de acciones colectivas en regiones”. (Micheli, 2002)

Bajo este contexto el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), desarrollan el proyecto: “Incorporación de la dimensión ambiental en los procesos de planificación del desarrollo; estudios de casos, aspectos metodológicos y cooperación horizontal, adscrito a la Unidad Conjunta CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente y que se lleva a cabo con la

colaboración del Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES), a partir del cual surge el documento titulado: Las evaluaciones del impacto ambiental como metodologías de incorporación del medio ambiente en la planificación. Texto que describe los Métodos más utilizados en un primer paso para generar una adaptación de éstos a los problemas ambientales de la región”. (CEPAL, 1985).

Recientemente se han realizado estudios utilizando la matriz de Leopold como el de Crespí, J, quien propone la Matriz como instrumento de análisis de políticas ambientales, “Y la utiliza para establecer un diagnóstico ambiental a partir de las noticias aparecidas en la prensa”. (Crespí, 2000). El trabajo de (Bau, Carcases & Gola, 2017) en el cual se analiza el impacto ambiental generado por la operación de un depósito de residuos sólidos en la ciudad de Katenagua, Angola; utilizando el método de criterios relevantes integrados (CRI), el de (Femeninas, 2017) donde se analiza el impacto ambiental en función de los causales y no de las causas. El análisis de Portilla & Vizcón que estudia los impactos de la codigestión de residuos orgánicos en el municipio de Coatzacoalcos de Veracruz, “obteniendo como resultado un alto impacto ambiental benéfico (39,8 según Matriz de Leopold)” (Portilla & Vizcón, 2017)

Las críticas a los diferentes métodos continúan en debate, sin embargo, la adaptación de los métodos y la complementación de todos ellos desde las diferentes posturas teóricas permite seguir avanzando en el mejoramiento de las técnicas, métodos y teorías.

## **CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO**

El presente capítulo está conformado por 7 apartados. En el primer apartado denominado la relación del hombre con la naturaleza, se expone la interacción que se genera entre el ser humano y la naturaleza para la satisfacción de sus necesidades, este apartado aborda desde una óptica económica que considera la relación del hombre con la naturaleza como una relación de codependencia. En el segundo apartado se expone la teoría del valor desde sus orígenes hasta la concepción moderna, además de abordar a la teoría neoclásica de la escasez con particular énfasis en sus principales postulados y representantes, considerando que a partir de esta corriente teórica se generan los conceptos básicos de la economía moderna, esta sección se presenta como un puente teórico para dar paso al tema del tercer apartado. El tercer apartado describe las metodologías de valoración existentes para el caso del medio ambiente y de recursos naturales para los cuales no existe un mercado real. El cuarto apartado aborda el tema de la valoración contingente que es una de las concepciones teóricas sobre las cuales se desarrolló esta investigación. El quinto apartado describe la metodología de programación matemática como una alternativa para la valoración del agua para riego en la agricultura. El sexto apartado describe la teoría de costos, que permite contrastar la teoría de la valoración contingente con su contraparte. El apartado final analiza el tema de la evaluación de impacto ambiental, este quinto apartado señala la importancia de incluir el impacto ambiental derivado del deterioro de los recursos naturales que se genera durante los procesos de producción.

### **3.1. Relación del hombre con la naturaleza**

La característica distintiva del hombre sobre el resto de los integrantes del reino animal le ha permitido el desarrollo de la ciencia y la tecnología, beneficiándose de ello para transformar el medio ambiente en el que se encuentra inmerso adaptándolo en su beneficio y generando las condiciones para que su entorno sea seguro y placentero. Sin embargo, la dependencia del hombre con la naturaleza respecto a la obtención de los bienes que requiere para su alimentación lo

condiciona a preservarla frenando así su capacidad transformadora y obligándolo a no destruirla o modificarla por completo.

A pesar de la lógica implícita en la conservación del medio ambiente la sobreexplotación ha deteriorado los recursos naturales. “La relación de los seres humanos con el medio ambiente siempre ha sido recíproca. Los hombres utilizaron su ambiente para satisfacer sus necesidades físicas y culturales de la misma manera que todas las sociedades humanas lo hacen, pero, o bien no se percataron o no atendieron al requerimiento de mantener el equilibrio de sus “sistemas”, de asegurarse de que nuevos árboles crecieran en los sitios donde se talaba a los árboles viejos, por ejemplo. Cuando la tasa de uso sobrepasa la tasa en la cual puede renovarse un recurso, dicho recurso disminuirá y acabará por desaparecer, afectando a todas las personas, animales y plantas que dependen de él”. (Strange & Bayley, 2012)

Es por esta dependencia del hombre hacia los recursos naturales y su interrelación con el medio ambiente (como elemento que lo integra) que es necesario valorar el beneficio obtenido de los bienes que consume a partir de la naturaleza. Además, aun analizándolo desde una perspectiva completamente económica conocer el valor de la contribución de los recursos naturales, mediante los bienes obtenidos de ellos, al crecimiento de la economía permite optimizar tanto su uso como los procesos productivos internalizando los costos y las llamadas externalidades.

Ante la necesidad real de una justificación teórica a esta problemática surge la economía ambiental. “La economía ambiental es una disciplina que pretende establecer las bases teóricas que permitan optimizar el uso del ambiente y de los recursos ambientales en el marco de los instrumentos de mercado. Existen una serie de bienes y servicios generados por los ecosistemas que no son reconocidos en los sistemas de mercado, por lo que no tienen precio, son los denominados bienes públicos, a los que se considera externalidades ambientales, es decir, efectos indirectos de una actividad de producción y/o consumo sobre la función de utilidad. De este modo, el procedimiento de análisis tradicional se extiende ahora a la cuantificación de las externalidades ambientales generadas en el proceso



económico para internalizarlas en la economía”. (Álvarez, Lomas, Martín, Louit, Montoya, & Montes, 2005)

La forma de producir en el sistema capitalista, que es el sistema de producción actual, desliga la relación del hombre con la naturaleza y menosprecia la dependencia que tiene el ser humano de ella, tanto para satisfacer sus necesidades como para sustentar su propia existencia. Si existiese una preocupación real acerca de la destrucción y contaminación de los recursos naturales que se genera a partir de la producción de las mercancías, se podrían establecer maneras de producir que permitieran conservar y preservar los recursos.

Siguiendo esta idea algunos autores consideran que: “La economía ambiental, en particular, debe estar anclada en el desarrollo sustentable, donde la sustentabilidad del desarrollo desemboca tanto en el tema del balance Inter temporal como en el balance espacial que debería existir entre las distintas formas de capital que participan en el desarrollo y que, también, han formado la base del crecimiento económico”. (Sfeir, 2009)

Sin embargo, el capitalismo no considera la sustentabilidad como una premisa para la dinámica de la economía. En realidad, se considera al medio ambiente como: “Un conjunto de condiciones naturales que cumplen cuatro funciones: Un bien de consumo (aire, agua, espacio), proveedor de bienes (insumos para la producción), receptor de desechos y finalmente espacio para la ubicación del sistema económico, es decir, tierra para ubicaciones industriales y residenciales, tierra agrícola y tierra para infraestructura”. (Siebert & Springer, 2008)

Esta ideología genera una degradación ambiental tan grave al grado de generar una crisis. “La crisis ambiental es la crisis de nuestro tiempo. Es la crisis de la razón de la modernidad reflejada en la naturaleza. Es la crisis del pensamiento y de las formas de conocimiento con las que hemos construido y destruido el mundo y nuestros mundos de vida. El dislocamiento de la racionalidad económica devasta la naturaleza, invade la vida, rompe los ciclos económicos y degrada el ambiente”. (Left, 2004)

Bajo la consideración de que el sistema capitalista se rige por el principio de máxima ganancia, es necesario que la regulación de la utilización y aprovechamiento de los recursos naturales se oriente a proporcionar incentivos para incidir en las decisiones de los agentes económicos, particularmente en los beneficios que obtienen de utilizarlos. La economía ambiental aporta herramientas para establecer incentivos y tomar decisiones en términos de políticas para confrontar la problemática de la conservación de los recursos naturales.

A partir de este enfoque, se desarrolla la economía ecológica que estudia la degradación de los recursos naturales causada por la actividad económica del hombre desde una perspectiva alterna que analiza la problemática desde una óptica donde el centro de su estructura conceptual no es la actividad económica ni el hombre, sino que estos son parte de un ecosistema. “La economía ecológica, centrada en la utilización, gestión y conservación sostenible de los recursos naturales, renovables o no, supone la inclusión de restricciones ecológicas dentro del marco económico general”. (Mondéjar & Vargas, 2018)

En este sentido se reduce la importancia del ser humano y las actividades que realiza a un simple elemento de un todo, en el cual el hombre es solamente un engrane del sistema e incluso, visto desde esta óptica, la vida humana misma puede llegar a ser catalogada como perjudicial para el ecosistema ya que su capacidad destructiva pone en riesgo la estabilidad y la existencia misma del sistema.

A diferencia de la economía ambiental, la economía ecológica postula que no posible obtener un valor económico por los recursos naturales ya que estos no están sujetos a la economía sino al contrario la economía depende por completo de la existencia de recursos naturales para funcionar. En consecuencia, lo que podría proponerse es una metodología que genere una comparación de los usos alternativos de los recursos naturales estableciendo un valor que sea posible contabilizar en la economía. “Las acciones de los individuos en una situación operativa, afectan de manera directa el mundo físico, se extraen unidades de recurso de uso común y los insumos se convierten en insumos y se intercambian bienes, en este nivel ocurren problemas de apropiación y provisión” (Ostrom, 2000)

Ambas formas de pensar son severamente criticadas en algunos aspectos. En el caso de la economía ambiental la crítica obvia es ignorar la importancia de los recursos naturales más allá de un insumo en la producción sino como una condición necesaria para el funcionamiento de la economía. Además, su visión es reduccionista puesto que no considera al funcionamiento de los ecosistemas como un todo en el cual la economía humana es solo una parte. “Por otro lado, a la economía ecológica se le acusa de reduccionismo naturalista y de excesiva utilización de la teoría ecológica, excluyendo el contexto social o de preferencias subjetivas de la valoración. Además, se critica que la metodología es poco definida, cambiante y que presenta grandes incertidumbres, como que también que se aleja de los problemas de gestión cotidianos y de la organización económica actual”. (Álvarez, et al, 2005)

Sin embargo, existen autores que afirman que la problemática ambiental va más allá de la simple afectación de los ecosistemas. “La problemática ambiental emerge como una crisis de civilización: de la cultura occidental; de la racionalidad de la modernidad; de la economía del mundo globalizado. No es una catástrofe ecológica ni un simple desequilibrio de la economía. Es el desquiciamiento del mundo al que conduce la cosificación del ser y la sobreexplotación de la naturaleza; es la pérdida del sentido de la existencia que genera el pensamiento racional en su negación de la otredad”. (Left, 2004)

Con el objetivo de generar una investigación completa, en una sección de este estudio, se utiliza la teoría de la economía ambiental, que intrínsecamente se estructura bajo el enfoque antropocéntrico, considerando que el valor de los recursos naturales debe estar ligado al costo de oportunidad de su utilización ya sea desde el punto de vista inter temporal o el de corto plazo. “El enfoque antropocéntrico sigue como premisa fundamental el hecho de que los recursos naturales y ambientales deben tener un valor económico debido a que estos son útiles para los individuos. Por lo que las personas utilizan estos recursos de manera directa o indirecta y a través del tiempo, y debido a esto es que las personas dan valor a tales recursos. Entonces, los recursos naturales y ambientales tienen valor

para el hombre ya que derivan bienestar para a partir de su uso y debido a esto los individuos pueden asignar valores instrumentales e intrínsecos basados en argumentos espirituales y materiales”. (Romero & Hernández, 2015)

La ciencia económica aplicada, requiere un análisis de las problemáticas específicas, pero utilizando una visión global tanto teórica como práctica. “Se encuentra en la interdisciplinariedad el futuro del manejo de todos los seres vivos, bajo las lógicas no clásicas. Emergen la bioeconomía, el bio desarrollo, la bioética y las demás acepciones de las BIOS, en el amplio campo de las ciencias de la complejidad”. (Caro, 2016)

La problemática es amplia y compleja y aún está lejos de resolverse. “Todavía no contamos con las herramientas o los modelos intelectuales necesarios para comprender los problemas asociados con la regulación y administración de sistemas de recursos naturales, así como las razones por las cuales algunas instituciones trabajan en ciertos medios y no en otros” (Ostrom, 2000)

Es necesario, entonces, un enfoque multi disciplinario y un contraste teórico que contemple las diferentes posturas y corrientes ideológicas. “Los economistas especialistas en temas ambientales se refieren al análisis de los problemas ambientales desde una discusión entre la economía política y la economía ecológica situándolas en dos niveles de abstracción diferentes con dos objetos de estudio distintos; la primera se centra en el valor como relación social, donde el problema ambiental es inherente al sistema y, por tanto, no tendrá solución en este marco y la segunda explica el valor sobre bases físicas con base en las relaciones materiales con la naturaleza y de los riesgos que el crecimiento económico impone a la sostenibilidad”. (Tamayo, 2012)

Por lo tanto, la discusión general de las posturas teóricas, y sus implicaciones, gira en torno al concepto de valor, pues el valor de los recursos naturales tomara un sentido diferente de acuerdo con el enfoque analítico utilizado. Al respecto existen dos grandes teorías que engloban el análisis del valor de los bienes, las teorías objetiva y subjetiva del valor.

### **3.2. La teoría del valor: objetiva y subjetiva**

La teoría económica tiene como base fundamental que la sustenta a la teoría del valor. La teoría del valor en términos cronológicos se ha desarrollado iniciando con la visión clásica del valor (Adam Smith), la teoría Marxista del valor y la teoría subjetiva del valor o marginalista.

La teoría clásica del valor se expresa en la obra de Smith “An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations” (Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones), en ella establece una teoría respecto a la riqueza de los países alterna a los mercantilistas (cuyo origen de la riqueza era atribuido al intercambio y la posesión de metales preciosos) y a los fisiócratas (para quienes la riqueza era una cuestión de recursos naturales). “La importancia de La riqueza de las naciones no reside exclusivamente en su gran influencia en el pensamiento económico posterior ni en que, como piensa el profesor Schumpeter, logro sistematizar y sintetizar en un cuerpo integrado y coherente, conceptos y principios que habían sido usados en forma fragmentaria por economistas anteriores. En nuestra opinión, la importancia central de la obra consiste en que sienta las bases de la teoría del valor-trabajo y, al hacer esto, proporciona el instrumento fundamental para la comprensión y estudio científico del modo de producción capitalista”. (Guillén, 1976)

Smith postula que la riqueza se genera a partir del valor creado en los procesos de producción por medio del trabajo de los obreros, quienes al transformar las materias primas en objetos útiles crean nuevo valor el cual es añadido al producto. Así, al final del proceso de producción el obrero es compensado con su salario y el valor extra que se encuentra en el bien es parte ahora de patrimonio del propietario de la fábrica, en resumen, el valor de los bienes está determinado por el trabajo invertido en producirlo.

El trabajo aplicado determina el valor del bien, así el valor total del producto contempla el trabajo incorporado antes y después del proceso productivo. El precio natural del bien debe cubrir el valor total del objeto, que contempla el pago al obrero

para su subsistencia, expresado en su salario. La división del trabajo y la especialización incrementan la capacidad de producción aumentando a su vez el ingreso, y al mantenerse fijo el salario se crea un excedente que es apropiado por el dueño a manera de ganancia.

En términos generales esto se extrapola a nivel de nación y así Smith establece la manera de entender la riqueza de un país con base en los productos que se generan al interior de él y del trabajo invertido. En este sentido el trabajo productivo es el factor que explica la situación económica en la que se encuentran los habitantes de cada país. “El trabajo anual de cada nación es el fondo que la surte originalmente de todas aquellas cosas necesarias y útiles para la vida que se consumen anualmente en ella; y que consisten siempre o en el producto inmediato de aquel trabajo, o en lo que con aquel producto se adquiere de las demás naciones. Según pues aquella proporción que este producto, o lo que con él se adquiere, guarde con el número de los que han de consumirlo, así la nación estará más o menos abastecida de las cosas necesarias y útiles que más conduzcan para su uso o necesidad”. (Smith, 1776)

Esta corriente de pensamiento fue continuada por (Marx, 1859), donde establece los principios básicos de la teoría del valor en forma sistematizada abordando los tres temas fundamentales, el capital, la mercancía y el dinero. “A primera vista, la riqueza burguesa aparece como una inmensa acumulación de mercancías, y la mercancía tomada aisladamente, como el modo de ser elemental de dicha riqueza. Pero cada mercancía se presenta en el doble aspecto de valor de uso y de valor de cambio. El valor de uso de la mercancía coincide con su forma física y material, en tanto es útil o necesario y sólo se realiza en el proceso de consumo. El valor de cambio aparece ante todo como una relación cuantitativa, la proporción en que cambian unos por otros los valores de uso. Ellos representan en esta relación magnitudes cambiables iguales. El medio de cambio en el sistema capitalista es el dinero”. (Marx, 1859)

Marx concreta su teoría del valor en el libro: El capital, donde presenta las bases que sostienen su teoría. En esta obra comienza definiendo la mercancía como la

unidad básica del sistema capitalista y su creación, a través del trabajo, general la plusvalía. “El valor de una mercancía, se expresa en otros elementos innumerables del mundo de las mercancías. Aquí es donde se ve verdaderamente cómo este valor no es, más que la cristalización de trabajo humano indistinto. En efecto, el trabajo creador de valor se representa ahora explícitamente como un trabajo equiparable a todo otro trabajo humano cualquiera que sea la forma natural que revista”. (Marx, 1867)

Cuando se producen bienes y servicios cuyo objetivo no es el de satisfacer necesidades sino el de ser intercambiados en el mercado, los bienes y servicios producidos se convierten en mercancías. “El trabajo privado de los productores separados de mercancías se vincula con el trabajo de todos los otros productores de mercancías y se convierte en trabajo social sólo si el producto de un productor es igualado como valor con todas las otras mercancías. El objeto de la teoría del valor es la interrelación de diversas formas de trabajo en el proceso de su distribución, que se establece mediante la relación de cambio entre cosas, esto es, productos de trabajo. El obrero recibe su valor, su costo, en términos de tiempo de trabajo, y el empleador lo usa para producir más valor de lo que cuesta” (Rubín, 1974)

Para que una mercancía sea intercambiada en el mercado es necesario que la persona que desea adquirirla la necesite para cubrir una necesidad (valor de uso) y que esta sea intercambiable en términos de otra (valor de cambio). El trabajo en estas condiciones no se realiza con el fin de producir un bien para satisfacer sus necesidades, sino como una forma especial de mercancía utilizada en el proceso de producción para generar otras mercancías cuyo valor incluye intrínsecamente el valor del trabajo. De esta manera Marx afirma que el valor de una mercancía está determinado por el trabajo necesario para su producción, y que el precio de mercado al cual se vende la mercancía está en función del valor de esta.

Esta teoría llamada objetiva del valor fue rebatida posteriormente por la corriente Marginalista quienes proponían una teoría alterna denominada como la teoría subjetiva del valor.

La teoría Marginalista argumenta que el valor que posee un bien está determinado, en contraste con lo postulado por Smith y Marx, de manera subjetiva de acuerdo con la capacidad de satisfacer las necesidades o fines para los cuales los consume cada individuo. Así, cuando las personas participan en algún intercambio el valor que asignen subjetivamente en ese momento al bien o bienes en cuestión será lo que determine los términos del intercambio. Los principales representantes de esta teoría son: Gossen, Jevons, Walras, Menger y Marshall.

El primero de ellos, Herman Heinrich Gossen, cuyo trabajo más importante fue el desarrollo de las leyes del intercambio entre los hombres. En su obra estableció los primeros postulados entorno al valor subjetivo de los bienes y propuso los términos de marginalidad y la equimarginalidad. (Gossen, 1854)

Por su parte, aparece Jevons postulando una su propia teoría de economía política. A Jevons se le reconoce el mérito de introducir la utilización de las matemáticas y técnicas estadísticas en el análisis de la economía y la economía política. (Jevons, 1871)

De igual manera, en esta corriente se incluye León Walras, Este autor retomó los postulados de Gossen (Hedonismo) y Jevons (utilización de las matemáticas). A partir de ellos elaboró su llamada teoría del equilibrio general del mercado, basada en la teoría subjetiva del valor matematizada. (Walras, 1874)

Karl Menger, Utilizo la teoría subjetiva del valor y la llevó hasta sus últimas consecuencias al postular que los bienes aportan un nivel de satisfacción diferente para cada individuo ya que cada individuo posee una curva de utilidad diferente, lo que implica que, aunque los individuos tengan las mismas necesidades estas se satisfacen de manera diferente en términos de bienes. (Menger, 1976)

Siguiendo la conceptualización de Menger de la utilidad de los bienes, estableció que las mercancías deben clasificarse de acuerdo con la capacidad de satisfacer a los individuos y más aún esta debe clasificarse de acuerdo con el tipo de necesidad que satisfacen. “Los individuos tenderán a obtener niveles decrecientes de



satisfacción, o utilidad marginal de adquirir unidades adicionales de un bien. Priorizarán inicialmente obtener los bienes que necesitan más. La teoría subjetiva del valor sostiene que alguien puede crear valor simplemente transfiriendo su propiedad de algo a alguien que la valora más, sin necesariamente modificar tal cosa". (Menger, 1976)

Siguiendo esta corriente, cronológicamente, aparece Alfred Marshall. La aportación de Marshall se realiza una vez que la teoría subjetiva de la utilidad ya ha sido generalmente aceptada. "Así las aportaciones del autor son en el sentido de extrapolar las consecuencias de los postulados marginalistas a la economía real de su época. Propone el estudio económico en términos de un análisis estático, *ceteris paribus*, dada la gran cantidad y complejidad de las relaciones que afectan la economía". (Marshall, 1890)

La corriente Marginalista fue durante varias décadas el modelo teórico dominante en la economía, sin embargo, durante el periodo de su auge aparecieron un grupo de economistas de la línea teórica clásica que argumentaban la adaptación de los postulados clásicos, con ciertas modificaciones, a la economía de la época, estos son los llamados Neoricardianos. Estos teóricos afirmaban que las condiciones económicas de entonces podían explicarse mediante la estructura teórica de la teoría clásica simplemente era necesario flexibilizar el modelo (añadir conceptos y métodos propuestos por los Marginalistas) y readaptar los supuestos. Los principales representantes de la teoría Neoricardiana fueron Sraffa y Pasinetti.

Respecto a Piero Sraffa, su contribución más representativa se encuentra escrita en un compilado teórico de la evolución del pensamiento económico donde analiza los postulados de cada corriente teórica con énfasis en retomar los planteamientos elaborados por David Ricardo. (Sraffa, 1983)

Además, Luigi Ludovico Pasinetti, en su escrito principal, propone un modelo con elevado rigor matemático para determinar los precios de la economía, alterno a los modelos de equilibrio parcial y general de los Marginalistas. (Pasinetti, 1962)

En esencia la revolución Neoclásica (Marginalista) y Neoricardiana aparecen como una oportunidad de rebatir la corriente teórica dominante aprovechando las inconsistencias que presentaba y utilizando las carencias de argumentos de ella para explicar los fenómenos económicos de la época. Sin embargo, a pesar de sus diferencias ambas corrientes desarrollaron sus teorías tomando como base las tesis propuestas por Ricardo, aunque con características diferentes.

La teoría Marginalista trascendió en diferentes sentidos, a partir de esta concepción de la economía se generaron principalmente tres de las escuelas de la economía, estas son la inglesa, la austriaca y la de Lausana. De estas escuelas obtuvieron sus formaciones los economistas Wilfredo Pareto y Francis Edgeworth, entre otros.

Estas escuelas derivadas de la teoría Neoclásica se concentraron en el estudio de la economía en su aspecto microeconómico con un enorme énfasis en la utilización de las matemáticas como herramienta para explicar las múltiples relaciones entre la gran cantidad de agentes y factores económicos que intervienen el funcionamiento de la economía. Considerando que los cambios en los indicadores económicos se explican a través de estas interacciones entre los agentes individuales.

En este sentido, el comportamiento de los agentes económicos individuales tiene consecuencias sobre la economía en general, por lo que el actuar de los agentes y la utilización de los recursos y factores económicos debe estar encaminado a la maximización del bienestar no solo individual sino social. Surge de esta manera la llamada Economía del bienestar. “El objetivo de la economía del bienestar es la valoración de la deseabilidad social de cada uno de los alternativos estados económicos. Cada estado se caracteriza por una distinta asignación de recursos y una distribución diferente de las remuneraciones. El bienestar de una sociedad depende, en su más amplio sentido de los niveles de satisfacción de todos sus consumidores, pero todas las alternativas a evaluar tendrán efectos favorables sobre unas personas y desfavorables sobre otras”. (Henderson, 1991)

La complejidad reside en la subjetividad que existe en la función de utilidad individual, ya que el nivel de bienestar que percibe cada persona varía de acuerdo

con sus gustos y preferencias. Bajo estas consideraciones no es posible realizar comparaciones entre funciones de utilidad individuales. Los aumentos o disminuciones del bienestar en general causados por los cambios en las variables económicas no pueden compararse en términos de eficiencia considerando la imposibilidad de comparar las funciones de utilidad, pero puede contrastarse la situación actual con la hipotética en términos de incrementos o descensos de bienestar social, lo cual puede evaluarse desde la perspectiva del consumo y desde la de la producción.

La alternativa es generar escenarios ficticios donde se genere un cambio en alguna variable económica o en las condiciones de algún agente económico y analizar los efectos positivos y negativos que se producen en cada uno de los agentes económicos involucrados. Una alternativa metodológica que utiliza esta idea es la Valoración contingente.

### **3.3. Los métodos de valoración económica**

La valoración económica de los recursos naturales surge como una necesidad de asignar un valor a los bienes que no tienen precio en el mercado. “El medio ambiente y los recursos naturales carecen de precio, pero tienen valor en sí mismos, porque cumplen funciones que contribuyen al bienestar de la sociedad. Los valores se determinan a través del análisis económico de un mercado hipotético determinado por la opinión de los involucrados”. (Novoa, 2011)

Para asignar un valor a los bienes y servicios que se obtienen mediante los recursos naturales que proporciona el medio ambiente y poder así cuantificarlos económicamente, se han desarrollado metodologías al interior de la economía ambiental. En la actualidad las metodologías desarrolladas para este fin son las de preferencias reveladas y las de mercado hipotético.

Ambos tipos de métodos (tanto los de preferencia revelada como los de preferencia hipotética) intentan explicar el valor asignado para los bienes que no poseen un

mercado. Aunque ambos métodos están contruidos desde perspectivas diferentes los dos tienen su base en el concepto del valor económico total (VET).

El valor económico total de un bien ambiental está conformado por su valor de uso (VU) y su valor de no uso (VNO), es decir:

$$VET = VU + VNO$$

El valor de uso de un bien ambiental es el valor que se le asigna mediante las leyes de oferta y demanda del mercado. Este valor de uso se subdivide a su vez en valor de uso directo (VUD), valor de uso indirecto (VUI) y valor de opción (VO). El VUD es valor que se le asigna al bien debido del uso por el cual se intercambia en el mercado y es el que determina su precio comercial. Por su parte el VUI es el valor que tiene un bien ambiental por estar relacionado o formar parte de alguna actividad económica de manera indirecta. El valor de opción considera el valor que guarda un bien de manera intrínseca si no es utilizado en la época actual para poder ser utilizado en un futuro.

El valor total también contempla finalmente el valor de no uso. “El valor de no uso (VNU) o uso pasivo. Cuando el bien o servicio ambiental no tiene un precio ligado a un mercado real. El valor de no uso puede ser: valor de legado (VL), que es el valor de legar los beneficios del recurso a las generaciones futuras; o valor de existencia (VE): definido como el valor que los individuos atribuyen a las especies, diversas y raras, a los sistemas naturales únicos, o a otros bienes ambientales por el simple hecho de que existan; incluso si los individuos no realizan ningún uso activo o no reciben ningún beneficio directo o indirecto de ellos”. (Álvarez, et al, 2005)

Así la formula extendida del VET es:

$$VET = VUD + VUI + VO + VL + VE$$

Los métodos de valoración se pueden agrupar como se muestra en la figura:

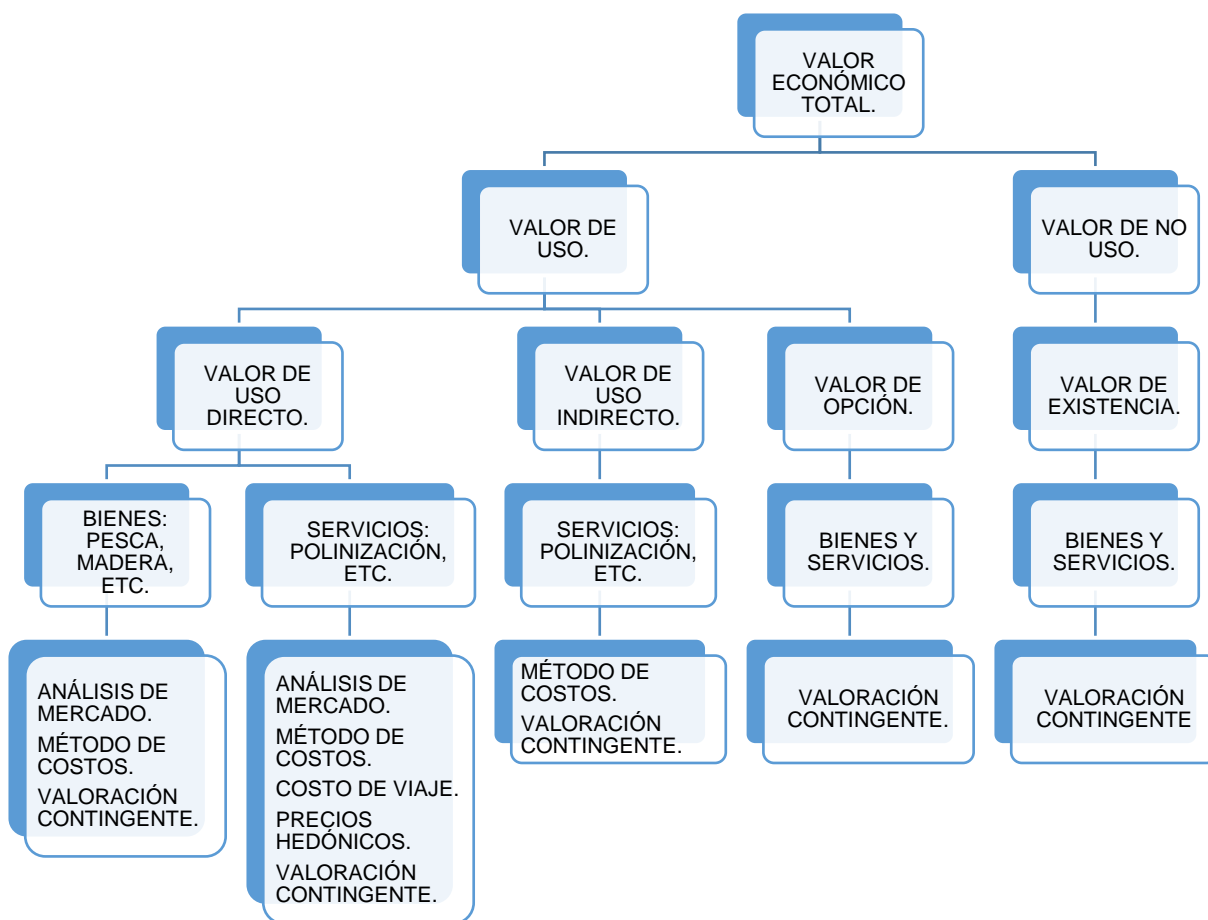


Figura 1: Metodologías para la valoración económica.

Fuente: Tomada de (Álvarez, et al, 2005)

En el caso de los bienes ambientales que se comercializan en el mercado los precios con los que se comercializan son los que representan su valor. En el caso de los bienes que no tienen un mercado formal es necesario formular un mercado hipotético a través del cual se asigne un valor a dichos bienes. Existen principalmente cuatro metodologías de este tipo: el método de costo de conservación, el método del costo de viaje, la metodología de precios hedónicos y el método de costo de prevención de daños.

*Método de costo de viaje.* Esta metodología se emplea para valorar bienes o recursos naturales que son utilizados como forma de dispersión o recreación en donde las personas que se benefician de ellos deben transportarse desde su lugar de origen a la zona donde se encuentran dichos bienes. Esta metodología ha sido

utilizada en variadas investigaciones de diversos ámbitos. Entre estos en trabajo de (Novoa, 2011), en el que generó una valoración económica del patrimonio natural de las áreas naturales protegidas, donde estima el valor del área de conservación privada en el bosque natural el Cañoncillo, obteniendo que el área tiene un valor económico para los habitantes. (Novoa, 2011)

*Método de los precios hedónico.* Este método se utiliza para describir todos los beneficios o “atributos” que posee o reporta un determinado bien, pero que no son contabilizados dentro del mercado convencional y determinar el precio del bien como la suma de cada uno de ellos. A partir de algún beneficio (o varios) que ofrece un bien ambiental se establece un valor para el mismo. (Pastor, 1999)

*Método de costo de prevención de daños.* El método en términos generales se utiliza para asignar un valor monetario a un bien ambiental, considerando los costos en los que se incurre para mantenerlo (previniendo su pérdida) o evitar que se desgaste. (Field, 1997)

*Método de costo de conservación.* Este método se basa en contabilizar los costos que se generan por conservar un bien ambiental y estos costos son establecidos como el valor del bien. (Cristeche & Penna, 2008)

*Método de preferencia formulada.* Este método consiste en retomar estudios ya realizados y a partir de sus resultados establecer los valores asignados por las personas encuestadas como precios base para los nuevos estudios extrapolándolos a las nuevas investigaciones y bienes ambientales aun no valorados. (Field, 1997)

*Método de valoración contingente.* La esencia fundamental del método es conocer el valor que asignan los usuarios, beneficiarios o agentes económicos en general que están en relación directa o indirecta con el bien ambiental. Esto se logra a partir de la aplicación de encuestas a cada uno de los involucrados para que ellos expresen el valor monetario que consideran posee el bien en cuestión. (Tudela, 2011)

Las encuestas están dirigidas a estimar un valor específico que puede obtenerse mediante el monto que el entrevistado pagaría por el aprovechamiento o usufructo del objeto de estudio (DAP) o a través de expresar cuánto debería recibir para compensar el bienestar no recibido por el no uso del objeto de estudio (DAC). Cada respuesta de los entrevistados asociada a la DAP o a la DAC constituye un punto específico en la función de demanda del bien en cuestión, ya que no existe un mercado real para él.

Una vez realizado el trabajo de campo (levantado las encuestas a la población), se procede a generar una representación de un mercado simulado considerando las respuestas de los entrevistados como las demandas del mercado ficticio por el bien ambiental que se está estudiando. En este sentido el valor que asignan los entrevistados al bien se considera como el precio al cual se comercializa el bien en el mercado ficticio.

Las principales críticas del método se centran en el grado de confianza que se puede tener en la veracidad de lo expresado por el individuo al que se le aplicó el cuestionario, tanto en el monto que está dispuesto a pagar como en la disposición real a pagar si estuviera frente a la necesidad de desembolsar dinero.

Sin embargo, la valoración económica de los bienes sin mercado definido a través de la utilización de la metodología de la valoración contingente permite generar una aproximación del valor del agua utilizando las variables económicas obtenidas directamente de los agentes económicos involucrados, quienes los expresan de manera consiente y voluntaria. Además, la correcta elaboración del cuestionario permite superar la mayoría de los inconvenientes mencionados, por lo que es altamente recomendable realizar una prueba piloto para detectar los posibles errores y omisiones de información en el cuestionario, así como las problemáticas que pudieran presentarse al aplicar las encuestas.

### **3.4. Valoración contingente**

El método de valoración contingente se aplica para valorar bienes (generalmente recursos naturales) cuyo mercado no se encuentra establecido en el mercado

convencional. La aplicación de la metodología de valoración contingente al recurso agua es una extensión de esta metodología considerando el uso productivo del agua, pero no contabilizado en los costos de producción al provenir de una fuente natural como lo es la lluvia, los ríos acumulados en presas, cuencas, etc. El agua para riego utilizada en el sector agrícola puede ser obtenida de diferentes fuentes y administrada al interior del proceso de producción de diferentes maneras.

La contabilización de su valor como parte del proceso productivo depende del costo que representa su extracción y transporte, así como del valor intrínseco que posee el bien el cual puede ser estimado a través de su costo de oportunidad o por medio de la DAP. “El agua en sus condiciones naturales tiene un valor económico. El mismo se expresa como valor económico total, derivado de su valor de uso directo e indirecto, valor de no uso (de existencia y legado) y valor de opción. El costo del agua se compone de los costos de capital, operación, mantenimiento, confiabilidad del abastecimiento, costo de oportunidad y los costos de las externalidades impuestas a la sociedad por su aprovechamiento. Un uso sustentable del agua debe buscar equiparar el costo total con el valor total. En tal sentido, estimar el costo de agua puede servir como una aproximación, lo más seguro de orden inferior del valor del agua”. (Roas, 2001)

El agua por ser un recurso necesario para la vida de toda índole ya sea humana, vegetal o cualquiera de los reinos biológicos, posee un costo de oportunidad altamente diverso lo que implica una mayor complejidad para la estimación de su valor. Sin embargo, la estimación puede simplificarse mediante la utilización del agua de riego para su uso agrícola como un subgrupo de agua lo que permite reducir la complejidad, considerando solamente los costos de oportunidad para el uso de cada uno de los diferentes cultivos agrícolas.

El valor que aporta el agua a cada uno de los diferentes cultivos depende de la intensidad de su uso, así como de la calidad de agua que se utiliza, lo que se ve reflejado en el precio del producto final generado, es decir el bien agrícola cultivado. Los factores que afectan el precio de un bien (como su oferta, demanda, etc.) son



variados y deben ser considerados para no sobre o subestimar el valor del agua en el producto, siempre encaminados a utilizar el líquido de manera óptima y eficiente.

Desde esta óptica, las acciones emprendidas cuyo fin sea la optimización del uso del agua deben ser guiadas bajo la premisa de que cualquier inversión económica está condicionada al valor del agua como principal indicador de su precio. Y a partir de este precio se deben estimar los niveles de oferta y demanda de equilibrio. Así, si lo que se busca es optimizar el uso del agua en términos económicos es condición necesaria el cumplimiento del principio de Pareto, el costo marginal del abastecimiento de agua debe igualarse al beneficio marginal de su uso.

Considerando el valor estimado del agua, obtenido mediante la aplicación de la metodología de la valoración contingente, no se logra alcanzar la eficiencia en el sentido de Pareto puesto que la naturaleza misma de la metodología no optimiza en función de costos y beneficios, sino en función del bienestar deseable generado por el uso del agua. Siguiendo estos argumentos el beneficio obtenido por el uso del agua es equiparable a su valor económico total (VET). El VET puede ser utilizado como referente del beneficio en el análisis beneficio – costo.

El análisis beneficio costo permite comparar los diferentes niveles de bienestar con sus respectivos costos y por medio de cambios marginales determinar si el cambio en los valores específicos produce un beneficio mayor en la función de bienestar. De esta manera se puede establecer el valor del uso del agua que genere el nivel óptimo de bienestar, considerando el costo que su utilización implica.

La decisión de invertir en el uso del agua dependerá entonces de si el beneficio marginal que obtiene el agente económico es superior al costo marginal de obtenerla, y en este sentido se determinara la cantidad de agua y su precio. Una manera para determinar la función de utilidad o bienestar de la población objetivo son los métodos de preguntas hipotéticas, dentro de los cuales se encuentra el método de la valoración contingente.

La aplicación de la metodología de la valoración contingente en la valoración del agua posee características particulares con respecto a la metodología típicamente utilizada para valorar los diferentes bienes y servicios ambientales. “El diseño de un estudio usando el MVC requiere definir: la población objetivo, el producto, el vehículo de pago, el método de análisis estadístico a usarse (Logit o Probit), identificación de variables y la selección de la técnica para recoger los datos. Factores como precisión y costos del estudio se intercambian para seleccionar la técnica”. (Roas, 2001)

La valoración contingente se caracteriza por ser un método directo, es decir que el comportamiento de los agentes económicos involucrados se observa directamente, por medio de la aplicación de encuestas. Los cuestionarios utilizados son generalmente de formato cerrado y orientados a obtener información específica.

El proceso de desarrollo de la metodología consiste en la aplicación de encuestas directas a los agentes económicos involucrados preguntando su disposición a pagar por la utilización del agua (DAP) o la disposición a ser compensado por no usarla (DAC) y a partir de sus respuestas se establece una relación, con base en los atributos socioeconómicos, entre la DAP (o DAC según sea el caso) y el precio estimado del agua. “En el MVC, los cuestionarios juegan el papel de un mercado hipotético, donde la oferta viene representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. Existen numerosas variantes en la formulación de la pregunta que debe obtener un precio para este bien sin mercado real”. (Riera, 1994)

El objetivo principal del método consiste en establecer un precio que represente el valor del bien en cuestión a través de las cantidades expresadas por los entrevistados, considerando que si el mercado del bien existiera el precio que ellos estarían dispuestos a pagar sería el precio de mercado del bien.

El cuestionario utilizado en la recolección de la información para la aplicación del método de valoración contingente consta generalmente de cuatro apartados; el primer apartado aborda el reconocimiento del bien en estudio y de la relación del entrevistado con dicho bien, el segundo apartado indaga en la percepción del

entrevistado sobre el uso del bien en cuestión, el tercero busca obtener la disposición a pagar (o ser compensado) por el uso del bien y el apartado final es sobre las características socioeconómicas del entrevistado.

El primer apartado denominado preguntas de reconocimiento, explora los conocimientos del encuestado acerca del objeto de estudio. El encuestado es interrogado acerca de la cantidad de agua que utiliza para el riego de sus cultivos, el origen de esa agua, los costos del agua en la zona y la disponibilidad de agua para riego en la región. Se procura indagar en su opinión con respecto al correcto uso del agua, es decir evitar desperdicios, y su grado preocupación en el tema.

El segundo apartado denominado preguntas de percepción centra la atención en la utilización del agua en el proceso de producción por parte del entrevistado. A partir de las respuestas obtenidas en cada uno de los bloques se establece una relación entre la disposición a pagar que expresan los entrevistados y sus atributos socioeconómicos. Mediante un modelo Logit-Binomial se estima un valor promedio de la DAP por parte de los usuarios del agua.

El procedimiento estadístico realizado para llevar a cabo los cálculos y estimaciones de los valores correspondientes a todas las variables que se incorporan en el modelo o que intervienen de alguna manera en él, está orientado a extrapolar las respuestas de la muestra poblacional al total de la población. Bajo esta consideración es necesario tener en cuenta el nivel de error no solo metodológico sino estadístico al momento de interpretar los resultados finales.

Las críticas que surgen de los estudios a profundidad sobre la validez de la metodología de valoración contingente postulan que más allá del método de recopilación de información, las encuestas, existen complicaciones teóricas que están relacionadas directamente con el sustento teórico de la metodología. “Tres de los principales problemas metodológicos alrededor del método de valoración contingente son: si las personas que responden a encuestas de valoración contingente lo hacen como consumidores o ciudadanos; el problema de los

derechos de propiedad subyacentes en las encuestas del MVC y la extrapolación de valores obtenidos a través del MVC al conjunto de la población”. (Barreiro, 2013)

Desde esta perspectiva la metodología presenta una contradicción al intentar incorporar costos privados y costos sociales conjuntamente en un solo ejercicio de valoración, esta consideración teórica se enfatiza al no considerar que los derechos de propiedad de los recursos naturales no se encuentran bien definidos. En este sentido los resultados provenientes de un ejercicio de valoración utilizando la metodología de la valoración contingente no serán congruentes con la teoría económica.

La metodología de la valoración contingente se desprende de la llamada teoría subjetiva del valor que en esencia establece que el valor de un bien está determinado de manera subjetiva en el mercado por los individuos con base en la capacidad que cada bien tenga para satisfacer sus necesidades. Los fundamentos teóricos de esta postura han sido fuertemente criticados por su contraparte llamada teoría objetiva del valor.

### **3.5. Programación matemática**

Las metodologías para estimar el valor de un bien de forma directa e indirecta son múltiples, y aunque en general contienen fundamento teórico comparable, los resultados que arrojan son diferentes.

El valor que cada metodología asigna al bien en estudio depende de las técnicas utilizadas, así como de la conceptualización de los conceptos de valor y precios. “Las medidas de beneficio de los consumidores que detecta el método de valoración contingente son, teóricamente y en general, distintas de las detectadas por los otros métodos. La razón principal reside en el hecho de que además de los valores que el usuario percibe al consumir el bien, la persona puede obtener bienestar o satisfacción aun no siendo usuaria o consumidora directa del bien”. (Riera, 1994)

Un ejemplo clásico utilizado para explicar el valor de opción consiste en suponer la existencia de un área natural protegida que pueda ser utilizada como un atractivo

turístico la cual se encuentre ubicada en un lugar lejano, visitar esta área puede generar en las personas un bienestar por el que estarían dispuestas a pagar. Sin embargo, la lejanía del lugar restringe las posibilidades de que sea visitado más que por aquellos individuos que viven cerca del área, aunque las personas que no viajarán no se beneficiarán directamente del lugar pueden sentir satisfacción por tener la opción de conocerlo algún día.

Con la finalidad de estimar una cantidad confiable que represente lo más exacto posible el valor del agua para riego, se utilizó la metodología de valoración contingente y los valores arrojados se contrastaron con los obtenidos por la metodología de la programación matemática. La metodología de la programación matemática aplicada al agua de riego como insumo productivo permite la estimación del valor que aporta el agua al valor del producto final, mediante el costo de oportunidad de su uso en el proceso de producción. Este costo de oportunidad se calcula como el precio sombra del recurso agua considerando el valor del resto de los insumos y factores productivos contabilizados en el proceso.

De forma práctica se procede a generar un cuadro instrumental con los valores obtenidos durante la etapa de campo donde se capturan los precios netos de cada uno de los cultivos involucrados, los tipos de cultivos, los coeficientes técnicos de producción y los recursos disponibles, gráficamente se aprecia el siguiente cuadro (considerando solamente 3 tipos de cultivos y 4 tipos de coeficientes técnicos):

Cuadro 1: Cuadro instrumental de programación matemática

Cultivos	Precio neto	Coeficientes técnicos			
		Tierra	H/maq	\$	Agua
X1	PN1	T1	H1	K1	A1
X2	PN2	T2	H2	K2	A2
X3	PN3	T3	H3	K3	A3

Fuente: Elaboración propia

Generalmente los cuadros instrumentales van acompañados por el cuadro de restricciones, es decir el conjunto de recursos de los que se dispone y que limitan los niveles de producción.

Cuadro 2: Cuadro complementario de recursos

Recursos disponibles			
Tierra	Horas máquina	Capital	Agua
T	H	K	A

Fuente: Elaboración propia.

La solución se obtiene mediante la resolución del siguiente problema:

$$\text{MAX} = \text{PN}_1(X_1) + \text{PN}_2(X_2) + \text{PN}_3(X_3)$$

S.A:

$$T_1(X_1) + T_2(X_2) + T_3(X_3) \leq T$$

$$H_1(X_1) + H_2(X_2) + H_3(X_3) \leq H$$

$$K_1(X_1) + K_2(X_2) + K_3(X_3) \leq K$$

$$A_1(X_1) + A_2(X_2) + A_3(X_3) \leq A$$

Donde:

- $X_i$ : Es el cultivo  $i$ ,
- $\text{PN}_i$ : Es el precio del cultivo  $i$ ,
- $T_i$ : Es la tierra utilizada para el cultivo  $i$ ,
- $H_i$ : Es el tiempo de maquinaria utilizado para el cultivo  $i$ ,
- $K_i$ : Es el capital invertido en el cultivo  $i$ ,
- $A_i$ : Es el agua utilizada para el cultivo  $i$ ,

- T, H, K y A: Son el total de recursos disponibles (tierra, horas máquina, capital y agua).

A partir del problema de optimización se obtiene una solución que representa la combinación de cultivos a sembrar que garantiza la máxima ganancia. Aunado a esto se obtienen los costos reducidos de cada cultivo y los precios sombra de los recursos.

Los Costos reducidos en este estudio se entienden como la cantidad en que se reduce el valor de la solución (la ganancia), si se fuerza al modelo a producir una unidad de alguna actividad que la solución óptima dictamina que no se produjese. Es decir, si la combinación óptima de cultivos que produce la máxima ganancia posible dados los recursos disponibles resulta ser una combinación de  $X_1$  y  $X_2$  que no considera el cultivo de  $X_3$ , y por alguna razón externa o ajena al proceso de optimización se requiriese producir una unidad del cultivo  $x_3$  la ganancia se reduciría en la cantidad que representa el costo reducido de la actividad  $X_3$ .

La concepción en este estudio acerca de los Precios sombra es que estos muestran la cantidad de en qué se incrementa el valor de la solución si hubiese una unidad más de alguno de los recursos escasos disponibles (insumos). Es decir que si en lugar de poseer la cantidad  $A$  de agua disponible para cultivar existiese  $A + 1$  el valor de la producción pudiera ser mayor y/o se podría alcanzar una combinación diferente de actividades (cultivos) que incremente el valor de la solución (genere mayor ganancia).

De igual manera se define que los coeficientes técnicos son la cantidad de cada uno de los insumos que se requieren en el proceso productivo para producir una unidad de producto. Es decir, la cantidad de agua, tierra, horas máquina y capital que se requieren para producir una unidad de cultivo (la unidad puede entenderse como hectárea o tonelada).

En ese sentido el valor del agua en una región puede ser estimado a través de su precio sombra generado en el proceso productivo de los cultivos en que se utiliza

como insumo. Lo que permite valorar bajo una concepción económica de optimización el agua para riego utilizada en los cultivos considerando sus usos alternativos, su costo en la región y la disponibilidad que existe, para así poder tomar decisiones acerca de su uso que supongan una utilización adecuada y que incida en el beneficio económico de los productores.

Es preciso mencionar que las restricciones para la producción no son exclusivamente de índole productivo o de optimización, en la mayoría de los casos existen restricciones de otra naturaleza ajenas a los procesos productivos y su optimización, como lo son las restricciones de mercado (cuotas, demanda, leyes, regulaciones, etc.), restricciones sociales (autoconsumo o morales) y las restricciones técnicas.

### **3.6. Teoría de costos**

Una aproximación más directa al valor real del agua se puede obtener mediante la utilización del método de contabilidad de costos. El método de contabilidad de costos forma parte de la microeconomía y, como rama de la ciencia económica, se desprende de la teoría del valor.

Desde la óptica microeconómica el valor de un bien se estima contabilizando los costos originados en la producción de este. “El termino costo tiene varias acepciones, desde el punto de vista económico se define como: El conjunto de esfuerzos y recursos que se invierten para obtener un bien. Esto es se refiere al costo de inversión. Los esfuerzos se refieren a la intervención del hombre y los recursos engloban a las inversiones y el tiempo necesarios para producir un bien. Los costos de inversión son medidos en valores de moneda, por lo que también toman el nombre de costos monetarios”. (Reyes, 2008)

En economía generalmente se describen los costos en relación con los factores de producción, es decir, el capital, la mano de obra, la tierra y el tiempo. Este método consiste en realizar un análisis completo de todos los factores que intervienen en el proceso y generar un registro de los costos en los que se incurre para la obtención del total de los elementos involucrados en cada etapa del proceso.



En general los costos involucrados en este sistema son los costos monetarios, sin embargo, existe la posibilidad de considerar los costos de las externalidades como lo son los impactos ambientales, sociales, etc. Las metodologías actuales que consideran las externalidades utilizan marcos referenciales que les permiten internalizarlas y de esta manera registrarlas en sus tablas de costos, lo cual afecta directamente en el costo total y por tanto en el valor final del bien.

La teoría objetiva del valor postula que el valor de un bien está determinado por los costos en que se incurre para crearlo y ofrecerlo en el mercado más una ganancia media que determina el beneficio del capital invertido. “Las condiciones físicas de la producción, el precio de los recursos y la eficiencia económica de una empresa determinan conjuntamente el costo de producción de un bien. La función de producción proporciona la información necesaria para trazar el mapa de isocuantas. Los precios de los recursos determinan las curvas de isocostes. Por último, la eficiencia determina la producción de cualquier volumen mediante la combinación de insumos que iguala la tasa marginal de sustitución técnica la razón de precios de los insumos. Por lo tanto, cada punto de tangencia determina un nivel de producción y su costo total asociado”. (Gould & Lazear, 1994)

Desde la óptica del debate teórico sobre el origen y creación del valor, esta nueva postura argumentaba que este es creado únicamente por el trabajo. “La teoría objetiva del valor subraya la relevancia que tiene el trabajo como fundamento del proceso económico. En oposición a la ortodoxia plantea que la utilidad es una condición objetiva para el consumo de las mercancías y no un parámetro de la satisfacción personal. Critica el rechazo pragmático del concepto de valor por parte de los neoclásicos, señalando que conduce a una descripción superficial de los acontecimientos del mercado”. (Katz, 2002)

Bajo la consideración de que en economía el trabajo es categorizado como un factor productivo cuyo precio es el salario, es posible incluirlo como un costo más del proceso productivo. Así los determinantes del nivel de beneficio son los precios insumos y los factores de producción.

Bajo esta visión es posible generar una función de costos donde el nivel de producción se relaciona con los costos totales mediante una regla de correspondencia. “El procesamiento de cualquier transacción económica implica la recopilación, clasificación, elaboración de resúmenes y análisis. Los costos se recopilan por categoría, tal como materiales, mano de obra y transporte. Después se elabora un resumen para determinar la totalidad de dichos costos”. (Horngren, Foster & Datar, 2007)

Los costos se pueden definir en términos privados o en términos sociales. El costo social de producción es el costo en el que incurre una sociedad al utilizar sus recursos para producir un bien. Considerando los recursos de los que dispone una sociedad como escasos, se debe utilizar la teoría económica para determinar aquella producción que genere el mayor nivel de beneficio social. Así el costo de oportunidad es equivalente al costo social. En este sentido el costo de producir un bien se divide en el costo social y el costo privado. El costo privado es el costo en el que incurre un individuo en producir un bien, es decir la cantidad que invierte de recursos durante el proceso de producción de dicho bien.

La consideración de los costos de oportunidad en la estimación de los costos totales es indispensable tanto para los costos sociales como para los privados. De igual manera los costos suelen subdividirse en costos fijos y costos variables. “El cálculo de los costos se obtiene mediante la fórmula: costo total = costo fijo total + costo variable total. Los costos fijos totales son la suma de todos los costos fijos los cuales permanecen constantes durante el proceso de producción. Los costos variables totales son los costos que dependen del nivel de producto deseado, debido a que la cantidad de trabajo empleado es en función de la producción deseada; su fórmula: costo variable total = costo variable unitario \* cantidad”. (Cruz, Osorio & Hernández, 2018)

La relación expuesta da lugar al llamado costo marginal, que es el incremento del costo total debido a un incremento en una unidad del nivel de producción. Dado que el costo fijo no varía conforme aumentan los niveles de producción, el costo marginal puede atribuirse al cambio en el costo variable. En este sentido los cambios en los

costos totales son inducidos por los cambios en los costos variables, que están determinados por los precios de los insumos variables.

La razón de ser de la teoría de costos es maximizar los beneficios (privados o sociales) a través de un uso óptimo de los recursos escasos. La maximización de los beneficios requiere de dos etapas esencialmente, la primera consiste en la minimización de los costos y la segunda en la selección de la cantidad de producción que maximiza los beneficios. En economía el problema dual de la optimización de la producción en una empresa asume que el nivel de producción (Y) que permite maximizar los beneficios, implica necesariamente minimizar los costos en ese mismo nivel de producción.

Siguiendo esta terminología, si se pretende producir Y, que requiere de los insumos A y B cuyos precios son P1 y P2 respectivamente, la función de producción es:  $Y = f(A, B) = P1A + P2B$ . Como el objetivo es minimizar los costos, que están determinados por los precios, entonces la función de costos queda:  $C(P1, P2, Y)$  y el problema es  $\text{Min } C(P1, P2, Y)$ .

En este sentido  $C = P1A + P2B$ , y despejando  $B = C/P2 - P1/P2(A)$ , esta función representa una ecuación de isocostes, ya que cualquier punto sobre esta recta representa el mismo nivel de costos. "Es fácil ver que se trata de una recta cuya pendiente es  $-P1/P2$  y cuya ordenada al origen es  $C/P2$ . Variando C tenemos una familia de rectas de isocoste. Todos los puntos de una misma recta tienen el mismo coste, C, y cuanto más arriba estén las rectas, mayor será este. Por lo tanto, nuestro problema de minimización puede formularse como: hállese el punto de la isocuanta que se encuentra en la recta de isocoste más baja posible. La minimización de los costes corresponde a las cantidades de los factores que minimizan los costos de producción, estos pueden determinarse hallando el punto de la isocuanta al que corresponde la menor recta isocoste". (Varían, 1999)

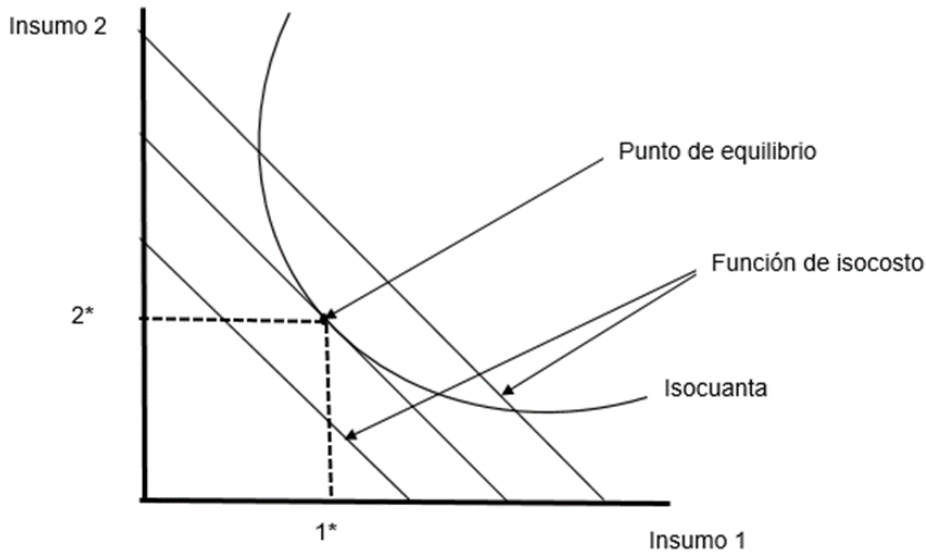


Figura 2: Elección óptima, minimización de los costos de producción.

Fuente: Tomada de (Varían, 1999)

Desde esta perspectiva, el punto de tangencia entre la curva de isocostes y la isocuanta es el punto que minimiza los costos. En este punto la cantidad de factores utilizados para el nivel de producción deseado es el mismo que minimiza los costos. Así, la condición que minimiza los costos es la igualación de la pendiente entre la curva de isocostes y la pendiente de la isocuanta.

La teoría de costos es aplicada generalmente en los sistemas de producción capitalista, donde se crean mercancías exclusivamente para ser intercambiadas en el mercado, con el fin de obtener una ganancia económica en términos monetarios. Sin embargo, en el caso de bienes ambientales o recursos naturales el objetivo final no es un beneficio privado sino un beneficio social que contemple el bienestar generado para el conjunto de toda la sociedad.

La consideración más importante en la teoría de costos es asegurarse de contabilizar absolutamente todos los costos involucrados para poder generar una correcta decisión en términos del cálculo de los beneficios ya sean sociales o privados. Los costos que suelen pasarse por alto de manera más común son los

derivados del uso de bienes públicos, el tiempo y las externalidades como el impacto ambiental generado por el deterioro de los recursos naturales.

### **3.7. Evaluación de impacto ambiental**

En economía se considera como externalidades a los costos que se producen durante el proceso de producción pero que no son intrínsecos al proceso, es decir que cuando la producción de un bien afecta de manera indirecta a la producción de otro bien se está produciendo una externalidad ya que los costos generados no son considerados dentro la contabilidad de los costos del proceso que lo genero.

Las externalidades pueden ser positivas o negativas, dependiendo si la externalidad beneficia o afecta el proceso de producción que recibe la externalidad. Las externalidades negativas conciernen a todos los involucrados, desde el que las genera, los afectados, el Estado como mediador y los actores involucrados indirectamente.

La regulación de las externalidades corresponde al estado quien, por medio de la legislación, establece las reglas y medidas necesarias para evitarlas multando a quien las genera o en su caso compensar al afectado. “Solo surgen problemas con las externalidades si los derechos de propiedad no están bien definidos. Los problemas prácticos que plantean generalmente las externalidades se deben a que los derechos de propiedad no están bien definidos. Los problemas con los derechos de propiedad pueden generar externalidades que provocan ineficiencias en el mercado, lo que significa que sería posible mejorar el bienestar de los involucrados mejorándolas”. (Varían, 1999)

En otras palabras, lo que se requiere es generar un mercado para las externalidades a través del cual sea posible regularlas mediante la compra y venta de permisos, o mediante el pago de costo. Si se genera un mercado bien estructurado para las externalidades será posible incrementar el bienestar social.

El impacto ambiental generado por el deterioro de los recursos naturales es la principal externalidad que considerar cuando se analiza su impacto en el bienestar

social. “Las técnicas de valoración en general tienen dos enfoques: El primero, de valoración objetiva (EVO), considera el beneficio de acciones preventivas para evitar pérdidas, donde el valor de evitar el daño es igual al costo en que se incurriría si el daño realmente ocurriera y existe disposición a pagar una cantidad para evitarlo. El segundo enfoque es el de valoración subjetiva (EVS), basado en evaluaciones subjetivas de posibles daños en una situación hipotética relacionados a las funciones individuales de utilidad con base en el nivel de conocimiento”. (Dixon, 1999)

En un sentido teórico las metodologías de evaluación de impacto ambiental varían de acuerdo con el enfoque teórico del investigador y los conceptos utilizados como sustento del argumento de cada teoría. Sin embargo, en términos prácticos las metodologías utilizadas en los estudios de impacto varían con respecto a las leyes que rigen en cada país.

Los diferentes enfoques metodológicos de evaluación de impacto ambiental comparten similitudes en términos generales, sin embargo, existen diferencias importantes entre las metodologías y estas diferencias pueden generar errores y omisiones si no se selecciona la más adecuada de acuerdo con el estudio de caso del cual se trate la investigación y a la ley vigente en cada país.

Desde una perspectiva crítica, la clasificación geográfica de las condiciones impuestas a las metodologías de impacto ambiental supone que el valor de los daños al medio ambiente está en función del espacio que este ocupe en el planeta, lo que equivale a decir que el valor de un bien no es el mismo en un espacio u otro. “Resaltar los procedimientos californiano y español, en el contexto norteamericano y europeo, respectivamente, permite conocer la especificidad de normativas que tienen que desarrollarse en el marco de leyes macros. El resto de los procedimientos se utilizan en el análisis comparativo a nivel de diseño, ya que de acuerdo con las exigencias que estos expresan su campo material de aplicación es para proyectos concretos”. Tomada de (Chacare, Cabeza, Arconada & Misle, 2006).

Cuadro 3: Evaluación de impacto ambiental por país

<b>Contexto Geográfico</b>		<b>Procedimientos legalmente institucionalizados para la evaluación del impacto ambiental</b>
Norteamericano	Estados Unidos	Ley Nacional de Política Ambiental
	California	Ley de Calidad Ambiental de California
	Canadá	Ley de Evaluación Ambiental de Canadá
Latinoamericano	Argentina	Procedimiento Técnico-Administrativo de evaluación de impacto ambiental. Ley No. 123/98
	Colombia	Ley 99. Decreto 1753
	Cuba	Ley No 81
	Chile	Reglamento del Sistema de Evaluación de impacto ambiental
	República Dominicana	Procedimiento Estandarizado para las Evaluaciones Ambientales
	Guatemala	Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
	Honduras	Reglamento del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SINEIA)
	México	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
	Nicaragua	Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales
	Europeo	Comunidad Europea

Fuente: Tomada de (Chacare, et al, 2006).

La evaluación ambiental estratégica estandarizada permite realizar un análisis del área o recurso que es objeto de estudio de una manera sencilla, práctica y rápida. Esta metodología es útil en los casos en los que el acceso a la información requerida para un análisis profundo está restringido o bajo los escenarios en los que una evaluación de impacto ambiental es necesaria en el corto plazo por lo cual no se dispone de tiempo suficiente. Sin embargo, la evaluación ambiental estratégica estandarizada contiene todos los elementos que las metodologías de impacto ambiental que requieren de un mayor tiempo de conformación y dependen de un análisis más complejo.

La principal crítica de esta metodología recae en lo simplista que podría parecer el análisis de impacto ambiental considerando la complejidad de evaluar los impactos ambientales.

Un estudio de evaluación de impacto ambiental de cualquier tipo sea estratégico o no, debe considerar como factor determinante el tiempo de realización del proyecto o actividad objeto de estudio, la vida útil o duración del proyecto en funcionamiento y los impactos ambientales generados tras su finalización. Todos estos factores deben ser integrados en las medidas de prevención o minimización de efectos del estudio.

La generación de la línea base es solo el primer paso de la metodología de valoración ambiental estratégica, sin embargo, es una parte fundamental ya que los siguientes pasos se derivan de la información que se obtiene de esta y a partir de esta etapa la evaluación se orienta en el sentido que ha de tomar considerando que los posibles efectos ambientales se construyen con base en la caracterización de la línea base.

La naturaleza de esta metodología obliga a realizar hipótesis acerca de lo que posiblemente sucederá en el futuro y permite considerar cualquier evento negativo sobre el ambiente mientras este tenga probabilidad de ocurrencia con el fin de no pasar por alto ningún escenario, es debido a esta característica que la lista de eventos es regularmente numerosa. Para afrontar esta problemática, y en aras de simplificar la metodología, es importante realizar una jerarquización de los efectos ambientales en orden de la importancia que tengan para la investigación.

Los impactos ambientales se clasifican con base en las etapas del proyecto. Primero, el movimiento de maquinaria (ruidos, molestias a la fauna, riesgo de vertidos accidentales, generación de polvo y emisiones contaminantes). Después las obras de acondicionamiento y construcción (esto genera afectaciones sobre el medio ambiente que se manifiestan sobre los suelos y la comunidad biológica del entorno considerado), finalmente los efectos de operación y mantenimiento. “La Identificación de los factores del medio susceptibles de ser impactados por la



ejecución del proyecto con una visión inmediata e integradora de los impactos generados por las distintas acciones del proyecto y los factores ambientales afectados considerando la metodología y su carácter sintético refleja de forma agregada los impactos cuya naturaleza y características permite que sean contemplados de forma agrupada”. (Márquez, 1996)

Considerando que este análisis se realiza mucho tiempo después de la construcción de la presa, los impactos a considerar son los que generalmente se relacionan con la construcción de embalses y que son comunes a todos los tipos de construcciones de esta naturaleza. Los impactos comunes a estas obras son:

**Cuadro 4. Impactos ambientales ocasionados por la construcción de presas.**

<b>Fase: Construcción de la Presa.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desechos de la construcción de las obras en la corriente natural.</li> <li>• Descarga de pesticidas, desechos orgánicos o petroquímicos</li> <li>• Contaminación del aire con partículas sólidas en suspensión</li> <li>• Aumento del ruido por la maquinaria y la construcción de las</li> <li>• Alteraciones en la morfología del cauce, en la red de drenaje y en el paisaje.</li> <li>• Alteraciones en la flora y la fauna por las desviaciones del cauce</li> <li>• Alteraciones sobre las condiciones de vida humana al presentarse presión sobre el uso de los servicios públicos</li> <li>• Introducción de vectores de enfermedades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutroficación. Deficiencias en la cantidad de oxígeno disuelto</li> <li>• Cambio de ambiente de río a lago y posible reducción de la diversidad de especies.</li> <li>• Sedimentación en el embalse, disminución del volumen útil y obstrucción de tomas y descargas de agua.</li> <li>• Cambio en el paisaje</li> <li>• Inestabilidad de taludes por el oleaje y por la fluctuación de niveles del agua.</li> <li>• Alteraciones sobre el nivel freático.</li> <li>• Alteraciones de la fauna y de la vegetación por modificaciones en su hábitat natural</li> <li>• Erosión de las laderas del embalse por la acción del oleaje.</li> </ul>
<b>Fase: Operación de la Presa</b>	
<p style="text-align: center;"><b>Zona aguas arriba</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El nivel freático de los terrenos vecinos es modificado fuertemente, pudiendo traer consecuencias en la vegetación de toda la zona.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Zona inundada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de recursos edáficos al quedar inundado el vaso hidrográfico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efecto del remanso causando, por ejemplo, sedimentación en tributarios</li> <li>• Estratificación de temperaturas en el embalse y cambios en la calidad del agua.</li> <li>• Estratificación térmica.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>En la Zona Aguas Abajo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión en el cauce por la retención de sedimentos aguas arriba</li> </ul>

- Cambio en los usos del suelo por inundaciones del terreno
  - Aporte de residuos al embalse por actividades recreativas
  - Descenso de la fertilidad de los suelos
  - Impacto sobre la biota debido a la variación en la calidad del agua.
- 

Fuente: Tomada de (Chacare, et al, 2006)

Esta lista de impactos en su mayoría es aplicable a todas las construcciones de presas y embalses, ya que son impactos generales relacionados a las características que cualquier obra de este tipo conlleva.

Una vez identificados los posibles efectos ambientales. La siguiente etapa es la Identificación, determinación y valoración de impactos, para esta etapa se propone la matriz de Leopold. "La matriz de Leopold proporciona la relación entre la causa - acción de proyecto y el factor ambiental sobre el que esta actúa produciendo un efecto. En cada elemento de la matriz se incluyen dos números separados por una diagonal. Uno indica la "magnitud" de la alteración del factor ambiental correspondiente y, por tanto, el grado de impacto, y el otro la "importancia" del mismo". (Goldsmith, 1984)

Tanto las unidades de medición para la magnitud como para la importancia se establecen de manera previa al análisis y deben seguirse de manera constante a lo largo de todo el estudio, es decir que una vez que se establecen los valores que se usaran para medir la magnitud y la importancia estos deben ser los mismos hasta que se finalice el estudio.

La magnitud permite determinar el área de impacto y aclarar si este será positivo o negativo. La importancia compara los elementos afectados y los ordena cardinalmente a juicio del investigador considerando 6 factores: la intensidad (grado de afectación por unidad espacial), reversibilidad (posibilidad de retorno a las condiciones originales), recuperabilidad (capacidad de subsanar el daño), temporalidad (lapso de duración del daño), complejidad (interrelación de impactos) y localización (ubicación geográfica del impacto). (Goldsmith, 1984)

La inclusión de los aspectos mencionados permite generar una aproximación aceptable de los costos medio ambientales más importantes relacionados con el

área u objeto de estudio. Estos efectos adquieren mayor importancia cuando los costos a considerar son elevados. La ponderación de los efectos y los costos que se generan se contabilizan de manera congruente con los resultados que arroja la metodología y se consideran en las decisiones que se tomen respecto a los proyectos a mediano y largo plazo.

La evaluación del impacto ambiental en México está contemplada bajo la ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente. En esta ley se define el impacto ambiental como cualquier modificación del ambiente generada por acción del hombre o la naturaleza, la metodología que más se ajusta a esta condicionante legal es la evaluación ambiental estratégica.

### **La evaluación ambiental estratégica**

La evaluación estratégica propone incluir en los modelos o proyectos una serie de variables o condicionantes que permitan considerar el impacto ambiental en el proyecto propuesto que está siendo materia de evaluación. “La evaluación ambiental estratégica es el procedimiento técnico administrativo que tiene por objeto la evaluación de las consecuencias ambientales que determinadas políticas, planes y programas pueden producir en el territorio, en la utilización de recursos naturales y, en definitiva, en el logro de un desarrollo sostenible y equilibrado” (Conesa F, 1993)

El objetivo de la evaluación ambiental estratégica es proteger el ambiente de los efectos ambientales que pudieran generar determinados planes y programas. “En cuanto al objeto de evaluación de impacto ambiental se tiene como común denominador las actividades económicas, las cuales quedan definidas en procedimientos que se establecen en lista de actividades concretas, ya que no queda duda en cuanto a su incorporación o no al procedimiento”. (Chacare, et al, 2006)

La concepción teórica de la evaluación estratégica se ha modificado considerablemente en función del enfoque metodológico de los investigadores y con forme a los nuevos conocimientos generados en las recientes investigaciones

acerca del tema medio ambiental. Actualmente la definición más utilizada es la de (Sadler & Veheem, 1996), que expresa que: “La evaluación ambiental estratégica es el proceso sistemático de estudiar y anticipar las consecuencias ambientales de las iniciativas propuestas en los altos niveles de toma de decisión. Este proceso tiene como objeto incorporar el criterio ambiental desde el primer momento, como elemento de decisión en todos los sectores y grados de la planificación al mismo nivel que los criterios económicos y sociales”. (Sadler & Veheem, 1996)

Desde esta óptica la evaluación del impacto ambiental se centra en las consecuencias ambientales que en el futuro podrían generarse debido a la implementación de algún proyecto o política. Esta percepción se refiere a predecir de manera anticipada los efectos que las actividades económicas tengan sobre el medio ambiente y considerarlos antes de implementar el proyecto e internalizar los costos, de esta forma existe una relación entre la decisión económica de ejecutar un proyecto o política y el criterio medioambiental.

La principal crítica de esta propuesta es la dificultad de estimar los efectos futuros de una política o proyecto dada la complejidad de esta predicción. “Esto hace que lo que se entiende hoy en día como evaluación ambiental estratégica a escala internacional es, más que una metodología fundada en una definición estricta, una práctica que gira alrededor de un objetivo, que se identifica más o menos con la definición antes mencionada. Esa práctica consiste en someter a un PPP cualquiera a un análisis compuesto por una serie de pasos estancos que se han ido estandarizando”. (Jiliberto, 2009)

Bajo estas consideraciones la evaluación estratégica del impacto ambiental consiste esencialmente en la aplicación de una metodología estandarizada que analiza las políticas, planes o proyectos utilizando un marco de referencia común que engloba a las actividades económicas que inciden en el medio ambiente en grupos y subgrupos de acuerdo con sus características.

## **CAPÍTULO IV. LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL MUNDO**

### **4.1. Situación actual del agua en el mundo**

El consumo humano de agua en el mundo es un fenómeno cuyas peculiaridades deben estudiarse profundamente, no solo porque la supervivencia del hombre como especie depende totalmente del consumo de agua, sino porque las existencias de agua dulce (apta para el consumo humano) son limitadas; además de que el proceso de consumo del agua por parte del ser humano genera contaminación sobre la disponible, reduciendo su disponibilidad y generando externalidades a los ecosistemas y especies que comparten el planeta con él.

Los estudios respecto a la disponibilidad mundial del agua son muy abundantes, así como el conocimiento de las principales estadísticas que caracterizan la situación mundial, y en torno al tema existe un consenso respecto a los niveles de existencia, disponibilidad y su ubicación. “El 70% de la superficie de la Tierra es agua y tan sólo 30% es tierra firme. Además, la mayor parte del agua de la Tierra es salada: 97.5% es agua de mares y océanos. El restante 2.5% es agua dulce, de esta el 69.7% es agua congelada en los polos y glaciares, 30% es subterránea y respecto a agua superficial hay sólo 0.3% (2% en los ríos, 11% pantanos y 87% lagos). El resto se encuentra en la humedad del suelo, vapor atmosférico, seres vivos y la corteza terrestre”. (WWC, 2018)

Las propiedades físicas del agua, así como las condiciones bajo las que se encuentra, permiten un proceso constante de transformación (condensación, evaporación, infiltración) del estado físico del agua que modifica periódicamente los niveles de agua en el planeta en cada uno de sus estados naturales, por lo que se debe considerar un margen de error en las cifras cuando se habla del estado del agua.

Los niveles tecnológicos a nivel mundial se encuentran altamente estratificados, existen países con la capacidad tecnológica para extraer agua a grandes profundidades y con la capacidad de desalinización para enormes cantidades de

agua. Sin embargo, la gran mayoría de los países en el mundo carecen de la suficiente tecnología para extraer el agua más profunda lo que la convierte en inaccesible y aquellos países con cercanía a los mares no tienen la infraestructura para el proceso de desalinización.

La presión hídrica se intensifica constantemente con el paso del tiempo, el crecimiento poblacional a nivel mundial genera un aumento en la demanda de agua. El número de habitantes en el planeta se ha duplicado en las últimas décadas en todo el mundo, y la cantidad disponible de agua disminuye. “Se estimaba que, en 1950, la población mundial ascendía a 2 525 millones de personas, mientras que para 2015 había aumentado a 7 349 millones. A partir de los últimos 65 años, el crecimiento se ha concentrado principalmente en las regiones en desarrollo. Para el año 2100 se estima que la población mundial será de alrededor de 11 213 millones de habitantes, con un crecimiento cada vez menor. Como cualquier proyección de población, existe un rango de incertidumbre asociado. Con un grado de certeza de 95%, la población a ese año se encontrará entre 9 500 y 13 300 millones de personas”. (CONAGUA, 2016)

Toda la población mundial demanda agua para sus diferentes fines. La cantidad de agua existente en el planeta que es susceptible de consumo humano es utilizada principalmente con tres fines: el consumo doméstico, el consumo industrial y el consumo agropecuario.

El consumo doméstico se refiere a la cantidad de agua que utilizan las familias en sus viviendas; el consumo industrial se refiere al consumo de agua que utilizan las industrias en sus procesos de producción y el consumo agropecuario contempla el agua que utilizan los productores en el sector primario.

La limitación geográfica del acceso al agua es altamente variable. Las regiones con escasez de agua superficial dependen de la precipitación pluvial para satisfacer sus necesidades. Esto hace muy importante las temporadas de lluvias a nivel regional e incluso mundial a que ya son la etapa del ciclo hidrológico que permite la renovación constante del agua. “Los patrones de lluvia anual para ciudades del

mundo son muy diferentes, así como su promedio mensual en el año. En general, las ciudades a mayores latitudes se caracterizan por tener una precipitación pluvial uniforme a lo largo del año, en tanto que las ciudades más cercanas al ecuador, tienen una precipitación pluvial acentuada en el verano”. (CONAGUA, 2016)

Para calcular los niveles de agua renovable per cápita de una región o país utiliza una sencilla formula:  $R = R / P$ . Donde: R.R son los recursos renovables con que cuenta el país o región y P es el número de habitantes. Los niveles de precipitación a nivel mundial has presentado anomalías y variaciones significativas en las últimas décadas debido al cambio climático.

Estos cambios han producido modificaciones en los niveles de precipitación, en las temporadas, e incluso la calidad del agua. “Según el informe de síntesis cambio climático 2014 (IPCC 2014), correspondiente al quinto ciclo de reporte del cambio climático, el calentamiento del sistema climático se estima como inequívoco, con cambios sin precedentes históricos. La atmósfera y los océanos se han calentado, la nieve y el hielo han disminuido, y el nivel del mar se ha elevado. La concentración en la atmósfera de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso no tiene parangón en los últimos 800 000 años. Se estima como sumamente probable que estas emisiones, en conjunción con otros factores antropogénicos, sean la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX”. (CONAGUA, 2016)

Aunque el calentamiento global debido a la emisión gases de efecto invernadero de origen antropogénico (provocados por el hombre) es un tema controversial a nivel científico, es un hecho real que se han generado cambios en las condiciones climáticas de todas las regiones del mundo en las últimas décadas y que estas variaciones afectan de manera directa e indirecta las condiciones de vida en general. “Los cambios en el ciclo del agua debidos al cambio climático no serán uniformes. El contraste en la precipitación entre las regiones secas y húmedas, y entre las temporadas de lluvia y estiaje se incrementará, aunque es posible que haya excepciones regionales. Se considera que los impactos de fenómenos hidrometeorológicos extremos recientes, entre ellos olas de calor, sequías,

inundaciones, ciclones e incendios revelan la vulnerabilidad significativa y la exposición al riesgo de ciertos ecosistemas y muchos sistemas humanos ante la variabilidad climática”. (SEMARNAT, 2017)

Se entiende por consumo doméstico de agua por habitante a la cantidad de agua que dispone una persona para sus necesidades diarias de consumo, aseo, limpieza, riego, etc. y se mide en litros por habitante y día (l/hab-día).

Es un valor muy representativo de las necesidades y/o consumo real de agua dentro de una comunidad o población y, por consiguiente, refleja también de manera indirecta su nivel de desarrollo económico y social. Este indicador social se obtiene a partir del suministro medido por contadores, estudios locales, encuestas o la cantidad total suministrada a una comunidad dividida por el número de habitantes. “En la Tierra habitan actualmente 6.000 millones de personas, de las cuales, cerca del 20% viven en 50 países que carecen de agua dulce. Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego”. (FAO, 2015).

Cada persona requiere agua para satisfacer sus necesidades individuales lo cual varía dependiendo de las características y tipo de consumo de cada individuo, sin embargo, el consumo general de agua es la suma del consumo de los agentes individuales, de donde se obtiene un promedio de consumo general de agua en una determinada zona, región, estado o país. “Para determinar la disponibilidad de agua en un país o área geográfica determinada, se maneja el “umbral de presión hídrica” (1.700 m<sup>3</sup>/hab-año), por debajo del cual aparecen frecuentemente las sequías y el “umbral de penuria” (1.000 m<sup>3</sup>/hab-año) por debajo del cual surgen problemas de abastecimiento a la agricultura e industria. Actualmente, se estima que 2.300 millones de personas están sometidas a presión hídrica y 1.700 millones sufren penuria, y se prevé alcanzar respectivamente los 3.500 y 2.400 millones de personas en el año 2025”. (OMS, 2015)

De esta manera la utilización de agua depende de la disponibilidad de esta, ya que el consumo de cada población depende directamente del acceso al agua. Si una



población supera el umbral de presión hídrica promedio la consecuencia inmediata es los escasos de agua, y cuando un recurso es escaso debe entonces asignarse entre diferentes usos posibles y excluyentes entre sí. “La cantidad adecuada de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal, limpieza del hogar) es de 50 l/hab-día. A estas cantidades debe sumarse el aporte necesario para la agricultura, la industria y, por supuesto, la conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales y, en general, dependientes del agua dulce. Teniendo en cuenta estos parámetros, se considera una cantidad mínima de 100 l/hab-día”. (OMS, 2015)

Considerando las diferentes cantidades promedio de consumo de agua en cada uno de los sectores económicos, los países con mayor uso de agua serán aquellos cuya economía se encuentre mayormente basada en las actividades que demanden una mayor cantidad de agua y aquellos donde sus niveles de población sean más elevados. “China, India y EE. UU. son los países que más gastan (el 38% del total). Así, en EE. UU. (un país que tenía 289 millones de habitantes durante el periodo en que se hizo el estudio) cada ciudadano consume cada año, de media, 2.842 metros cúbicos. En India (1.050 millones de personas) el consumo per cápita es de 1.089 metros cúbicos mientras que un ciudadano chino gasta 1.071 metros cúbicos”. (WWC, 2018)

Aunque el agua se administra de manera local en cada uno de los países, la disponibilidad de agua a nivel mundial está condicionada al consumo de agua de cada país. En este sentido el consumo de cada país afecta el consumo de todo el mundo.

Pues durante el proceso de extracción de agua y su uso existen pérdidas y contaminantes que generan una disminución en el agua disponible para consumo humano. “A nivel mundial, se extraen actualmente unos 3.600 km<sup>3</sup> de agua dulce para consumo humano, es decir, 1.600 litros/hab-día, de los cuales, aproximadamente la mitad no se consume (se evapora, infiltra al suelo o vuelve a algún cauce) y, de la otra mitad, se calcula que el 75 % se destina a la agricultura, el 25% a la industria y, tan solo el 10% a consumo doméstico. El sector agrícola

representa aproximadamente el 70% de todas las extracciones de agua dulce a nivel mundial, y más del 90% en la mayoría de los países menos desarrollados del mundo”. (WWC, 2018)

Así, entre sectores económicos existe una gran diferencia entre los requerimientos de agua, resaltando el sector primario. En el sector primario las cantidades promedio de agua utilizadas son superiores a los demás sectores, pero además en los subsectores del sector primario existen altas diferencias de consumo promedio de agua. “Los cereales, la carne y la leche son los productos que más agua necesitan. Así, el 27% del agua se destina al cultivo de cereales, el 22% a la carne y el 7% a la leche. Dentro de estos productos: 1 kg de carne de vacuno requiere de 15.000 litros, 1 kg de carne de pollo 6.000 litros, 1 kg de cereales 1.500 litros, 1 kg de cítricos 1000 litros y 1 kg de legumbres y tubérculos 1000 litros”. (FAO, 2015)

Desde esta óptica es necesario que se evalúen los procesos, usos y sectores donde se utiliza el agua con el objetivo de propiciar un consumo de agua sustentable y sostenible cuya viabilidad económica permita la conservación y el óptimo aprovechamiento del agua disponible en el mundo.

El problema de la disponibilidad y sostenibilidad del uso del agua nivel mundial se encuentra por lo tanto en el sector primario, por lo que el esfuerzo (políticas, proyectos e inversión) deben orientarse a este sector para crear un consumo de agua sostenible y eficiente a nivel mundial.

Deben considerarse desde los sistemas de riego en la producción agrícola, hasta los niveles de utilización en los sistemas de producción pecuaria. “Las políticas de apoyo a la generación de ingresos para los pequeños productores fomentan el crecimiento económico en las áreas rurales. Por ejemplo, se calculó la tasa interna de rendimiento de la inversión en el riego a gran escala en África Central en el 12%, mientras que la cifra correspondiente a la inversión en riego a pequeña escala en el Sahel se situó en el 33%”. (ONU, 2015)

Considerando que los procesos productivos en el sector primario son muy dispares dependiendo de los niveles tecnológicos con los que las unidades de producción cuentan, los niveles de rendimiento de las inversiones serán variados y en consecuencia los recursos deben orientarse a aquellas regiones donde las ganancias sean superiores.

Los estudios demuestran que las regiones rurales con menor nivel de tecnificación generan mayores dividendos en las inversiones en sistemas de riego y tecnificación de los procesos productivos primarios. “Las medidas de mejora de la gestión de los recursos hídricos han mostrado unas considerables ganancias económicas. Una inversión de entre 15.000 y 30.000 millones de dólares estadounidenses en la mejora de la gestión de los recursos hídricos en los países en desarrollo puede dar unos beneficios anuales directos del orden de 60.000 millones de dólares estadounidenses. Cada dólar que se invierte en la protección de las cuencas hidrográficas puede ahorrar entre 7,5 y 200 dólares en costes para nuevas instalaciones de tratamiento y filtración de aguas”. (ONU, 2015)

Las inversiones en conservación permiten también generar altos niveles de ganancias, ya que se ahorra en mantenimiento y renovación de instalaciones. Los estudios de evaluación de los ecosistemas permiten contabilizar los recursos hídricos y asignarles un valor económico mediante el cual se pueda comparar los niveles de inversión y sus beneficios. “La evaluación de los ecosistemas ha demostrado que los beneficios superan con creces los costes de las inversiones relacionadas con el agua en la conservación del ecosistema. El valor económico de los servicios del ecosistema en 2011 se estimó a nivel mundial en 124,8 billones de dólares estadounidenses. El producto interior bruto mundial se estimó en 75,2 billones de dólares estadounidenses ese mismo año”. (FAO, 2015)

Las inversiones que actualmente se realizan en la conservación y aprovechamiento del agua están principalmente orientadas en ampliar la cobertura de disponibilidad de agua con el fin de permitir el acceso a la mayor cantidad de personas posibles. Los costos derivados de invertir en incrementar la cobertura de agua son menores a los beneficios generados, lo que lo hace una inversión rentable en términos

sociales según los estudios recientes realizados por las instituciones internacionales. “Para alcanzar la cobertura universal se necesitarían 53.000 millones de dólares estadounidenses al año durante un período de cinco años, menos del 0,1% del producto mundial total (en 2010) y con un rendimiento de la inversión mucho mayor. Se estima que los beneficios de lograr el acceso universal al saneamiento son mayores que los costes, con una proporción de 5,5 a 1, mientras que para el acceso universal al agua potable la proporción estimada es de 2 a 1”. (OMS, 2015)

El acceso mundial al agua es el principal objetivo de las inversiones en los recursos hídricos en términos sociales y considerando que en términos económicos han demostrado ser altamente rentables, es urgente incrementar los esfuerzos en las inversiones dirigidas al agua, ya que el deterioro de los sistemas hidrológicos y la contaminación del agua es un problema que se acrecienta constantemente en el tiempo. “En las regiones en desarrollo, el rendimiento de la inversión en servicios hídricos y de saneamiento se ha estimado entre 5 y 28 dólares por cada dólar invertido. El uso ineficiente del agua para la producción de cultivos agota los acuíferos, reduce el caudal de los ríos, degrada los hábitats de la vida silvestre y ha provocado la salinización del 20% de la superficie mundial de tierras de regadío”. (FAO, 2015)

Los niveles de desarrollo de cada país condicionan la viabilidad económica de las inversiones en los recursos hídricos. Además de las condiciones geográficas que determinan la disponibilidad del agua, los procesos de extracción y uso del agua afectan el acceso al agua de la población.

#### **4.2. Situación actual del agua en México**

En México la administración del agua es responsabilidad del gobierno federal. Para su control se han establecido oficialmente trece regiones hidrológico-administrativas (RHA) con base en los límites geográfico - políticos de los municipios en cada estado y considerando a las cuencas localizadas al interior de cada región.

Cuadro 5: Características de las RHA.

Numero de RHA	Superficie continental (Km2)	Población 2015 (Millones de hab.)	Densidad De población (Hab./Km2)	Aportación al PIB nacional 2014 (%)	Municipios o delegaciones del D.F (número)
I	154279	4.45	28.8	3.61	11
II	196326	2.84	14.5	2.86	78
III	152007	4.1	29.7	2.88	51
IV	116439	11.81	101.4	6.14	420
V	82775	5.06	61.1	2.29	378
VI	390440	12.3	31.5	14.29	144
VII	187621	4.56	24.3	4.19	78
VIII	192722	24.17	125.4	19.8	332
IX	127064	5.28	42.6	2.24	148
X	102354	10.57	103.2	5.62	432
XI	99094	7.66	77.3	4.93	137
XII	139897	4.6	32.9	7.38	127
XIII	18229	23.19	1272.2	24.49	121
Total	1959248	121.01	61.8	100	2457

Fuente: Tomada de (CONAGUA, 2016)

A nivel nacional el organismo encargado de la administración y control de los recursos hídricos es la comisión nacional del agua (CONAGUA). La CONAGUA administra el agua por medio de un organismo administrativo establecido en cada una de las RHA's, en total trece instituciones localizadas geográficamente al interior de las regiones hidrológicas. "Se presentan variaciones importantes entre las características regionales. Al agruparse las regiones hidrológico-administrativas V, X, XI y XII, que se encuentran en el sureste del país, se pueden contrastar con las regiones restantes. Las regiones del sureste presentan dos terceras partes del agua renovable en el país, con una quinta parte de la población que aporta la quinta parte del PIB nacional. Las regiones del norte, centro y noroeste cuentan con una tercera parte del agua renovable en el país, cuatro quintas partes de la población y de la aportación regional al PIB nacional. Considerando el agua renovable per cápita, la disponible en las regiones del sureste es siete veces mayor que la disponible en el resto de las regiones hidrológico-administrativas de nuestro país". (SEMARNAT, 2017)

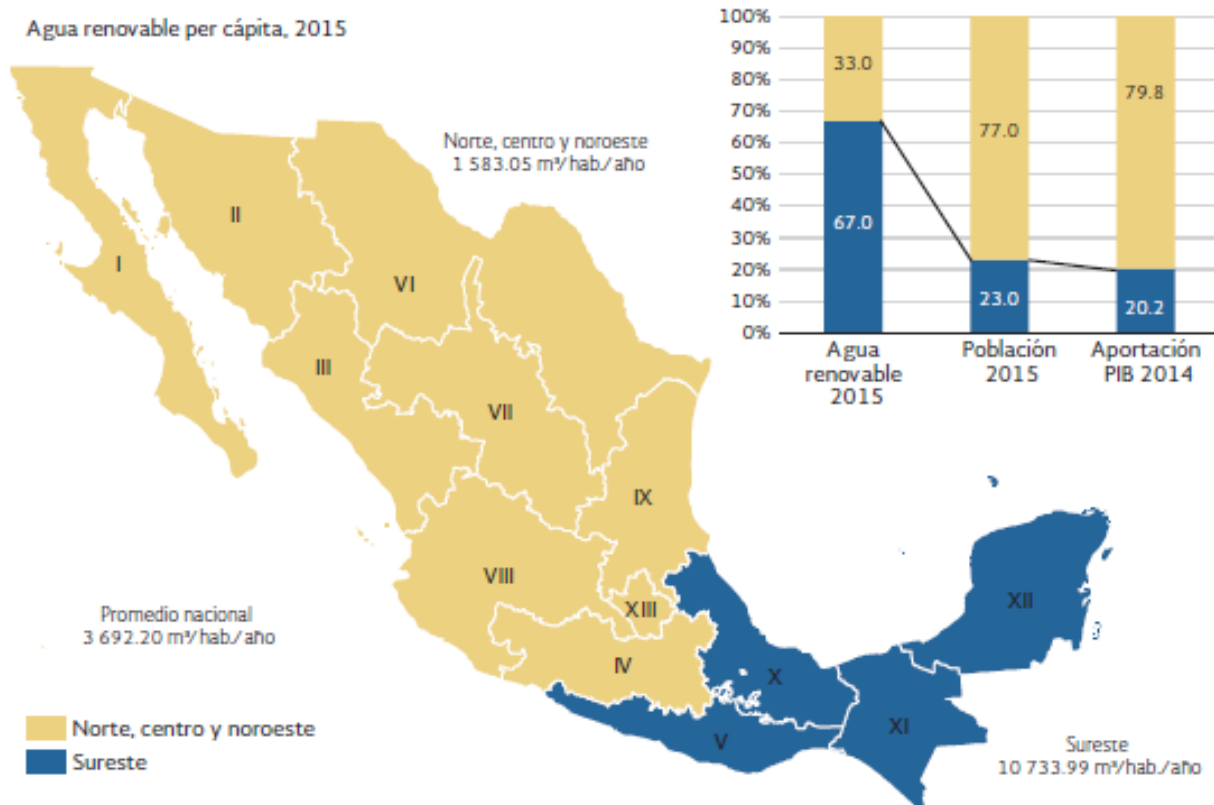


Figura 3: Contraste regional entre agua renovable y desarrollo

Fuente: Tomada de (CONAGUA, 2016)

El agua renovable se define en la mayoría de los textos como la cantidad de agua que es factible utilizar de manera sustentable en una región determinada contabilizada durante un periodo de tiempo, que generalmente es de un año. Este registro se establece a nivel municipal, estatal, regional, o nacional. “En México el nivel promedio de agua renovable es de 446 777 hectómetros cúbicos al año. El nivel de precipitación pluvial anual promedio es de 740 mm en los últimos 30 años. El año 2015 superó ampliamente el promedio registrando 872 mm “. (CONAGUA, 2016)

Los recursos hídricos a nivel nacional se extraen principalmente de las aguas superficiales y las aguas subterráneas con un nivel bajo de profundidad. La cantidad de agua disponible varía de acuerdo con la región geográfica. La región sureste

posee la mayor disponibilidad de agua a nivel nacional. “En México existen 653 acuíferos para la administración de aguas subterráneas las cuales aportan en 38.9% del total de agua utilizada para usos consuntivos donde 105 de estos acuíferos se encuentran actualmente en condiciones de sobreexplotación, 32 tienen presencia de suelos salinos y agua salobre y 18 con intrusión marina. Para el caso de las aguas superficiales existen 731 cuencas de las cuales 8 son cuencas fronterizas, 51 ríos principales con 87% de escurrimiento” (SEMARNAT, 2017)

El ciclo hidrológico constituye la parte más importante del movimiento de las masas de agua, ya que el volumen de agua que cae durante la lluvia se mueve en dos canales principalmente, el primero es mediante la evaporación donde una porción de agua regresa a la atmósfera y el segundo consiste en el escurrimiento que la transfiere a las aguas superficiales o a las aguas subterráneas.

La división política del área territorial de México condiciona la ubicación y división de los cuerpos de agua con los que se cuenta para el abastecimiento de toda la población nacional. “Las cuencas del país son 731 y se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas, y a su vez se agrupan en las 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA). En lo que se refiere a las aguas subterráneas, el país está dividido en 653 acuíferos. La CONAGUA cuenta con 3 160 estaciones en operación para medir las variables climatológicas, entre ellas temperatura, precipitación pluvial, evaporación, velocidad y dirección del viento. De éstas, 88 son observatorios que transmiten en tiempo real la información meteorológica. Las estaciones hidrométricas miden el caudal de agua de los ríos, así como la extracción por obra de toma de las presas. En México se dispone de 861 estaciones hidrométricas, entre ellas algunas automáticas. Por su parte, las estaciones hidro climatológicas miden algunos parámetros climatológicos e hidrométricos. La infraestructura de medición permite analizar el ciclo hidrológico.” (CONAGUA, 2016)

Respecto al ciclo natural del agua y el flujo actual del líquido en el país la autoridad oficial encargada de la administración del agua expresa que, “Anualmente México recibe aproximadamente 1 449 471 millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, se estima que el 72.5% se evapotranspira y regresa

a la atmósfera, el 21.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.3% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta los flujos de salida (exportaciones) y de entrada (importaciones) de agua con los países vecinos, el país cuenta anualmente con 446 777 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable”. (CONAGUA, 2016)

En este sentido los escurrimientos de agua que se generan en las cuencas fronterizas aumentan o disminuyen los niveles de agua del país dependiendo del sentido del flujo. Los límites geográficos establecidos artificialmente, por cuestiones de división política entre naciones, dificultan la administración de los flujos naturales ya que estas divisiones territoriales son determinados de manera arbitraria por cuestiones sociales o económicos que a través del tiempo son modificadas y reestructuradas.

Históricamente las civilizaciones se han asentado cerca de las fuentes naturales de agua, ya que las naciones prosperan mediante la utilización de los recursos naturales de los que disponen. Así, el valor del agua va más allá de su valor comercial o de mercado, ya que su ubicación física de manera natural no es controlable ni puede ser determinada por la acción del hombre más allá de presas y obras hidráulicas.

Es decir, los escurrimientos de agua de otro país hacia nuestro país suman al volumen de agua contabilizado en México y los escurrimientos de México hacia otros países con quienes comparte una cuenca fronteriza restan a los niveles de agua en México. “El agua renovable se debe analizar desde tres perspectivas: La primera es la distribución temporal: en México la lluvia ocurre en el verano y el resto del año es seco. La segunda es la distribución espacial: hay regiones con precipitación alta y poca población, y viceversa. Y la tercera es el área de análisis: la problemática del agua y su atención es predominantemente de tipo local. Los indicadores calculados a gran escala esconden las fuertes variaciones que existen a lo largo y ancho del país”. (SEMARNAT, 2017)





Núm.	Nombre
1	Baja California Noroeste
2	Baja California Centro-Oeste
3	Baja California Suroeste
4	Baja California Noreste
5	Baja California Centro-Este
6	Baja California Sureste
7	Río Colorado
8	Sonora Norte
9	Sonora Sur
10	Sinaloa
11	Presidio-San Pedro
12	Lerma-Santiago
13	Huicicila
14	Río Ameca
15	Costa de Jalisco
16	Armería-Coahuayana
17	Costa de Michoacán
18	Balsas
19	Costa Grande de Guerrero

Núm.	Nombre
20	Costa Chica de Guerrero
21	Costa de Oaxaca
22	Tehuantepec
23	Costa de Chiapas
24	Bravo-Conchos
25	San Fernando-Soto La Marina
26	Pánuco
27	Norte de Veracruz (Tuxpan-Nautica)
28	Papaloapan
29	Coatzacoalcos
30	Grijalva-Usumacinta
31	Yucatán Oeste
32	Yucatán Norte
33	Yucatán Este
34	Cuencas Cerradas del Norte
35	Mapimí
36	Nazas-Aguanaval
37	El Salado

Figura 4: Regiones hidrológicas de México.

Fuente: Tomada de (CONAGUA, 2016)

El análisis de los niveles de agua renovable en cada región o país debe considerar el total de la población que allí habita, pues la cantidad de agua demandada dependerá del tamaño de esta población. Es decir que para evaluar la situación del agua en una región se debe analizar desde la perspectiva de la disponibilidad de agua per cápita. “En algunas RHA como en la I Península de Baja California, VI Río Bravo, VIII Lerma-Santiago-Pacífico y XIII Aguas del Valle de México, el valor del agua renovable per cápita es preocupantemente bajo”. (CONAGUA, 2016)

Cuadro 6: Agua renovable per cápita en México 2015.

Numero de RHA	Agua renovable 2015 (hm3/año)	Población (Mill. Hab.)	Agua renovable per cápita 2015 (m3/hab./año)	Escorrentamiento natural medio superficial total (hm3/año)	Recarga media total de acuíferos (hm3/año)
I	4958	4.45	1115	3300	1685
II	8273	2.84	2912	5066	3207
III	25596	4.51	5676	22519	3076
IV	21678	11.81	1836	16805	4873
V	30565	5.06	6041	28629	1936
VI	12352	12.3	1004	6416	5935
VII	7905	4.56	1733	5529	2376
VIII	35080	24.17	1451	25423	9656
IX	28124	5.28	5326	24016	4108
X	95022	10.57	8993	90424	4599
XI	144459	7.66	18852	121742	22718
XII	29324	4.6	6373	4008	23316
XIII	3442	23.19	148	1112	2330
Total	446777	121.01	3692	354990	91788

Fuente: Tomada de (CONAGUA, 2016)

Considerando el nivel de agua per cápita, los niveles de agua renovable se vuelven relativos ya que el total de agua disponible depende del tamaño de la población que utiliza esa cantidad de agua.

Un análisis rápido de los datos de la tabla permite observar que la precipitación normal del país en el periodo de 1981-2010 fue de 740 milímetros. Los valores normales, de acuerdo con la organización meteorológica mundial (OMM), corresponden a los promedios calculados para un periodo uniforme y relativamente

largo, el cual debe tener como mínimo 30 años de recabar información, lo cual se considera como un periodo climatológico mínimo representativo. Además, dicho periodo deberá iniciar el 1° de enero de un año que termine en uno y finalice el 31 de diciembre de un año que termine en cero.

### **4.3. Situación actual del agua en Guanajuato**

Guanajuato se encuentra ubicado en el centro del país por lo que no tiene accesos directos a costas ni océanos, la principal fuente de agua proviene de aguas subterráneas, ríos y presas. Estas fuentes de agua se encuentran dispersas al interior de todo el estado y son usadas y administradas regionalmente. Sin embargo, existen también accesos de agua que cubren más de una región, como lo es el caso del río Lerma que fluye a través del estado casi en su totalidad, considerado como el río interior más largo de México.

La situación actual del agua en el estado de Guanajuato es crítica, la disponibilidad, el acceso y la cobertura han descendido en la mayoría de los indicadores. Regionalmente el incremento poblacional no ha crecido de acuerdo con la disponibilidad. El gobierno del estado ha reconocido públicamente la necesidad de incrementar los esfuerzos para incidir en la mejora de la situación hídrica al interior del estado y ha implementado programas y planes para afrontar la problemática

La principal acción en el estado con respecto a la problemática del agua es el programa hidráulico estatal, a cargo de la comisión estatal del agua en Guanajuato (CEAG). Este organismo es una dependencia de la comisión nacional del agua, cuyo fin es administrar el agua del estado de Guanajuato. La administración, control y distribución del agua es función del gobierno del estado. Al interior del estado cada municipio posee un organismo operador encargado de la administración del agua entre los habitantes de su región. Los organismos operadores se subdividen a su vez en organismos centralizados y organismos descentralizados.

Cuadro 7: Administración del agua en Guanajuato.

Descentralizados	Centralizados
------------------	---------------

---

1 Abasolo	25 Purísima del Rincón	6 Atarjea
2 Acámbaro	26 Romita	12 Cuerámbaro
3 San Miguel de Allende	27 Salamanca	16 Huanímaro
4 Apaseo el Alto	28 Salvatierra	24 Pueblo Nuevo
5 Apaseo el Grande	29 San Diego de la Unión	34 Santa Catarina
7 Celaya	30 San Felipe	40 Tierra Blanca
8 Manuel Doblado	31 San Francisco del Rincón	43 Victoria
9 Comonfort	32 San José Iturbide	45 Xichú
10 Coroneo	33 San Luis de la Paz	46 Yuriria
11 Cortázar	35 Santa Cruz de Juventino Rosas	
13 Doctor Mora	36 Santiago Maravatío	
14 Dolores Hidalgo	37 Silao	
15 Guanajuato	38 Tarandacuao	
17 Irapuato	39 Tarimoro	
18 Jaral del Progreso	41 Uriangato	
19 Jerécuaro	42 Valle de Santiago	
20 León	44 Villagrán	
21 Moroleón		
22 Ocampo		
23 Pénjamo		

---

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2015)

La determinación del tipo de sistema político de administración del agua en los municipios del estado de Guanajuato obedece a factores tales como la ubicación geográfica, el número de habitantes, la disponibilidad de agua y los niveles de cobertura de los servicios de agua potable, entre otros.

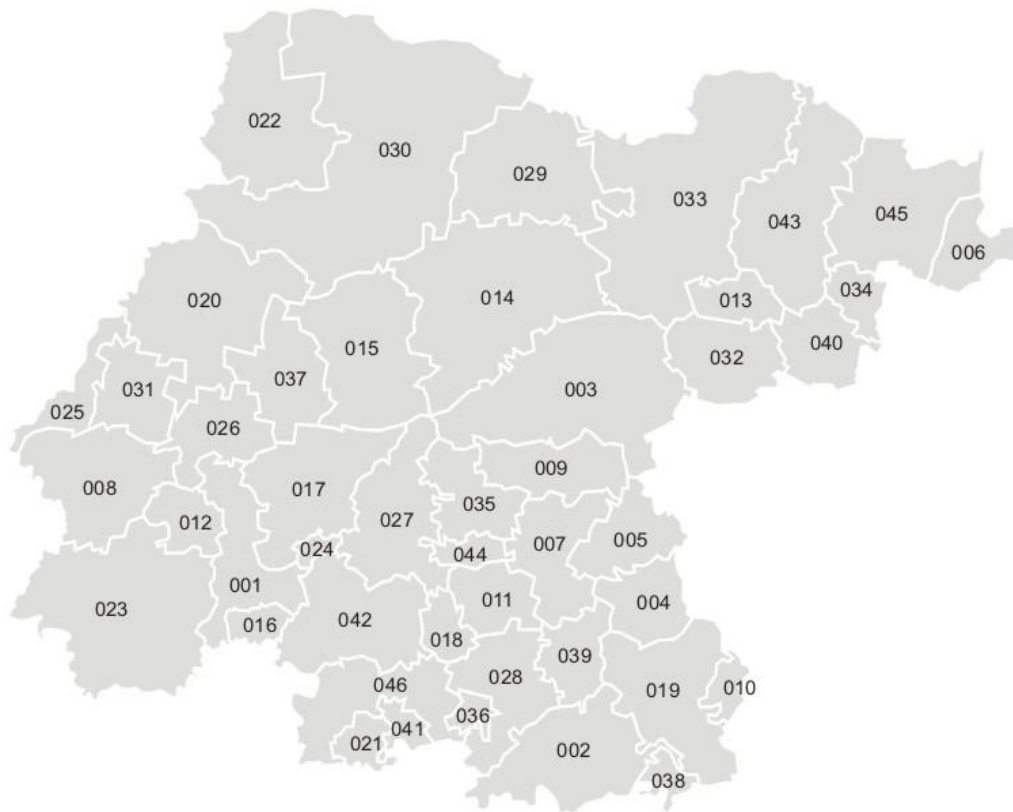


Figura 5: Mapa de la división política municipal del estado de Guanajuato.

Fuente: Tomado de (INEGI, 2015)

Los registros y cálculos para la administración del agua a nivel regional son bastante simples y específicos para cada aspecto del control del agua. Considerando la metodología empleada por los organismos operadores encargados de la administración del agua, existe una relación directa entre el crecimiento poblacional y el nivel de cobertura de los servicios del agua, es decir el incremento de la densidad de población en una zona (entendido por el incremento del número de habitantes en una región determinada) conlleva a un incremento del nivel de cobertura de los servicios de agua, lo cual podría ser inexacto.

Así mismo, el desarrollo económico y de infraestructura en cada municipio que se refleja en el incremento de tomas de agua o el aumento en la cantidad de agua utilizada por cada toma no refleja adecuadamente los niveles de cobertura del agua.

Cuadro 8: Población con agua en Guanajuato.

<b>Año</b>	<b>Población con agua</b>	<b>No. Tomas de agua (Domesticas + Mixtas)</b>
2011	4, 057, 345	954, 756
2012	4, 205, 268	989, 115
2013	4, 311, 120	1, 013, 785
2014	4, 428, 475	1, 041, 029
2015	4, 589, 546	1, 079, 423

Fuente: Tomada de (INEGI, 2015)

La inversión en infraestructura en las últimas décadas para el abastecimiento de agua y la cobertura de los servicios relacionados al uso del agua ha permitido mantener un nivel alto de disponibilidad para la población objetivo. “A nivel estatal la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado se encuentran en un 96.1% con respecto al agua potables y un 98.3% en el servicio de alcantarillado. En el servicio de saneamiento operan 48 plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales tratan el 88% de las aguas residuales recolectadas”. (INEGI, 2015)

El estado de Guanajuato, al estar condicionado al suministro de cuerpos de agua existentes en su territorio, requiere un alto nivel de explotación de sus recursos hídricos. El lago Yuriria y la presa Solís son los cuerpos más grandes de agua que posee la región. “El lago Yuriria es el cuarto lago más grande de México, considerando la extensión geográfica, cubre un área de 80 kilómetros cuadrados con una capacidad de almacenamiento de 188 millones de metros cúbicos” (CONAGUA, 2016)

## **CAPÍTULO V. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

### **5.1. Caracterización física**

El municipio de Acámbaro se encuentra localizado geográficamente en el estado de Guanajuato, en México. “Se encuentra a una elevación de 1,849 metros sobre el nivel del mar. El municipio se encuentra a 173 km de la capital. Su ubicación está en las coordenadas 100°30’06” y 101°00’00” de longitud oeste y 19°55’42” y 20°12’16” de latitud norte. Acámbaro colinda al norte con los municipios de Tarimoro y Jerécuaro, al sur con el estado de Michoacán, al este con Tarandacuao y al oeste con Salvatierra”. (Saucedo, 2015)

La mayoría de las comunidades y poblados que componen el municipio son rurales con una población reducida, solamente Irámuco, Parácuaro y Acámbaro (cabecera) cumplen con las características para ser denominadas urbanas. La ubicación del municipio resulta de suma importancia económica considerando que es una conexión entre el estado de Guanajuato y el estado de Michoacán.

Esto ha propiciado la inversión estatal en infraestructura, principalmente carretera, para generar vías de comunicación con los estados del centro del país importantes a nivel comercial como lo son el Estado de México y La ciudad de México. “La superficie total del municipio es de 86 mil 090.52 hectáreas. En cuanto a la tenencia de la tierra, el ejido posee 51 mil 959.71 hectáreas, la pequeña propiedad la constituyen 31 mil 993.79 hectáreas, de terrenos comunales se tienen 1.31 hectáreas y el resto es de zona federal”. (Pérez, 2010)

Geográficamente la ubicación del municipio lo coloca dentro de una microrregión al interior del estado de Guanajuato, con gran disponibilidad de agua e infraestructura como presas y represas. Lo anterior permite el desarrollo de la agricultura en el municipio.

Cuadro 9: Comunidades del municipio de Acámbaro.

<b>Comunidades del municipio de Acámbaro, Guanajuato</b>			
Adolfo Ruiz Cortínez	Irámuco	Los Órganos de Arriba	San José de la Peña
Agua Caliente	Isla Cerro Grande	Moncloa	San José de las Pilas
Andocutín	La Cañada	Monte prieto	San Juan Jaripeo
Arroyo Colorado	La Carpa	Nuevo Chupícuaro	San Juan Rancho Viejo
Arroyo de la Luna	La Ceba	Obrajuelo	San Juan viejo
Buenavista	La Chicharronera	Palo Blanco	S. Luis de los Agustinos
Chamácuaro	La Concepción	Pantaleón	San Miguel
Corral de Piedras	La Encarnación	Parácuaro	San Miguel del puerto
Cútaró	La Granja	Parcialidad de Irámuco	San Nicolás
El español	La Merced	Paredones	San Rafael
El Fresno	La Mesa	Piedras de Amolar	San Ramón
El Jaral del Refugio	La Ortiga	Pila de los Árboles	San Vicente Munguía
El Maguey	La Providencia	Presa de Santa Inés	Santa Clara
El Moral	La Purísima C.	P. de San Agustín	Santa Inés
El Piloncillo	La Soledad	Puerto de Cabras	Santa Rosa
El Ranchito	Las Cruces	Puerto Ferrer	Santiagoillo
El Rodeo	Las Jícamas	San Agustín	Solís
El Romero	Las Partidas	San Agustín	Teresa Loreto
El Sauz	Las Trancas	San Antonio	Tócuaro
El Tenorio	Loretito de las Cajas	San Cayetano	Tres Marías
El Zapote N. C	Los Ángeles	S. Diego de Alcalá	Valle Cuauhtémoc
Gaytán	Los Desmontes	S. F. De la Piedad	Viborillas
Guadalupe	Los Fresnos	S. F. Parácuaro	
Inchamácuaro	Los Órganos	S. F. Rancho Viejo	

Fuente: Elaboración con datos de (INEGI, 2015)

La subdivisión que precede a los municipios, en términos de tamaño, son las colonias. “La cabecera municipal se divide en: 43 colonias, donde San Isidro es considerada como la más extensa del municipio; 9 colonias con un delegado municipal y los 44 restantes con un representante de colonia; 8 fraccionamientos, 1 módulo y una unidad habitacional”. (Saucedo, 2015)



Cuadro 10. Colonias de la cabecera municipal en Acámbaro.

<b>Colonias de la cabecera municipal de Acámbaro</b>		
Col. 19 de septiembre	Col. La Cima	Col. Madero
Col. 22 de marzo	Col. La Cruz	Col. Magisterial San Isidro
Col. Chicoasén	Col. La Laja	Col. Paraíso Dorado
Col. Conjunto San Andrés	Col. La Soledad	Col. Piedras Chinas
Col. El Derramadero	Col. La Vega del Socorro	Col. Popular Villas del Sol
Col. El Mirador	Col. Las Arboledas	Col. Rancho Grande
Col. El Pitayo	Col. Las Flores	Col. Real del Puente
Col. El Universo	Col. Las Malayas	Col. San Isidro
Col. El Vergel	Col. Loma Bonita	Col. San Isidro II
Col. Emilio Carranza	Col. Lomas Verdes	Col. San Mateo Tócuaro
Col. Everardo Morales	Col. Los Girasoles	Col. Solidaridad Ferrocarrilera
Col. La Ascensión	Col. Los Laureles	Col. Velasco Ibarra
Col. La Cantera	Col. Los Pinos	Col. Vista Alegre
Col. La Cantera II	Col. Los Sauces	
Col. La Cañada	Col. Luis Echeverría	

Fuente: Elaboración con datos de (INEGI, 2015).

El resto de la subdivisión de la cabecera municipal está compuesta por los fraccionamientos y las unidades habitacionales.

Cuadro 11: Fraccionamientos de Acámbaro.

<b>Fraccionamientos de la cabecera municipal de Acámbaro</b>	
Fraccionamiento Pedregal de los Álamos	Fraccionamiento Valle de Acámbaro
Fraccionamiento Loma Dorada	Fraccionamiento Los Pinos
Fraccionamiento Vega del Socorro	Fraccionamiento La Cañada
Fraccionamiento El Capulín	Fraccionamiento El Vergel
Unidad Habitacional Benjamín Méndez Aguilar	Modulo Habitacional Independencia

Fuente: Elaboración con datos de (INEGI, 2015).

Estos elementos completan el grueso de las divisiones políticas establecidas al interior del municipio cubriendo la mayoría de las secciones poblacionales y asignando una ubicación geopolítica a cada comunidad. Cada estrato geográfico se caracteriza individualmente de acuerdo con los elementos que la componen y la cantidad de comunidades que lo integran, esto permite que se realicen con mayor facilidad los censos poblacionales.

## **Medio físico**

“En el municipio de Acámbaro existen diferentes tipos de unidades litológicas las cuales varían de acuerdo con la región, las principales son: Aluvión, Andesita, Basalto – brecha volcánica básica y Arenisca conglomerado. En menor medida al interior del municipio es posible encontrar: Toba ácida, Dacita, Riolita, Andesitas y Basaltos”. (Saucedo, 2015)

Respecto al clima, este se subdivide de manera regional dependiendo de la altitud de la zona, ya que el estado presenta elevaciones en todo su territorio. “En Guanajuato, Se diferencian dos zonas térmicas: la semicálida entre 18 y 22° C, y la templada con temperaturas entre 12 y 18° C. Los valores más altos de temperaturas máximas promedio fluctúan entre los 24 y 34° C, las temperaturas mínimas promedio marcan los límites más fríos que pueden soportar los cultivos, éstas oscilaron de 10 a 16° C”. (Granados, Reyna, Soria & Fernández, 2004)

El estado de Guanajuato está conformado geográficamente por 5 regiones entre las que se encuentran las sierras Central y Gorda, El Bajío, Los altos y El Valle Abajeño. El municipio de Acámbaro es parte de la zona valle del sureste, llamado Valle Abajeño. Las montañas que rodean el Valle Abajeño se encuentran en promedio a mil quinientos metros sobre el nivel del mar. (INEGI, 2015)

Sin embargo, algunas montañas o cerros superan los dos mil metros. Cada una de las elevaciones separa el municipio de los estados cercanos u otros municipios al interior del estado de Guanajuato, la más importante es la Sierra madre occidental. La importancia geopolítica de esta región, además de su importancia para la determinación del clima, la flora y fauna de la zona, es que permite la separación política entre el estado de Guanajuato y el estado de Michoacán. (Saucedo, 2015)

Respecto a la flora. El municipio de Acámbaro posee gran cantidad de vegetación la cual es muy variada dependiendo de la ubicación en sierra, montaña, serranía o tipo de superficie, sin embargo, en la en la mayoría de su territorio se encuentra el matorral xerófilo. En la parte de la sierra existen áreas de bosque donde se pueden

encontrar diferentes tipos de flora entre las cuales predominan las de encino y pino. (Pérez, 2010)

“El desarrollo de la agricultura en el municipio ha demandado mayor espacio dedicado a la agricultura, cambiando la utilización de la tierra al cultivo, lo que disminuye la existencia de flora nativa. Aunado a esto la utilización de los métodos de adaptación de la tierra como lo son el de rosa, tumba y quema contribuye también al deterioro de la fauna. La variedad de flora en la región no solo es dominada por plantas menores o silvestres, gran cantidad de la flora que habita en la región es cultivada por los habitantes del lugar con fines alimenticios, decorativos, medicinales entre otros usos. Plantaciones de granada y mezquite abundan en la zona en los alrededores de los poblados”. (Saucedo, 2015)

Respecto a la fauna. Las características climáticas y geográficas del municipio son propicias para una gran cantidad de fauna silvestre de diversa índole. Sin embargo, el cambio de la utilización de la tierra (destinada para introducir cultivos) no solamente afecta a la flora sino también a la fauna lo que ha provocado una rápida disminución de la población total de fauna en la región.

La fauna registrada en las diferentes regiones depende esencialmente de las condiciones geográficas y de la fauna en cada área. “Las variaciones entre el tipo de vegetación y las condiciones geográficas permiten el desarrollo de diferentes tipos de fauna. En esta zona en particular cobra gran relevancia la existencia de fauna acuática debido a la presencia de la presa Solís y una parte del lago de Cuitzeo. La fauna acuática incrementa considerablemente la población total de fauna en la región. Este tipo de fauna provee además las condiciones para que se desarrolle fauna semiacuática o especies de aves que se alimentan de la fauna acuática”. (Pérez, 2010)

La topografía del municipio de Acámbaro está compuesta principalmente por cañadas, lomeríos, sierras, llanuras y mesetas. Al este del municipio, en la zona colindante con el estado de Querétaro se localiza la región de sierras y llanos. La Sierra de los Agustinos es la sierra más amplia del municipio. “Acámbaro se

caracteriza por elevaciones localizadas al norte, noroeste, sureste y suroeste de su territorio, compartiendo este sistema de sierras con los municipios de Jerécuaro y Tarimoro. Estas elevaciones alcanzan alturas máximas de hasta 3,110 metros sobre el nivel del mar. El resto de las elevaciones corresponden a la Sierra de Los Agustinos 3,110, Cerro de San Andrés 2,670, Cerro Cuevas de Moreno 2,650, Cerro Ancho 2,630, Cerro La Lobera 2,540, Cerro Las Mujeres 2,530, Cerro San Antonio 2,520, Cerro El Guajolote 2,500, Cerro Los Lobos 2,500, Cerro de La Colmena 2,400, Cerro de La Tortuga 2,180, Cerro del Chivo 2,000 y Cerro del Toro 2,000 los cuales cuentan con una altura promedio de 2,500 metros sobre el nivel del mar”. (Pérez, 2010)

## **5.2. Aspecto social y económico**

### **Salud**

El sector salud en el municipio es administrado por el Estado, el acceso a la salud es brindado a La población por medio de instituciones públicas como lo son el Seguro Popular, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), ISSSTE y los Centros de Salud ubicados en las comunidades más pequeñas. “En Acámbaro la población derechohabiente de servicios de salud por parte de instituciones federales como PEMEX, SEDENA y/o SEMARNAT es de 58 personas, la población derechohabiente al Seguro Popular es de 52,024 personas, la población derechohabiente a servicios de salud pública en general es de 76, 919 personas. Para cubrir los servicios médicos en el municipio existen un total de 183 personas que fungen como personal brindando el servicio en 24 unidades médicas”. (INEGI, 2015).

### Cobertura de salud en Acámbaro

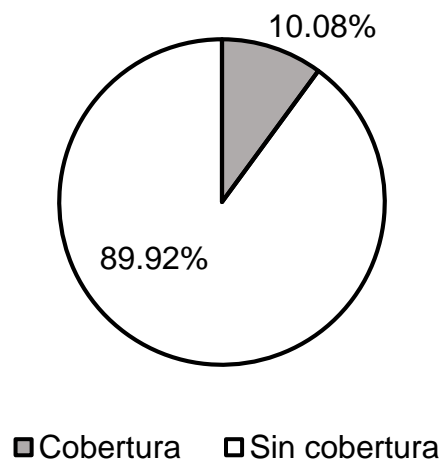


Figura 6: Población con cobertura de salud en Acámbaro

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2015)

### Educación

A nivel nacional la educación es obligatoria, en nivel básico, y además gratuita, es decir debe ser ofrecida por el Estado con la finalidad de que el total de los habitantes del país puedan acceder a la escuela.

En Acámbaro los niveles educativos disponibles al interior del municipio para su población son el preescolar, educación primaria, educación secundaria, educación medio superior (preparatoria y bachillerato) y educación superior.

Este municipio ha tenido grandes avances en términos de cobertura. “Dentro del sector educativo, éste ha registrado importantes avances con una cobertura casi del 100% en educación primaria y secundaria, de los 17,473 habitantes de 6 a 14 años el 92.15% son alfabetos, en nivel media superior de los 6,220 habitantes de 15 a 17 años el 99.68% son alfabetos y en nivel superior de los 13,047 habitantes de 18 a 24 años el 98.51% son alfabetos, destacándose el incremento en este último sector que constituye un aliciente para lograr la vinculación con el sector productivo del municipio”. (Saucedo, 2015)

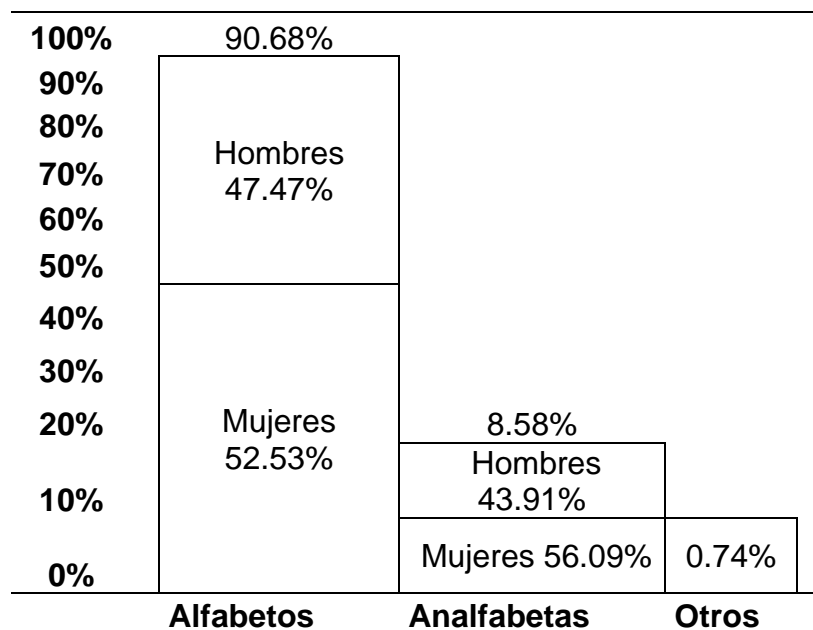


Figura 7: Rezago educativo en Acámbaro.

Fuente: Tomada de (INEGI, 2015)

### Pobreza y rezago social

En el municipio de Acámbaro el grado de rezago social está dentro de la categoría de muy bajo. Esta categorización se realiza considerando los indicadores de carencia social asociados a la medición de pobreza multidimensional, estos son: carencia por rezago educativo, carencia por acceso a los servicios de salud, carencia por acceso a la seguridad social, carencia por la calidad y espacio de la vivienda, carencia por servicios básicos de la vivienda y carencia por acceso a la alimentación. “Para 2010 el 55.2% de la población total del municipio de Acámbaro se encontraba en situación de pobreza y el 8.7% en situación de pobreza extrema. El porcentaje promedio a nivel municipal está por debajo del promedio estatal y nacional en 4 de los 6 indicadores de carencia social asociados a la medición de la pobreza multidimensional (carencia por acceso a los servicios de salud, carencia por la calidad y espacio de la vivienda, carencia por servicios básicos de la vivienda y carencia por acceso a la alimentación) y por encima, tanto a nivel estatal como nacional, en dos de ellos (carencia por rezago educativo y carencia por acceso a la seguridad social)”. (SEDESOL, 2015)

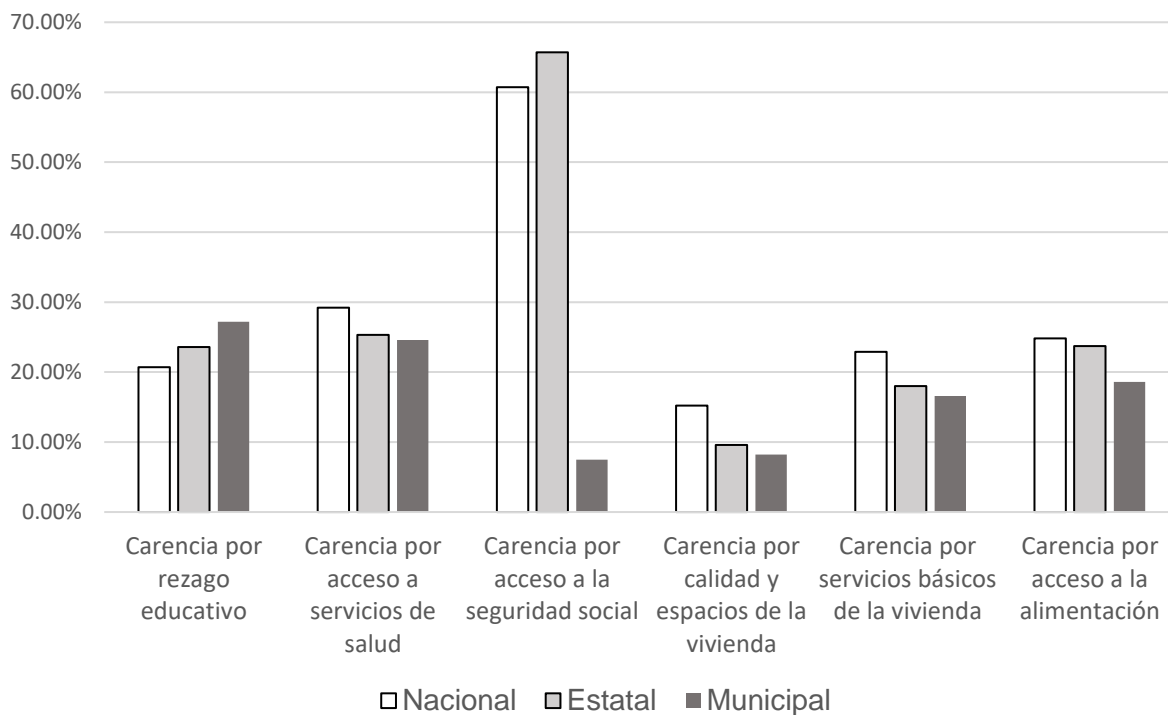


Figura 8. Indicadores de la pobreza multidimensional.  
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2015)

El rezago social en el municipio se combate mediante programas a nivel municipal, estatal y federal, dentro de los programas se encuentran: programa de infraestructura indígena, programa de coinversión social, programa de empleo temporal, programa hábitat, vivienda digna y el programa para el desarrollo de zonas prioritarias, etc.

### Sector productivo

El municipio de Acámbaro posee capacidad para el desarrollo de la ganadería lo que se manifiesta con la producción de ganado porcino, ovino, avícola, bobino y caprino al interior del municipio. “El principal motor económico del municipio lo constituye la agricultura, derivado del buen factor hidrológico y la calidad de la tierra con un 46.6% apto para la agricultura mecanizada, un 9% para la actividad mecanizada de forma estacional, además del 5.5% apto para la agricultura con tracción animal estacional, alcanzado una superficie de siembra de 33,938 hectáreas; conformada por diversos productos que se comercializan en el propio

Municipio, en el Estado, el país y actualmente se exporta a diferentes partes del mundo”. (Saucedo, 2015)

Los niveles de producción pecuaria son inferiores con respecto a los niveles estatal o nacional. Sin embargo, existen las condiciones para fomentar el incremento de la producción, es decir la producción potencial es elevada en la zona, considerando los factores climáticos, de disponibilidad de agua y extensión territorial con características que posibilitan la producción ganadera. Además, recientemente se ha aumentado la producción de especies acuáticas como carpas y bagre.

### **Sector comercial**

La producción en el sector primario ha permitido el desarrollo del sector comercial como medio para distribuir los bienes generados. La venta de los productos se realiza en mercados y comercios locales (incluyendo los tianguis en las comunidades), lo que fomenta la economía regional y permite la integración de los diferentes sectores económicos en el municipio. Así la inversión en los comercios y mercados locales impacta en todos los subsectores de la economía en el municipio.

La distribución poblacional por sector productivo se encuentra concentrada en el sector de servicios y la industria. “El número de habitantes asciende a 33,655, de los cuales 22.54% son asalariados, 12.78% agropecuarios, 23.40% obreros de la industria, 40.10% comerciantes y de servicios. Así, el 72.85% de la PEA es asalariadas y el 25.96% no”. (INEGI, 2015)



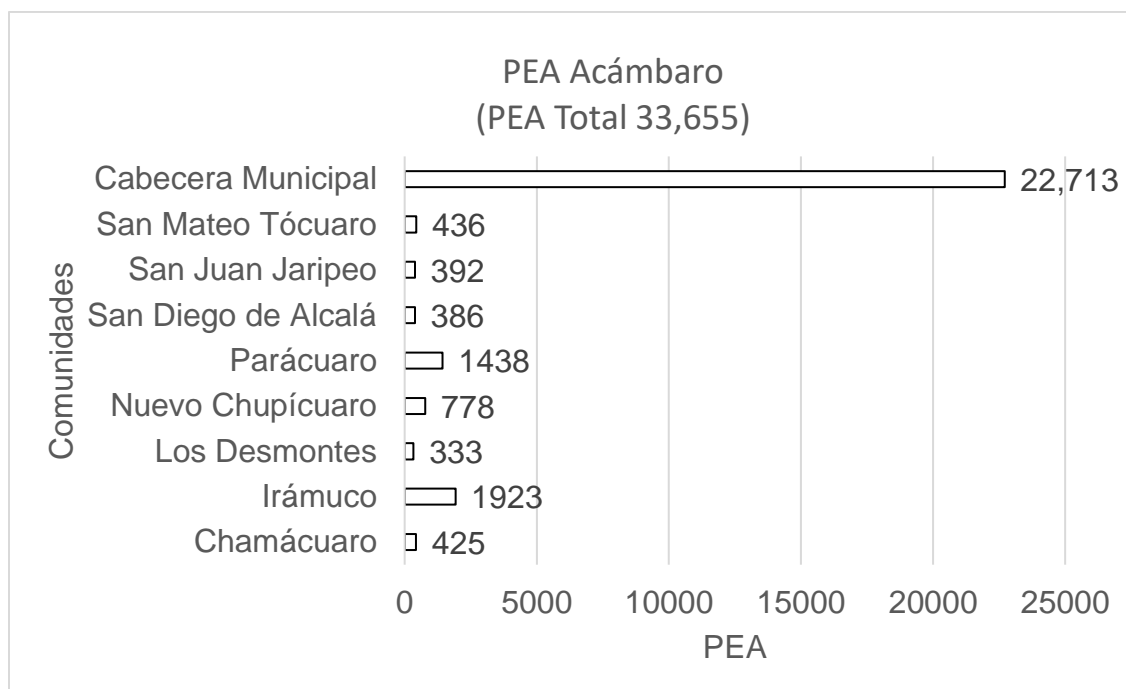


Figura 9. PEA total en Acámbaro.  
Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2015)

### Sector industrial

Al interior del municipio existen esencialmente tres tipos de empresas industriales que representan al sector industrial, estos son: la empresa automotriz (tres empresas establecidas en el municipio), la empresa panadera (existen gran cantidad de panaderías a nivel municipal, tanto en la cabecera municipal como en las diferentes comunidades) y la agroindustria.

Cuadro 12. PEA por sectores en Acámbaro.

<b>Datos del censo económico 2015 en Acámbaro</b>	
Población ocupada	33,655
Profesionales, técnicos y administrativos	22.54%
Trabajadores agropecuarios	12.78%
Trabajadores de la industria	23.00%
Comerciantes y trabajadores	40.10%

Fuente: Tomada de (INEGI, 2015)

### Sector turismo

El sector turístico, a pesar de poseer las condiciones propicias para su desarrollo como lo son su patrimonio histórico y natural, no tiene preponderancia como actividad económica en la región. Los programas de promoción del turismo a nivel estatal y nacional no se han incorporado a las condiciones del municipio por lo que no se ha desarrollado un plan municipal para fomentar el turismo.

### *Monumentos históricos*

Los principales monumentos históricos son: fuente taurina, templo de San Francisco, templo del hospital, templo expiatorio, Ermitas, el acueducto, fuente morisca, templo de San Antonio y el jardín Hidalgo. Además, el museo Acámbaro y museo Chupícuaro.

### *Zona arqueológica*

La zona arqueológica de Chupícuaro, se localiza al norte de la ciudad rumbo al fraccionamiento de Loma Bonita. Además de múltiples zonas alrededor de todo el municipio.

### *Fiestas, danzas y tradiciones*

Coronación de la virgen del refugio, semana santa, feria regional, fundación de la ciudad, el 19 de septiembre, desfile cívico-militar el 22 de octubre.

### **Demografía**

La población en el municipio de Acámbaro ha crecido en términos reales en las últimas décadas, sin embargo, se han registrado periodos con tasas de decrecimiento real. Los periodos en los que se han presentado las tasas negativas de crecimiento son generalmente explicados por casos de emigración. “En el año 2010 la población del municipio de Acámbaro fue de 109,03 habitantes. En el censo inter de 2015, la población ascendió a 112,125 contabilizadas en 27, 419 hogares, con un promedio municipal de edad de 27 años”. (INEGI, 2015)

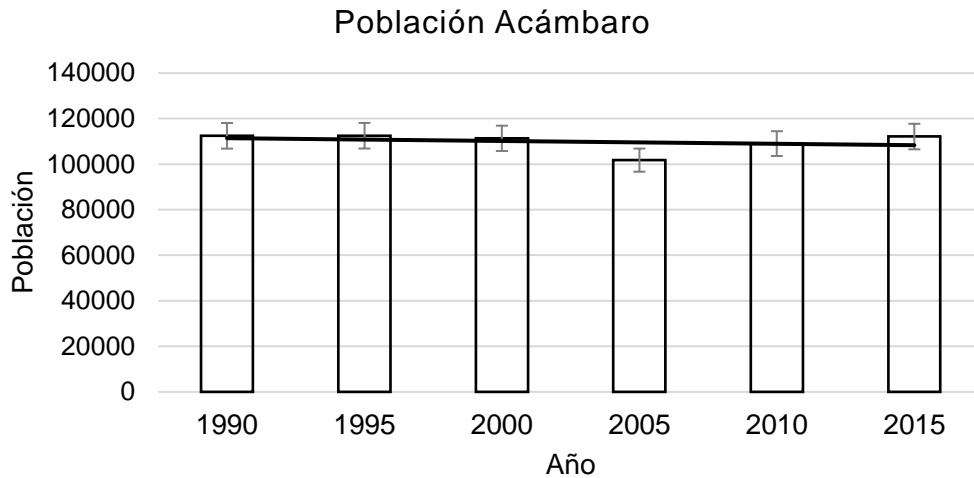


Figura 10: Población en Acámbaro.

Fuente: Tomada de (INEGI, 2015).

La ubicación poblacional geográficamente está concentrada en la cabecera municipal, donde radican más de la mitad de la población total del municipio. Aunado a que el aumento demográfico ha sido positivo en la última década.

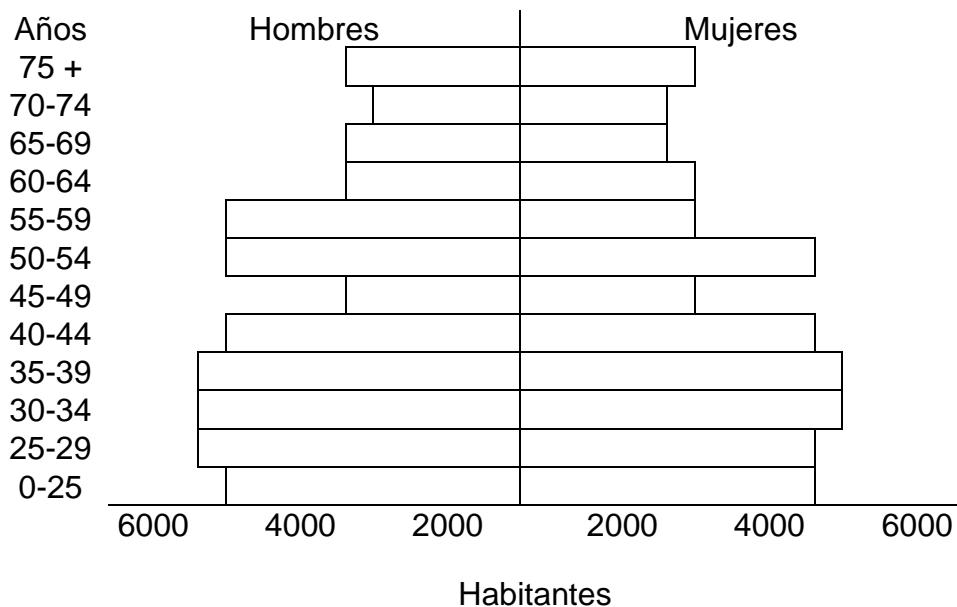


Figura 11: Población por edad y sexo en Acámbaro

Fuente: Elaboración propia con datos de (INEGI, 2015).

La población es heterogénea en el municipio, en el último censo la mayor parte de la población total corresponde al sexo femenino de edad joven (entre 20 – 40) años. Sin embargo, esta diferencia en magnitud respecto a la población masculina es minúscula.

La población de hombres y mujeres en el municipio es relativamente estable en una proporción de uno a uno considerando que el promedio en las últimas décadas se ha mantenido en un aproximado del 50% entre ambos géneros, aunque si consideramos los datos exactos de cada censo poblacional existe una pequeña diferencia con mayoría de personas del sexo femenino. Las condiciones económicas y sociales, tanto en aspectos demográficos como de entorno físico y medioambiental, se han modificado considerablemente en las últimas décadas en el municipio de Acámbaro. Uno de los principales detonantes del cambio medioambiental más notables es la construcción de la presa Solís, ya que la construcción de una presa representa una modificación total y definitiva al medio en el que se instale.

Cuadro 13. Población en Acámbaro.

<b>Población en Acámbaro</b>	<b>Total</b>
Población total	112,125
Población total hombres	53,812
Población total mujeres	58,313
Relación hombres-mujeres, 2015	90,52
Porcentaje de población de 15 a 29 años, 2015	24.17%
Porcentaje de población de 15 a 29 años hombres, 2015	11.91%
Porcentaje de población de 15 a 29 años mujeres, 2015	12.26%
Porcentaje de población de 60 y más años, 2015	15.48%
Porcentaje de población de 60 y más años hombres, 2015	7.42%
Porcentaje de población de 60 y más años mujeres, 2015	8.06%

Fuente: Elaboración propia con datos (INEGI, 2015)

### 5.3. Descripción de la presa Solís

La presa Solís, se ubica en el municipio de Acámbaro en el estado de Guanajuato, en el cauce del río Lerma en las coordenadas 20°03'04"N y 100°40'06"O. Esta presa se encuentra en estado activo, su funcionamiento continuo en la actualidad está bajo la administración de la comisión nacional del agua.



Figura 12: Ubicación de la presa Solís. Fuente: Tomada de (CONAGUA, 2016)

La construcción de la presa se remonta a la década de los años 20 y fue inaugurada 23 años después bajo el gobierno del entonces presidente Miguel Alemán Valdés. “En 1926, el gobierno federal mexicano celebró un contrato con la compañía de luz y fuerza del sureste para la proyección y construcción de la presa de Tepuxtepec destinada a la captación y almacenamiento de las aguas del río Lerma para su aprovechamiento en riego y producción de energía eléctrica. Con esta obra se pretendía regar cerca de 70 mil hectáreas localizadas entre el origen de la presa cerca del pueblo de Acámbaro, hasta las inmediaciones de Irapuato, si la presa alcanzaba una capacidad máxima de 500 millones de m<sup>3</sup>. La primera etapa se terminó en 1930, pero el proyecto original tuvo que ser modificado y reducido a una capacidad de 360 millones de m<sup>3</sup> para el beneficio de 55 mil ha, las cuales constituirían el distrito nacional de riego núm. 011”. (Arredondo, 2012).

Actualmente, como se aprecia en la tabla, el distrito de riego 11 se encuentra conformado por 11 módulos de riego entre los cuales se encuentra el de Acámbaro que posee más de 8 mil hectáreas que representan el 10% del total, donde 7 mil son regadas por gravedad y el resto mediante pozos. (INEGI, 2015)

Cuadro 14. Módulos del distrito de riego 011, en Guanajuato.

	Módulo	Superficie (ha)			Porcentaje (%)	Volumen Asignado (m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )	
		Total	Pozos particulares	Gravedad		Presas	Pozos oficiales
1	Acámbaro	8 707.91	1668.89	7039.02	9.54	72.634	1.73
2	Salvatierra	16168.15	4075.87	12092.28	16.39	124.777	7.86
3	Jaral	6685.82	2155.96	4529.86	6.14	46.742	4.16
4	Valle	13253.35	3955.96	9298.25	12.6	95.946	6.24
5	Cortázar	18385.01	5662.65	12722.36	17.24	131.278	9.13
6	Salamanca	14064.06	3771.85	10292.21	13.95	106.202	5.66
7	Irapuato	8320.55	401.05	4305.5	5.83	44.427	4.39
8	Abasolo	14960.05	4853.45	10106.6	13.69	104.287	8.78
9	Guáimaro	3777.47	1058.62	2718.85	3.68	28.055	4.39
10	Corralejo	1525.2	831.15	694.05	0.94	7.162	3.35
	Pastor Ortiz					45.09	
	Subtotal	105847.6	32048.59	73798.98	100	806.6	
11	La Purísima	4772.65	798.85	3973.8		24.9	0
	Total	110620.2	32847.44	77772.78	100	831.5	55.69

Fuente: Tomado de (Sáenz, 2003)

La principal fuente de abastecimiento de agua para riego agrícola y producción pecuaria del módulo de riego es la presa Solís, ya que es la obra hidráulica más grande en términos de capacidad en la zona que cubre este distrito de riego. “El DR 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, está situado al sur del estado de Guanajuato; comprende una extensión de 110 620 ha en manos de 23 486 usuarios, 55% de los cuales son ejidatarios y 45% son pequeños propietarios. La parcela media global en el distrito de riego es de 4.7 ha, con 3.7 ha en el sector ejidal y 7.6 ha en la pequeña propiedad”. (Saenz, 2003).

Cuadro 15: Características generales de la presa Solís.

<b>Característica</b>	<b>Valores</b>
Área de escurrimiento	8483 km <sup>2</sup>
Área de irrigación	116000 ha
Tipo de cortina	Rellena de material impermeable. Filtro intermedio y respaldo de enroscamiento.
Elevación de la corona de la cortina	1901.7 msnm
Altura de la cortina	50 m
Capacidad de diseño del vertedor	1380 m <sup>3</sup> /s
Capacidad total del embalse	1042 MMm <sup>3</sup>
Flujo de entrada promedio anual	24 m <sup>3</sup> /s
Precipitación anual promedio	720 mm
Evaporación anual promedio	1900 mm
Temperatura anual promedio	19 °C
Humedad anual promedio, %	60%
Nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME)	1898.78 msnm
Nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO)	1896.25 msnm
Nivel de aguas mínimas de operación (NAMINO)	1872.00 msnm

Fuente: Tomado de (Biosfera, 2006)

Históricamente, el levantamiento de la presa Solís requirió realizarse en etapas, a causa de fallos técnicos y fenómenos naturales.

Cuadro 16: Fenómenos meteorológicos en la zona de estudio (2006).

<b>Meses</b>	<b>Temperatura Precipitación*</b>		<b>Granizadas**</b>	<b>Neblina**</b>	<b>Tormentas**</b>
	<b>(°C) *</b>	<b>(mm/m<sup>2</sup>)</b>			
Enero	15.9	11.92	20	22	22
Febrero	17.37	3.98	6	57	12
Marzo	18.07	8.55	7	12	12
Abril	21.36	9.18	10	33	16
Mayo	22.96	45.74	37	53	51
Junio	22.31	120.83	69	128	121
Julio	20.64	156.7	114	178	185
Agosto	20.59	160.69	116	177	185
Septiembre	20.41	144	56	111	109
Octubre	19.34	51.46	42	53	49
Noviembre	17.9	9.09	12	41	21
Diciembre	16.34	3.99	3	12	21
<b>Total, de Días</b>			<b>492</b>	<b>877</b>	<b>804</b>

\*Medias mensuales. \*\* Días con registros.

Fuente: Tomada de (CONAGUA, 2016)

A 70 años de su inauguración y puesta en funcionamiento las características físicas y de capacidad de la presa Solís, se han modificado en relación con las iniciales. Hoy en día, “La Presa Solís tiene una capacidad de 728 hectómetros cúbicos, con una altura de 51.70 metros cuadrados, su longitud es de 780m con un ancho de corona de 10 m y una base de 275. El agua de la presa es utilizada principalmente para la agricultura. Acámbaro tiene una superficie sembrada total de 25,403 ha (1,018,085 ha, para todo el estado), destaca la producción de sorgo con 99,150 ton, maíz grano con 65,420 ton, alfalfa 48,430 ton. De esta producción, la superficie sembrada de temporal corresponde a 6,764 ha aproximadamente, mientras que la superficie sembrada de riego es de 18,639 ha”. (INEGI, 2015)

De acuerdo con la comisión nacional del agua, para los ciclos agrícolas recientes “La presa Solís impulsará los cultivos en los 11 módulos de riego que integran dicha demarcación: Acámbaro, Salvatierra, Jaral del Progreso, Valle de Santiago, Cortázar, Salamanca, Irapuato, Abasolo, Huanímaro, Corralejo, La Purísima y Pastor Ortiz, este último, de Michoacán, además, del distrito de riego 087, la comunidad Rosario Mezquite. Los volúmenes que utilizarán los distritos mencionados ascienden a 274.5 millones de m<sup>3</sup>, que beneficiarán a aproximadamente 15 mil productores agrícolas y a una superficie de 47 mil 698 hectáreas para 1.5 riegos”. (CONAGUA, 2016).



## CAPÍTULO VI. METODOLOGÍA

La valoración económica del agua de la Presa Solís fue realizada mediante la utilización de 3 metodologías de evaluación aplicables al caso del agua. La primera metodología fue la llamada contabilidad de costos en la cual se detallaron los costos en los que se incurre para la obtención y utilización del agua y con base en ello se determinó el valor del agua, además de incluir la consideración del impacto medio ambiental a manera de internalización de costos. La segunda consistió en la valoración contingente considerando el cálculo de la DAP como el valor del agua. Finalmente se aplicó la metodología de la programación matemática donde el precio sombra del factor productivo agua es relacionado a su valor.

### 6.1. Método directo (contabilidad de costos)

La metodología de contabilidad de costos consistió en contabilizar los costos globales en los que se incurrió para la construcción de la Presa Solís, actualizándolos a valor presente, considerando una tasa promedio de interés del 3%, y sumándolos a los costos actuales de funcionamiento, operación y mantenimiento de la presa. Los valores utilizados fueron tomados de las fuentes oficiales y del presupuesto de egresos e ingresos del estado de Guanajuato y el municipio de Acámbaro. Aquellos valores no disponibles fueron estimados con base en promedios y estadísticas.

Cuadro 17: Costos relacionados de la presa Solís

<b>Concepto*</b>	<b>Monto (\$)</b>	<b>Frecuencia</b>
Compensación	100 000	Único
Construcción	10 000 000	Único
Mantenimiento	50 000	Anual
Administración	20 000	Mensual
<b>Total</b>	<b>10 170 000</b>	

Fuente: Elaboración propia.

\*Valores promedio y/o redondeados.

Los montos se encuentran expresados en pesos mexicanos sin tasa de actualización. El concepto compensación se refiere al pago a los productores y

poseedores de las tierras donde se levantó la presa, a manera de indemnización por la expropiación de sus propiedades. Este pago fue realizado de manera individual a cada uno de los propietarios y fue publicado en el DOF bajo el termino de erogación compensatoria.

La construcción contempla el monto total de inversión realizada por parte del gobierno federal para la creación de la presa, aunque la aportación no se presentó en una sola exhibición los pagos fueron liquidados en el transcurso de un año y es por ello por lo que se contempla como un desembolso único. La cantidad incluye los costos de inversión previa desde la formulación del proyecto, los materiales utilizados, las nóminas, maquinaria y equipo utilizados, etc. El registro de cada elemento no se encuentra desglosado en las fuentes oficiales de información, razón por la que se utilizó el costo total final de construcción.

La actualización de los valores monetarios consistió esencialmente en la aplicación del principio de valor futuro, considerando la fórmula básica:  $[VF_n = C * (1 + r)^n]$  para su cálculo, entendiéndose como el valor actual del monto inicial de inversión en la construcción de la presa más el valor actual de los montos anuales utilizados en administración y mantenimiento. Con una tasa de interés real promedio de 5% con base en los promedios reales de la tasa de interés de los últimos 20 años.

Considerar la tasa promedio de interés real anualizada en los últimos 20 años permite hacer una aproximación que represente la realidad de la evolución de este parámetro, generando un buen indicador al ser utilizada en los cálculos metodológicos del presente estudio.

Considerando una inversión desde 1949 a 2019, a la fecha son 70 años de la construcción de la Presa Solís, se utilizó un periodo de capitalización de  $N=70$  bajo el supuesto de una tasa de interés fija constante a lo largo de todo el periodo.

Cuadro 18: Costos de la presa Solís capitalizados.

<b>Concepto</b>	<b>Monto (\$)</b>	<b>Tasa de descuento* (%)</b>	<b>Años de capitalización</b>	<b>VF<sub>n</sub> (\$)</b>
-----------------	-------------------	-------------------------------	-------------------------------	----------------------------

Compensación	100000	5%	70	3042642.55
Construcción	10000000	5%	70	304264255.36
Mantenimiento	50000	5%	70	1521321.28
Administración	20000	5%	70	608528.51
<b>Total</b>	<b>10170000</b>			<b>309436747.70</b>

Fuente: Elaboración propia.

\*Tasa de interés real promedio estimada en México en los últimos 20 años.

Desde esta óptica el valor real de la inversión en la presa en la actualidad asciende a \$ 309, 436, 747.70. Siguiendo la postura teórica de la metodología de contabilidad de costos (bajo la consideración que la función primordial de la presa es la disposición de agua) se puede deducir que el valor del agua de la Presa Solís se calcula dividiendo el valor real de la presa entre la cantidad de agua obtenida de la presa. En este sentido el valor del agua se obtiene mediante la fórmula:

$$V_A = V_P / Q_A.$$

Donde:

$V_A$ : Valor del agua de la presa por unidad (\$/m<sup>3</sup>)

$V_P$ : Valor real de la presa en la actualidad (\$).

$Q_A$ : Cantidad total de agua obtenida a partir de la presa (m<sup>3</sup>).

La consideración obvia en el caso de la Presa Solís es que el valor total fue calculado para 2019, utilizando un periodo de 70 años de funcionamiento, pero la vida útil de la Presa Solís es de 150 años, por lo que el valor total de la presa debiera ser estimado con una capitalización de  $n = 150$ .

Sin embargo, el cálculo del valor del agua requiere los niveles de obtención de líquido totales de la presa en el periodo completo y ya que los niveles de extracción del agua no son constantes y además a la vida útil de la presa aun le restan 40 años, lo propio es anualizar tanto el valor real de la presa como los niveles de extracción y/o tomar un año base utilizando valores promedio para así obtener el valor real anualizado del agua de la Presa Solís.

Cuadro 19: Valor del agua de la presa Solís

Valor anual de la Presa (\$)	Cantidad anual de agua (m <sup>3</sup> )	Valor del agua (\$/m <sup>3</sup> )
219743040	27500000	0.80936663

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, una vez hecha esta observación, y considerando que el promedio anual de obtención de agua es de 274 500 000 m<sup>3</sup>, el valor real del agua de la Presa Solís es de \$0.80/m<sup>3</sup>.

### **Metodología de valoración de impacto ambiental**

La primera etapa de la metodología en el área de estudio consistió en la caracterización del medio físico (descripción del clima, geografía, precipitación, temperatura, flora y fauna), el uso de suelos (tipo de cultivos) y la caracterización del medio humano socioeconómico y cultural.

La segunda etapa de la metodología consistió en la identificación de impactos generados por la construcción de la presa, antes, durante y después, así como durante la etapa de operación de esta. Además, es necesario considerar los efectos sobre el medio social en comunidades afectadas como desplazamiento y deterioro de infraestructura como caminos, carreteras, viviendas, entre otras).

Siguiendo la propuesta para la identificación de impactos en el área de estudio tradicional, se presenta de manera agregada a continuación los impactos ambientales generados en el área de construcción de la presa Solís, considerando solamente los impactos más relevantes:

#### *Impacto sobre la hidrología*

El principal impacto sobre la hidrología se encuentra en la capa superficial del agua y en la desviación del cauce. El impacto sobre la capa superficial del agua se concentra en la disminución de la calidad del líquido ocasionada por el ingreso de materia orgánica e inorgánica proveniente de las acciones de construcción. En

general, la materia que ingresa al agua es polvo, tierra y desechos de construcción los cuales pueden ser depurados mediante la corriente del agua la y esorrentía. Los contaminantes como gasolina, aceites y contaminantes químicos generan un impacto significativamente mayos sobre la calidad de las aguas, en cuyo caso la depuración es más complicada.

#### *Impactos sobre los suelos*

La afectación más notable del suelo es el aumento de la zona inundada. Esta nueva zona inundada se suma a la zona que ya se encontraba cubierta de agua. La pérdida de flora y fauna en toda la zona es el impacto con mayor representatividad.

#### *Impactos sobre la calidad del aire*

Los impactos que se producen sobre la calidad del aire durante la fase de construcción son en el aumento del ruido y levantamiento de polvo. Se deben a la actividad de la maquinaria, al transporte de materiales y los movimientos de tierra, lo que perjudica la flora y la fauna de manera poco significativa.

#### *Impactos sobre la fauna*

Los impactos sobre la fauna, durante el desarrollo de las obras, están directamente relacionados con la presencia de maquinaria. Como se ha comentado en el apartado relativo a la calidad del aire, la magnitud de este impacto es muy poco significativa.

#### *Impactos sobre el componente arqueológico*

En este caso la destrucción del área geográfica de la cultura Chupícuaro. La cultura Chupícuaro se encontraba asentada en el área inundada por la construcción de la presa. La población y parte de sus pertenencias fueron reubicadas en la zona conjunta a dos kilómetros de distancia aproximadamente de la Presa Solís.

*Impactos socioeconómicos.* Netamente positivo y de suficiente relevancia como para justificar el proyecto compensando el conjunto de impactos residuales negativos sobre otros factores.

## La matriz de Leopold, los valores

En este trabajo las escalas de valor asignadas para la medición de la magnitud y la importancia son los siguientes:

Cuadro 20: Escala de medida para la variable magnitud.

<b>Magnitud</b>		
<b>Calificación</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Afectación</b>
1	Baja	Baja
2	Media	Media
3	Alta	Alta

Fuente: Elaboración propia con base en cuadros estandarizados

La variable importancia se presenta usando la siguiente escala:

Cuadro 21: Escala de medida para la variable importancia.

<b>Importancia</b>		
<b>Calificación</b>	<b>Intensidad</b>	<b>Duración</b>
1	Baja	Temporal
2	Media	Media
3	Alta	Permanente

Fuente: Elaboración propia con base en cuadros estandarizados

Cuadro 22: Caracterización de la variable importancia.

<b>Importancia</b>					
<b>Calificación</b>	<b>Aparición</b>	<b>Complejidad</b>	<b>Localización</b>	<b>Reversibilidad</b>	<b>Recuperabilidad</b>
1	Largo plazo	Simple	Puntual	Corto plazo	Recuperable
2	Mediano plazo	Sinérgico	Local	Mediano plazo	Mitigable

Fuente: Elaboración propia con base en cuadros estandarizados.

Valor del Índice Ambiental (VIA), Magnitud (M) e Importancia (IMP):

$$VIA = M \times 2 (IMP)$$

Para organizar los impactos, en consideración a su valor:

- a) Crítico (C): Deterioro ambiental completo. VIA = (14-18)
- b) Severo (S): Posible recuperación ambiental. VIA = (10-14)
- c) Moderado (M): Deterioro manejable. VIA = (6-10)
- d) Leve (L): Deterioro reversible. VIA = (2-6)

Con base en estos parámetros la evaluación de impactos ambientales se presenta de manera cualitativa y cuantitativa, brindando mayores elementos para el análisis económico del fenómeno en estudio.

Las afectaciones identificadas fueron registradas y cuantificadas con base en los parámetros preestablecidos, arrojando los siguientes valores:

Cuadro 5: Matriz de Leopold (sección 1)

Componentes ambientales / Actividades del proyecto	Aire		Agua	
	Calidad del aire	Niveles de ruido	Calidad del agua	Agua subterránea
Fase de construcción				
Construcción del recrecimiento del aliviadero	1/-1	2/-1	1/-1	
Transporte y movimiento de maquinaria	1/-1	1/-1	2/-1	
Fase de operación				
Mantenimiento	1/-1		1/-1	
Incremento en la capacidad del embalse	1/-1	1/-1	1/-1	1/1
Fase de cierre del proyecto				

Desmontaje				
Rehabilitación de áreas			1/1	1/1
Número de afectaciones	4	3	5	2
Afectaciones positivas	0	0	1	2
Afectaciones negativas	4	3	4	0
Agregación de impactos	-4	-4	-3	2

Fuente: Elaboración propia, con base en la matriz genérica.

La sección primera contempla las afectaciones relacionadas al agua y al aire como receptores de los impactos medioambientales en cada etapa del proyecto. Esta parte de la matriz evalúa los niveles de calidad y cantidad, así como la magnitud e importancia del daño generado. Cada apartado presenta un nivel determinado de afectación considerando los diferentes elementos que lo componen y procurando mantener un conjunto de factores representativos del total del impacto ambiental.



Cuadro 6: Matriz de Leopold (sección 2)

Componentes ambientales / Actividades del proyecto	Suelo		Flora y Fauna	
	Geomorfología	Calidad del suelo	Flora	Fauna
Fase de construcción				
Construcción del recrecimiento del aliviadero	2/-3	3/-2	2/-3	3/-2
Transporte y movimiento de maquinaria	1/-1	1/-1	1/-1	1/-1
Fase de operación				
Mantenimiento		1/1		
Incremento en la capacidad del embalse	1/-1	1/-1	1/-1	1/1
Fase de cierre del proyecto				
Desmontaje	1/1	1/1	1/-1	1/-2
Rehabilitación de áreas	1/1	1/2	1/2	1/1
Número de afectaciones	5	6	5	5
Afectaciones positivas	2	2	1	2
Afectaciones negativas	3	4	4	3
Agregación de impactos	-6	-5	-7	-7

Fuente: Elaboración Propia, con base en la matriz genérica.

La sección segunda analiza los efectos sobre el suelo considerando la geomorfología y la calidad del suelo. Además, incluye el impacto sobre la flora y la fauna. Respecto a estos últimos elementos, la cantidad de especies afectadas son el principal recurso perjudicado.

Cuadro 7: Matriz de Leopold (Sección 3)

Componentes ambientales / Actividades del proyecto	Componente Humano			Relación con las comunidades
	Componente Arqueológico	Generación de empleos	Salud	
Fase de construcción				
Construcción del recrecimiento del aliviadero	3/-3	2/2	1/-1	3/-3
Transporte y movimiento de maquinaria	1/-2	2/1	1/-1	1/-2
Fase de operación				
Mantenimiento			1/1	1/1
Incremento en la capacidad del embalse		1/1		1/1
Fase de cierre del proyecto				
Desmontaje		1/1		
Rehabilitación de áreas		1/ 2	1/1	1/3
Número de afectaciones	2	6	5	5
Afectaciones positivas	0	6	3	3
Afectaciones negativas	2	0	2	2
Agregación de impactos	-11	10	0	-6

Fuente: Elaboración propia, con base en la matriz genérica.

Cuadro 8: Matriz de Leopold (Sección 4)

Componentes ambientales / Actividades del proyecto	Componente humano	
	Relación con las autoridades	Socioeconómico
Fase de construcción		
Construcción del recrecimiento del aliviadero	3/3	2/ 3
Transporte y movimiento de maquinaria	1/1	
Fase de operación		
Mantenimiento	1/1	1/1
Incremento en la capacidad del embalse		1/ 1
Fase de cierre del proyecto		
Desmontaje	1/-1	
Rehabilitación de áreas		1/ 3
Número de afectaciones	6	6
Afectaciones positivas	6	6
Afectaciones negativas	0	6
Agregación de impactos	10	11

Fuente: Elaboración propia, con base en la matriz genérica.

Los componentes de la matriz de Leopold se presentan de manera seccionada debido a la amplitud que representa la matriz completa, es decir para poder ajustarla al espacio de la página sin que se pierdan elementos ni la visión general de la tabla.

Cuadro 9: Comprobación de la matriz de Leopold

<b>Magnitud e importancia</b>		
<b>Afectaciones positivas</b>	<b>Afectaciones negativas</b>	<b>Agregación de impactos</b>
11	3	-34
11	2	-11
6	2	4
5	7	-3
4	3	1
11	0	18
Comprobación		-25
-25		

Fuente: Elaboración propia, con base en la matriz genérica.

A partir de los valores obtenidos por la aplicación de la matriz de Leopold, se generan las siguientes interpretaciones:

Cuadro 10: Valores de índice ambiental (VIA)

<b>Componente ambiental afectado</b>	<b>VIA</b>	<b>Criterio</b>	<b>Componente ambiental afectado</b>	<b>VIA</b>	<b>Criterio</b>
Aire			Componente humano		
Calidad del aire	2.5	LEVE	Paisaje	3.5	LEVE
Niveles de ruido	2.5	LEVE	Arqueológica	7.5	MODERADO
Agua			Generación de empleos	6.5	LEVE
Calidad del agua	2.5	LEVE	Salud	0	LEVE
Agua subterránea	1.5	LEVE	Relación con las comunidades	4	LEVE
Suelo			Relación con las autoridades	6.5	MODERADO
Geomorfología	4	LEVE	Socioeconómico	7.5	MODERADO
Calidad del suelo	2.5	LEVE			
Flora y fauna					
Flora	4.5	LEVE			
Fauna	4.5	LEVE			

Fuente: Elaboración propia, con base en la matriz genérica.

Existe, por lo tanto, un conjunto de factores ambientales que fueron levemente afectados por la construcción de la presa Solís entre ellos el aire, el paisaje y la generación de empleo. Por otro lado, los más afectados son el aspecto arqueológico, las relaciones sociales y el aspecto socioeconómico.

## **6.2. Metodología de valoración contingente aplicada al agua**

El siguiente método de valoración utilizado fue la valoración contingente, mediante encuestas aplicadas en diciembre de 2017, la aplicación de las encuestas fue distribuida aleatoriamente. La estimación de los parámetros se realizó mediante el software N – Logit 4, utilizando un modelo logístico binomial, donde la variable dependiente fue la disposición a pagar (DAP) y las variables explicativas fueron el ingreso y el vector de variables socioeconómicas.

En este estudio la variable dependiente es la utilidad (U) y las independientes son agua para riego (Q), el ingreso (Y) y un vector de variables (nivel educativo, percepción, edad, sexo y estado civil) socioeconómicas (S) esto es:  $U = f(Q, Y, S)$ . Así la utilidad ( $U_0$ ), corresponde a un estado de no consumo del agua ( $Q_0$ ) que es mejorable hasta ( $U_1$ ) a través del consumo del uso del agua ( $Q_1$ ) pagando (P) que proviene de su ingreso (Y). El cambio en el bienestar es:  $\Delta U = U_1(Q_1, Y, S) - U_0(Q_0, Y, S)$ . Estadísticamente la utilidad considera un elemento estocástico no observable e, por lo que:  $U_i(Q, Y, S) = V_i(Q, Y, S) + e$ . “Si el usuario acepta pagar “P”, debe cumplirse que:  $V_1(Q = 1, Y - P; S) - V_0(Q = 0, Y; S) > e_0 - e_1$ . Donde los términos  $e_0$  y  $e_1$  se asumen variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas. Se tiene que:  $\Delta V = V_1(Q = 1, Y - P; S) - V_0(Q = 0, Y; S)$  y  $h = e_0 - e_1$ . La respuesta del entrevistado SÍ/NO es una variable aleatoria. Así, la probabilidad del SI es:  $\text{Prob}(SI) = \text{Prob}(h \leq \Delta V) = F(\Delta V)$ . Donde F es la función de distribución acumulada de h. Al elegir una distribución para h, y especificando adecuadamente V, los parámetros de la diferencia indicada por  $\Delta V$  pueden ser estimados a través de las respuestas de los entrevistados”. (Tudela, 2011)

Se propone el modelo logístico del tipo binomial siguiente:

$$\text{Prov. (SI)} = \alpha_0 + \beta (\text{PRECIO}) + \alpha_1 (\text{INGRESO}) + \alpha_2 (\text{EDUCACIÓN}) + \alpha_3 (\text{SEXO}) \\ + \alpha_4 (\text{EDAD}) + \alpha_5 (\text{E. CIVIL}) + \alpha_6 (\text{SIT. LABORAL}) + \text{tú}$$

En este sentido la probabilidad de que el individuo encuestado esté dispuesto a pagar por el uso del agua de la presa Solís para regar sus cultivos depende del precio propuesto, de su nivel de ingreso, de su nivel de educación, de su género, edad, estado civil y situación laboral.

Se utilizó un código binomial para registrar el nivel de estudios del encuestado y se registró considerando la numeración 1= Primaria, 2= Secundaria, 3= Preparatoria, 4=Licenciatura, 5= Posgrado. El nivel de ingreso se registró mediante los rangos de ingreso: 1 = < \$4000, 2 = \$4000 - \$8000, 3 = \$8000 - \$12000, 4 = \$12000 - \$18000, 5 = \$18000 - \$25000, 6 = >\$25000. Los límites superiores de cada nivel de ingreso fueron considerados como parte del siguiente estrato. La variable edad se registró como una variable lineal ascendente (18, 19, 20, 21, ...).

La categorización de las variables por estratos se registró mediante la utilización de un código numérico el cual se presenta a través del cuadro siguiente:

Cuadro 11: Código de registro de respuestas

<b>Código</b>	<b>Educación</b>	<b>Precio (\$/m3)</b>	<b>Ingreso (\$)</b>	<b>Edad*</b>	<b>Percepción</b>	<b>DAP</b>
1	Primaria	0.5	< 4 000	18	Amplio	SI
2	Secundaria	1.0	4 000 - 8 000	19	Moderado	NO
3	Preparatoria	1.5	8 000 - 12 000	20	Bajo	
4	Licenciatura	2.0	12 000 - 18 000	21	Nulo	
5	Posgrado	2.5	> 18 000	...		

\*La variable edad por su naturaleza comprende un rango de 18 a 90.

Fuente: Elaboración propia.

Las variables endógenas del modelo requirieron ser expresadas en términos numéricos para poder ser ingresadas y analizadas en el software de procesamiento de datos. Las categorías de cada variable se expresaron mediante estratos, en

general de 5, respondiendo a los valores contenidos en cada variable y al número de posibles respuestas en el cuestionario.

Cuadro 12. Estadísticas descriptivas

<b>Variable</b>	<b>Media</b>	<b>Des. Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Casos</b>
Edad	37	14.95	18	74	15
Nivel Estudios	3.3	1.206	1	5	15
Ingreso	2.5	1.618	1	6	15

Fuente: Elaboración propia.

El 93% de las personas entrevistadas fueron hombres y las 7% restantes fueron mujeres. El promedio de edad de los encuestados fue de 37 años. El nivel de estudios promedio de los entrevistados fue Preparatoria. El ingreso promedio de los entrevistados fue de \$8000 -\$1200.

*Correlación de variables.*

Los resultados finales que arrojo el procesamiento de datos, a manera de valor específico de los coeficientes para el modelo, generado a partir de la captura de las respuestas obtenidas en las encuestas aplicadas, son:

Cuadro 13: Coeficientes del modelo

<b>Variable</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>B/st.er.</b>	<b>P[ Z &gt;z]</b>	<b>Media de x</b>
Constante	-.54595762	2.15626240	-.253	.8001	
Precio	-.05236203	.14929181	-.351	.7258	3.49305556
Edad	.05882431	.03265223	1.80	.0716	37.23611111
Niv. Estudios	.25427920	.37728260	.674	.5003	3.30555556
Ingreso	-.07023713	.27947018	-.251	.8016	2.50000000

Fuente: Elaboración propia.

Los efectos parciales de las variables del modelo sobre la DAP en términos de probabilidad.

Cuadro 14: Predicciones del modelo de elección binaria

Valor real	Valores predichos		Total, real
	0	1	
0	(1.4%) *	(18.1%)	(19.4%)
1	0 (0%)	(80.6%) **	(80.6%)
Total	(1.4%)	(98.6%)	(100%)

\*\*Predicciones negativas correctas = total 0s correctamente predichos

\*Predicciones positivas correctas = total 1s correctamente predichos.

Fuente: Elaboración propia.

El total de predicciones correctas por el modelo es de 82% y 18% de errores en las predicciones del modelo. El nivel de predicción del modelo para el conjunto de variables es aceptable. Respecto a la DAP se obtuvo que:

Cuadro 15: Estadísticas descriptivas de las DAP's

Variable	Media	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Casos
DAP	0.99966	.010206	.5	1.5	15

Fuente: Elaboración propia.

La PDA estimada en el área de estudio fue de \$ 1 / m<sup>3</sup>.

### 6.3. Metodología de programación matemática

Para contrastar los resultados de la metodología directa de contabilidad de costos y la metodología indirecta de valoración contingente se generó un modelo de programación lineal matemática que permitió determinar el precio sombra del agua en la zona de estudio a partir de la productividad marginal del recurso.

Investigaciones previas han determinado diferentes modelos aplicando la metodología de programación matemática a casos de estudio para determinar el precio sombra del agua llegando a resultados como el de (Sáenz, 2003) donde expone que: "Utilizando los registros históricos de los costos del agua y mediante

un modelo de programación lineal, los modelos encontrados fueron:  $B = 177.6 V^{0.304}$  y  $PS = 54.02 V^{-0.696}$ . Dónde: B = valor de la producción obtenido a partir del volumen de agua utilizado (millones de pesos); V = volumen de agua utilizado (millones de m<sup>3</sup>) PS = precio sombra del agua (pesos m<sup>3</sup>). Tomando en consideración el promedio histórico del valor de la producción, 1470 millones de pesos, se obtiene que el precio sombra del agua es sólo de \$ 0.43 m<sup>3</sup>, lo cual es un valor bajo". (Sáenz, 2003)

Los valores utilizados en este modelo se desprenden de los patrones de cultivo en la zona de estudio, principalmente maíz, sorgo y trigo. Los precios netos utilizados de los cultivos son 4000\$/ton, 5000\$/ton y 3000\$/ton respectivamente. Los principales factores de producción son tierra, maquinaria, capital y agua. los coeficientes técnicos para cada tipo de cultivo se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Cuadro 16: Coeficientes técnicos de los principales cultivos en Acámbaro

<b>Cultivo</b>	<b>Precio Neto* (\$/ton)</b>	<b>Tierra (ha)</b>	<b>Maquinaria (hrs)</b>	<b>Capital (\$/ha)</b>	<b>Agua (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Trabajo (Jornal /ha)</b>
Maíz	4000	1	3	51,379	6000	5
Trigo	5000	1	6	24356	7000	7
Sorgo	3000	1	4	18979	3600	6

Fuente: Elaboración propia.

\*Valores promedio y/o redondeados.

El problema para solucionar consiste en determinar el precio sombra del insumo agua en la producción de los cultivos considerados, a partir de los valores presentados y bajo el supuesto de que el agua es un recurso escaso, útil y versátil. En este sentido el planteamiento del modelo de maximización está en función del patrón de cultivos, los coeficientes técnicos de los factores de producción y su disponibilidad.

Cuadro 17: Disponibilidad de factores

<b>Producto</b>	<b>Tierra (ha)</b>	<b>Maquinaria (hrs)*</b>	<b>Capital (\$/ha) *</b>	<b>Agua (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Trabajo</b>
Sorgo	99150	D.C	D.C	274500000	1534



Maíz	65420	D.C	D.C	274500000	1534
Alfalfa	48430	D.C	D.C	274500000	1534
Total	213000	D.C	D.C	274500000	1534

\*Disponibilidad completa. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los datos el problema de optimización es:

Max 4000 Maíz + 5000 Trigo + 3000 Sorgo

Sujeto a:

(Tierra) Maíz + Sorgo + Trigo = 213 000

(Agua) 200 Maíz + 250 Trigo + 100 Sorgo = 274 500 000

(Trabajo) 5 Maíz + 7 Trigo + 6 Sorgo = 1 534

La programación matemática utiliza las variables  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$  como valor alfanumérico para las variables Maíz, Trigo y Sorgo respectivamente, el problema resuelto por medio del programa matemático arroja los siguientes resultados:

Valor de la función objetivo: 122720.0

Cuadro 18: Valores críticos del modelo

Variable	Valor	Costo reducido
Maíz	306.8	0
Trigo	0	260
Sorgo	0	280

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19: Valores críticos de los factores

Factor	Faltantes/Sobrantes	Dual Price
Tierra	212693	0
Agua	213140	0.80
Trabajo	0	80

Fuente: Elaboración propia.

El precio sombra del agua a partir de los resultados generados por el programa es de 0.80. Desde esta óptica se puede relacionar el valor real del agua es de \$0.80/m<sup>3</sup>.

Si consideramos el análisis de sensibilidad los valores son los siguientes:

Cuadro 20: Análisis de sensibilidad

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente obtenido</b>	<b>Incremento permitido</b>	<b>Decremento permitido</b>
Maíz	4000	Infinito	186
Trigo	5000	260	Infinito
Sorgo	3000	280	Infinito

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de producción óptimo del maíz permite un incremento infinito de precio neto, esto es acorde a la ley de oferta que enuncia que a mayor precio mayor nivel de producción. Por el contrario, el modelo permite una reducción de hasta \$186/ton sin que la solución básica no cambie.

Cuadro 21: Rangos de disponibilidad de factores

<b>Factor</b>	<b>Disponibilidad real</b>	<b>Incremento permitido</b>	<b>Decremento permitido</b>
Tierra	213000	Infinito	12630
Agua	274500	Infinito	31450
Trabajo	1534	5328	1533

Fuente: Elaboración propia.

La disponibilidad de factores determina los valores de la función objetivo, en este sentido la dependencia del nivel de producción al agua, tierra y trabajo permiten medir la importancia de los factores productivos en el proceso productivo y en las decisiones de producción. Particularmente en esta investigación interesa el factor agua.

## RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La aplicación de diferentes metodologías permite, además de manejar una visión más amplia de la problemática, contrastar los resultados entre ellas y el precio real de mercado.

Cuadro 22: Resultados de las metodologías de valoración aplicadas al agua

<b>Metodología</b>	<b>Valor (\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Diferencia del precio</b>
Valoración contingente	1.00	+0.50
Programación matemática	0.80	+0.20
Análisis de costos	0.80	+0.20
Precio de Mercado	0.50	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las metodologías de valoración arrojan valores superiores al precio de mercado para el agua de la Presa Solís utilizada para el riego de los principales cultivos en la agricultura de la zona.

En el caso de la Valoración contingente la DAP que los usuarios afirman tener es mayor al precio real. La programación matemática arroja un Precio sombra superior al precio actual del agua. Finalmente, a través del análisis de costos se obtiene que el precio actual del agua no cubre los costos en los que se incurre para obtenerla.

La inversión en investigación y desarrollo que permita generar infraestructura y tecnología necesaria para optimizar los sistemas de uso y consumo de agua particularmente en la agricultura es necesaria y urgente ya que, además de estar demostrada su alta rentabilidad, de ella depende la subsistencia de la producción de alimentos y por lo tanto del hombre.

En la mayoría de los casos, el aumento de la productividad de uso del agua (es decir, producir más cosechas o valor por volumen de agua empleado) es la vía más importante para la gestión de la demanda de agua en la agricultura. Esto es posible gracias a la combinación de un mejor control del agua, una mejor ordenación de tierras y mejores prácticas agrícolas. Además, las inversiones en infraestructuras

hidráulicas por sí solas no son suficientes para mejorar la productividad agrícola. Los agricultores necesitan tener acceso a insumos como abonos y semillas, acceso al crédito y a una mejor educación e información acerca del uso de los insumos y de las técnicas más modernas.

Por medio de la metodología de Valoración Contingente se determinó la relación de la DAP con respecto a las variables utilizadas. Para el caso de las variables ingreso, edad y nivel educativo se obtuvo una relación positiva. En otras palabras, a medida que el individuo tiene mayor ingreso está más dispuesto a pagar por el uso del agua, al igual que si la persona es de edad más avanzada su disposición a pagar se incrementa y entre mayor sea su nivel educativo mayor será su disposición a pagar. En el caso del precio la relación es negativa, como se esperaba, si incrementa el precio las personas estarán menos dispuestas a pagar.

La mayoría de las personas están dispuestas a pagar un monto por el uso del agua de la Presa Solís, sin embargo, el monto que están dispuestos a pagar es menor que el precio de mercado del actualmente. En la zona la mayoría de los entrevistados mostraron un conocimiento, al menos general, acerca de la situación actual del agua en términos de disponibilidad y costos.

Desde la óptica de la metodología de contabilidad de costos, los valores actualizados de las inversiones realizadas en los últimos 70 años desde la construcción y puesta en funcionamiento de la Presa Solís divididos entre la cantidad de agua utilizada muestra que el valor del agua de la zona es menor a \$1/m<sup>3</sup>. Los costos contemplan la administración y mantenimiento que se realizan cada año. Con el objetivo de realizar una investigación más completa, se consideraron las externalidades negativas como son los daños al ecosistema y el deterioro de los recursos naturales en la zona de estudio. Las externalidades se evaluaron mediante la aplicación de la metodología de evaluación de impacto ambiental bajo el sistema matricial específicamente la matriz de Leopold.

La internalización de los costos generados por las externalidades requiere ser expresada en valores monetarios, y ante la falta de todos los datos necesarios para

realizar el proceso de monetización se generó un listado de los elementos afectados y se categorizaron según el grado de afectación, es decir, se realizó un estudio cualitativo en lugar de cuantitativo.

A partir de la metodología de programación matemática, se determinó que el precio sombra del agua en la zona de estudio es de \$1/m<sup>3</sup> desde la perspectiva teórica de esta metodología el precio sombra refleja su valor real. Sin embargo, considerarla como un factor productivo restringe su importancia ya que es indispensable para la producción agrícola

A manera de conclusión general del estudio es posible afirmar que las Hipótesis generadas con base en los objetivos se cumplieron de la forma esperada por la teoría, ya que generalmente el precio de los recursos naturales está subvalorado o subsidiado.

Además, es necesario mencionar las limitaciones de este estudio, ya que los resultados dependen del momento y las condiciones en las que se aplica la encuesta (en el caso de la MVC), los valores estimados son valores promedio (para el caso de la programación matemática) y el valor actual depende de la tasa de descuento utilizada que está en función de la fuente elegida (en el caso de la contabilidad de costos).

Finalmente, aunque estas metodologías permiten un acercamiento confiable, es necesaria la generación de estudios más específicos con diferentes metodologías que complementen los resultados e incluyan el valor del impacto ambiental asignándole mayor importancia y un peso relativo mayor. Por ejemplo, la aplicación de métodos de valoración de impacto ambiental que permitan establecer un valor específico y adecuado en términos monetarios para que las externalidades puedan ser internalizadas en las funciones de costos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdalla, C., Roach, A., & Epp, D. (1992). Valuing environmental quality changes using averting expenditures: an application to groundwater contamination. *Land economics*, 163-169.
- Abdul, S., Eatzaz, A. & Krishna, P. (2007). Willingness to Pay for the Quality of Drinking Water. *The Pakistan Development Review*, 46, No. 4, pp. 767-777. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/41261195>
- Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA). (2019). *Plan Estratégico de la EPA para los años fiscales 2018-2022*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/planandbudget/fy-2018-2022-epa-strategic-plan> (Fecha de consulta: 03 de julio de 2019: 2:45 pm)
- Aguilar, W. (2006). Permisos de contaminación negociables: Un instrumento de mercado para la regulación ambiental. *Análisis Económico*, 21 (48), 257-288. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/413/41304813.pdf>
- Ait-Kadi, M. (2002). Irrigation water pricing policy in Morocco's largescale irrigation projects. *Hommes Terre Eaux*, 32(124):25–33
- Albiac, J., Hanemann, M., Calatrava, J., Uche, J. & Tapia, J. (2006). The rise and fall of the Ebro water transfer. *Nat. Resour. J.* 46(3): 727-757.
- Albiac, J., Tapia, J., Meyer, A., Hanemann, M., Mema, M., Calatrava, J., Uche, J. & Calvo, E. (2008). Los problemas económicos de la planificación hidrológica. *Revista de Economía Aplicada*, 16 (47): 25–50.
- Alcalá, F. & Sancho, I. (2002). Agua y producción agrícola: Un análisis econométrico del caso de Murcia. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 197: 129–157.
- Allen, R. (1980). How to save de the Word: Estrategy for Word conservation. IUCN/UNEP/WWF.

Altieri, S. (2001). Gestione tecnica ed amministrativa, in autogoverno, di un comprensorio irriguo pubblico. In: Leone A, Basile A (eds) Proceedings of the trans-national workshop on 'Managing Water Demand in Agriculture through Pricing: Research Issues and Lessons Learned.' CNR (National Research Council), Ercolano, Italy, pp213-19

Álvarez, S., Lomas, L., Martín, B., Louit, C., Montoya, D. & Montes, C. (2005). *Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas*. Madrid, España: Ulzama Digital. ISBN: 84-96063-60-7. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/268285963>

Amory, B. (1977). *Soft energy Paths: Toward a durable peace*. Penguin Books.

Anne, E., Ancog, R., Obalan, E., Dale, A., Nowell, A., Rozeni, M., Bactong, M., Lunar, J., Rhene, G. & Sugui, L. (2016). Measuring Households' Willingness to Pay for Water Quality Restoration of a Natural Urban Lake in the Philippines. *Environ. Process.* (2016) 3:875–894. DOI 10.1007/s40710-016-0169-8

Antle, J., & Capalbo, S. (2001). Econometric-process models for integrated assessment of agricultural production systems. *Am. J. Agric. Econ.* 83:389–401.

Arredondo, B. (2012). La construcción y consecuencia de la Presa Solís en Acámbaro, Guanajuato. Recuperado de: <http://elsenordelhospital.blogspot.com/2012/03/la-construccion-y-consecuencia-de-la.html> (Consultado el 23, 07, 2018)

Arrojo, P. (1999). El valor económico del agua. *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, No. 45/46, pp. 145-167. Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/40586154>

- Arrow, K. J., & Fisher, A. C. (1974). Environmental preservation, uncertainty, and irreversibility. In *Classic papers in natural resource economics* (pp. 76-84). Palgrave Macmillan, London.
- Asad, M., Azevedo, L., Kemper, K. & Simpson, L. (1999) Management of water resources: bulk water pricing in Brazil. *World Bank Technical Paper*. World Bank, Washington, DC, USA
- Baldovín, L., José, M., & Berbel, J. (2012). Una revisión de metodologías de estimación de la demanda del agua de riego.
- Barreiro, H. (2013). Los Métodos de Valoración de Beneficios Ambientales: Una Visión Crítica del Método de Valoración Contingente. *Unidad de Economía Agraria*. Zaragoza, España. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/228468423\\_Los\\_Metodos\\_de\\_Valoracion\\_de\\_Beneficios\\_Ambientales\\_Una\\_Vision\\_Critica\\_del\\_Metodo\\_de\\_Valoracion\\_Contingente](https://www.researchgate.net/publication/228468423_Los_Metodos_de_Valoracion_de_Beneficios_Ambientales_Una_Vision_Critica_del_Metodo_de_Valoracion_Contingente)
- Bau-Satula, I., Ulloa-Carcases, M., & Gola-Cahimba, J. (2017). Evaluacion ambiental del depósito de residuos sólidos de Katenguenha, Angola. *Minería y Geología*, 33(3), 353.
- Berbel, J. & Mesa, P. (2007). Valoración del agua de riego por el método de precios hedónicos: aplicación al Guadalquivir. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 7(14): 127–144.
- Berbel, J., Mesa, M. & Pistón, J. (2011). Value of Irrigation Water in Guadalquivir Basin (Spain) by Residual Value Method. *Water Resources Management*, 25(6): 1565– 1579.
- Biosfera & Ecoenergy. (2006). Manifestación de impacto Ambiental. Acámbaro, Guanajuato. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/gto/estudios/2006/11GU2006E0003.pdf> (Fecha de consulta 05/11/2017)



- Bravo, H., Castro, J. & Gutiérrez, M. (2007). Evaluación económica de la aplicación de políticas de distribución del agua superficial en la agricultura de Guanajuato. *El Trimestre Económico*, 74 (3): 685-717.
- Briscoe, J., Furtado de Castro, P., Griffin, C., North, J. & Olsen, O. (1990). Toward Equitable and Sustainable Rural Water Supplies: A Contingent Valuation Study in Brazil. *The World Bank Economic Review*, 4 (2): 115-134.
- Brox, J., Kumar, R. & Stollery, K. (2003). Estimating Willingness to Pay for Improved Water Quality in the Presence of Item Nonresponse Bias. *American Journal of Agricultural Economics*, 85 (2): 414-428.
- Cai, X., & Rosegrant, M. (2004). Irrigation technology choices under hydrologic uncertainty: A case study from Maipo River Basin, Chile. *Water Resour. Res.* 40:1–10.
- Cámara de Diputados. (2015). *Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/148.pdf> (Fecha de consulta: 03 de julio de 2019: 2:45 pm)
- Caro, E., E. (2016). Economía ecológica. Paradigmas de la economía. *Pers.bioét*, 20(2), 175-191.
- Castillo, E., Conejo, A. J., Pedregal, P., Garcia, R., & Alguacil, N. (2002). Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia.
- Caudill, D. (1992). La valoración de las políticas de contaminación de las aguas subterráneas: Los impactos diferenciales de la prevención y Remediación. Tesis de posgrado. Departamento de agricultura y Economía., Universidad Estatal de Michigan.
- CEPAL. (1985). Las evaluaciones del impacto ambiental como metodologías de incorporación del medio ambiente en la planificación. Argentina: CEPAL.

- Chacare, A., Cabeza, M., de Arconada, M. & Misle, B., P. (2006). Análisis comparativo del procedimiento de evaluación de impacto ambiental venezolano (decreto 1.257) en el contexto norteamericano, latinoamericano y europeo. *Terra Nueva Etapa*, 21 (32), 41-75. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/721/72103203.pdf>
- Chertow, M. & Lombardi, R. (2005). Quantifying Economic and Environmental Benefits of Co-Located Firms. *Environmental Science & Technology*, 39 (17).
- Cicchetti, C. J., & Smith, V. K. (1973). Congestion, quality deterioration, and optimal use: Wilderness recreation in the Spanish peaks primitive area. *Social Science Research*, 2(1), 15-30.
- Ciriacy-Wantrup, S. (1947). Capital returns from soil conservation practices. *American Journal of Agricultural Economics*, 29 (4), 1181-1196. Recuperado de: [https://academic.oup.com/ajae/article-abstract/29/4\\_Part\\_II/1181/58901](https://academic.oup.com/ajae/article-abstract/29/4_Part_II/1181/58901)
- Comisión Estatal del Agua de Guanajuato. (2017). Diagnostico Sectorial Agua Potable y Saneamiento 2017. *Comisión Estatal del Agua de Guanajuato*. Recuperado de: [http://expoagua.guanajuato.gob.mx/pdf/fuentes\\_consulta/diagnostico\\_sectorial\\_2017.pdf](http://expoagua.guanajuato.gob.mx/pdf/fuentes_consulta/diagnostico_sectorial_2017.pdf)
- CONAGUA. (2016). Atlas del Agua en México (AAM) 2016. México, D.F. Recuperado de: [http://201.116.60.25/publicaciones/AAM\\_2016.pdf](http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf)
- Conesa, F., V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental*. Madrid-España: Ediciones Mundi Prensa.
- Crespí, J. V. (2000). Recursos para las CTMA: La matriz de Leopold, un instrumento para analizar noticias de prensa de temática ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(3), 239-246.

- Cristeche, E., & Penna, J. A. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. *Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales*, 3, 1-55.
- Crutchfield, S. R., Cooper, J. C., & Hellerstein, D. (1997). The Benefits of Safer Drinking Water: The Value of Nitrate Reduction. *Economic Research Service Agricultural Economics Report*, (752), 62.
- Cruz, C., Osorio, V. & Hernández, C. (2018). *Análisis de costos de producción del café orgánico y convencional, en el estado de Veracruz en el sistema de comercialización de comercio justo*. Sección de Libro. Volumen II de la Colección: Agenda pública para el desarrollo regional, la metropolización y la sostenibilidad. ISBN: 978-607-30-0971-3. Recuperado de: <http://ru.iiec.unam.mx/4247/>
- Dalton, T.J., G.A. Porter, and N. Winslow. 2004. Risk management strategies in humid production regions: A comparison of supplemental irrigation and crop insurance. *Agric. Resour. Econ. Rev.* 33:173–185.
- Davis, R. K. (1963). The value of outdoor recreation: an economic study of Maine woods. *Unpublished Ph. D. dissertation, Harvard University*.
- DeVincentis, A., Brumfield, G., Gottlieb, P. & Johnson, J. (2015) Cost analysis of using recycled water in container production: a case study of Southern New Jersey. *Hortscience*, 50(8):1196–1201
- Diafas, I., Panagos, P. & Montanarella, L. (2013). Willingness to Pay for Soil Information Derived by Digital Maps: A Choice Experiment Approach. *Soil Science Society of America*.
- Dixon, J. (1999). *Análisis económico de impactos ambientales*. Costa Rica: Ed. Mario Piedra, Robert Hearne.
- Eckholm, E. (1977). The picture of health. Environmental sources of disease. *Norton and Co*.

- FAO. (2015). Evaluación de recursos hídricos renovables. Revisión 2015. Ginebra, Suiza. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-bc818s.pdf> (Fecha de consulta 13/ 09/ 2015)
- Femenías, S. (2017). La culpabilidad en la responsabilidad por daño ambiental y su relación con el sistema de evaluación de impacto ambiental. *Revista De Derecho (Valparaíso)*, (48), 233-259.
- Ferrán, A., & Balestri, L. (2001). Evaluación económica de impactos ambientales: bases teóricas y técnicas de valoración más utilizadas. *Ciencia Veterinaria*, 3(1), 94-112. Recuperado de: <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1997/1953>
- Field, B. C. (1997). *Economía ambiental*. México: McGraw Hill.
- Galeano, E. (1974). *Las venas abiertas de América Latina*. México: Siglo XXI
- Gallopín, G. (1978). Enfoques alternativos en la evaluación del impacto ambiental. San Carlos de Bariloche. Recuperado de: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/34424> (Fecha de consulta: 03 de julio de 2019)
- Garzón, L., P. (2013). Revisión del método de valoración contingente: Experiencias de la aplicación en áreas protegidas de América Latina y el Caribe. *Espacio y Desarrollo*, (25), 65. Recuperado de: [file://Downloads/Dialnet\\_RevisionDelMetodoDeValoracionContingente-5339513.pdf](file://Downloads/Dialnet_RevisionDelMetodoDeValoracionContingente-5339513.pdf)
- GEMS (Global Monitoring System). (1980). Air quality in selected urban areas 1977-1978. UNEP/WHO.
- Gligo, N. (1981). Estilos de Desarrollo, modernización y medio ambiente en la agricultura Latinoamericana. *Estudios e Informes de la CEPAL*, 4.

- Goldsmith, E. (1984). *The social and environmental effects of large dams*. U.K.: Sierra Club Books. ISBN-10: 0871568489.
- Gohin, A. & Chantreuil, F. (1999) La programmation mathématique dans les modèles d'exploitation agricole. Principes et importance du calibrage. *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurale*, 52:59-77.
- Gossen, H. (1854). Desarrollo de las leyes del intercambio entre los hombres. Editorial Friederich.
- Gould, J., P. & Lazear, E., P. (1994). *Teoría microeconómica*. Fondo de Cultura Económica. Encuadernadora e impresora Progreso. México, DF.
- Granados, R., Reyna, T., Soria R. & Fernández, O. (2004). Aptitud agroclimática en la Mesa Central de Guanajuato, México. *Investigaciones geográficas*, (54), 24-35. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112004000200003&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112004000200003&lng=es&tlng=es).
- Guillén, A. (1976). Adam Smith y la teoría del Valor Trabajo. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 6(25). Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/pde/article/view/43052>
- Hadjimichael, A., Morera, S., Benedetti, S., Flaming, T., Corominas, L. Weijers, S. & Comas, J. (2016). Assessing Urban Wastewater System Upgrades Using Integrated Modeling, Life Cycle Analysis, and Shadow Pricing. U.S.: *Environmental Science & Technology*. 50: 12548–12556.
- Hanemann, W. M. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *American journal of agricultural economics*, 66(3), 332-341.
- Hatton, D., Morrison, M. & Barnes, M. (2010). Willingness to Pay and Willingness to Accept Compensation for Changes in Urban Water Customer Service

Standards. *Water Resour Manage*, 24:3145–3158. DOI 10.1007/s11269-010-9599-7

Hazell, P., & Norton, R. (1986). *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. Macmillan, New York.

He, J., Chen, X. & Shi, Y. (2006). A dynamic approach to calculate Shadow Prices of water resources for nine major rivers in China. *Jrl Syst Sci & Complexity*. 19: 76–87

He, J., Chen, X., Shi., Y. & Li, A. (2007). Dynamic Computable General Equilibrium Model and Sensitivity Analysis for Shadow Price of Water Resource in China. *Water Resour Manage*, 21:1517–1533.

Henderson, J. (1991). *Teoría Microeconómica*. Córcega, España: Editorial Ariel. ISBN: 84-344-200-X. Recuperado de: <https://www.freelibros.me/economia/teoria-microeconomica-james-m-henderson>

Hensher, D., Shore, N. & Train, K. (2005). Households' Willingness to Pay for Water Service Attributes. *Environmental & Resource Economics*, 32: 509–531. DOI 10.1007/s10640-005-7686-7

Hexem, R., & Heady, E. (1978). *Water production functions for irrigated agriculture*. Iowa State Univ: Press, Ames.

Hite, D., Hudson, D. & Intarapapong, W. (2002). Willingness to Pay for Water Quality Improvements: The Case of Precision Application Technology. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 27 (2): 433-449

Horngren, C. T., Foster, G., & Datar, S. M. (2007). *Contabilidad de costos: un enfoque gerencial*. México: Pearson educación.

INEGI (2015). Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015: Guanajuato. Aguascalientes, México.

- Jalota, S., Sood, A., J. Vitale, J. & Srinivasan, R. (2007). Simulated Crop Yields Response to Irrigation Water and Economic Analysis: Increasing Irrigated Water Use Efficiency in the Indian Punjab. *Agronomy Journal*. 99:1073–1084. DOI:10.2134/agronj2006.0054
- Jevons, W. J. (1871). *Teoría da economía política*. Editora Pirámide.
- Jiliberto, R. (2009). *Evaluación Ambiental Estratégica, una evolución de la decisión al diálogo*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Johansson, R., Prasanna, Mulla. & Dalzell, B. (2004). Metamodeling phosphorus best management practices for policy use: A frontier approach. *Agric. Econ.* 30:63–74.
- Katz, C. (2002). La actualidad de la teoría objetiva del valor. *Filosofía, política y economía en el Laberinto*, (9), 89-104. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/250470.pdf>
- Knapp, K. (1999). Economics of Salinity and Drainage Management in Irrigated Agriculture. Capítulo de libro. Socioeconomic Impacts of Agricultural Water Management Systems. Soil Science Society of America.
- Krutilla, J. V. (1967). Conservation reconsidered. *The American Economic Review*, 57(4), 777-786.
- Kumar, S. & Managi, S. (2009). The Economics of Sustainable Development, Natural Resource Management and Policy. *Springer Science & Business Media*. DOI: 10.1007/978-0-387-98176-5\_10
- Lader, L. (1971). *Breeding ourselves to death*. Ballantine Books.
- LaPage, W. (1968). The role of fees in campers' decisions. *US Department of Agriculture*, 24: 118.

- Laver, B. & Seskin, R. (1970). Air pollution and human health. USA: *Science*.
- Leal, J. (1986). Las evaluaciones del impacto ambiental como metodología de incorporación del medio ambiente en la planificación. *Colección Estudios Políticos y Sociales: La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo*. Buenos Aires, Argentina.
- Left, E. (2004). *Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI.
- Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B. & Balsley, J. (1971). A procedure for evaluating environmental impact. Washington, D.C.: *U.S. Geological Survey Circular 645*.
- Leyva, J. C. (2002). Los mercados de agua en la agricultura y el riesgo económico: una aplicación en el valle del Guadalquivir (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).
- Liu, J. & Huijin, L. (2012). Economic Value of Water Resources of the Upper Reaches of the Xin'an River Basin, China. *Journal of Resources and Ecology*, 3(1): 87-92.
- Liu, X., Chen, X. & Wang, S. (2009). Evaluating and Predicting Shadow Prices of Water Resources in China and Its Nine Major River Basins. *Water Resour Manage*, 23:1467–1478
- Luoto, J., Mahmud, M., Albert, J., Luby, S., Najnin, N., Unicomb, L. & Levine, D. (2012). Learning to Dislike Safe Water Products: Results from a Randomized Controlled Trial of the Effects of Direct and Peer Experience on Willingness to Pay. *Environ. Sci. Technol.*, 46, 6244–6251.
- Llewelyn, R., & Featherstone, A. (1997). A Comparison of crop production functions using simulated data for irrigated corn in western Kansas. *Agric. Syst.* 54:521–538.



- Mack, R. P., & Myers, S. (1965). Outdoor recreation.
- Maestre, J., Martínez, D., Martínez, V. & Calatrava, J. (2013). Socio-economic impact of evaporation losses from reservoirs under past, current and future water availability scenarios in the semiarid Segura basin. *Water Resources Management*, 27(5): 1411–1426.
- Mapp, H. & Eidmann, E. (1976). A bioeconomic simulation analysis of regulating groundwater irrigation. *Am. J. Agric. Econ.* 68:391–402
- Márquez, G. (1996). *Embalses en Colombia: Ecología, impacto ambiental, biodiversidad*. Colombia: Fondo FEN.
- Marshall, A. (1890). Principles of economics. Vol. 1.
- Martínez, D. (2015). Valoración económica del uso del agua en el regadío de la cuenca de la segura: Evaluación de instrumentos económicos para la gestión de acuíferos. Tesis Doctoral. Departamento de Economía de la Empresa. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Martínez, D., Maestre, F., Calatrava, J., & Martínez, V. (2011). The economic impact of water evaporation losses from water reservoirs in the Segura basin, SE Spain. *Water Resources Management*, 25(13): 3153–3175.
- Martínez, D. & Calatrava, J. (2014). The role of desalinisation to address aquifer overdraft in SE Spain. *Journal of Environmental Management*, 144: 247–257.
- Marx, K. (1859). *Una contribución a la crítica de la economía política*. Moscú, URSS: Editorial Progreso. Recuperado de: [http://www.elsarbresdefahrenheit.net/documentos/obras/441/ficheros/Marx\\_Carlos\\_Contribucion\\_a\\_la\\_critica\\_de\\_la\\_economia\\_politica\\_.pdf](http://www.elsarbresdefahrenheit.net/documentos/obras/441/ficheros/Marx_Carlos_Contribucion_a_la_critica_de_la_economia_politica_.pdf)
- Marx, K. (1867). *El capital*. La Habana, Cuba: Luarna Ediciones. Recuperado de: <http://www.ataun.net/bibliotecagratis/CI%C3%A1sicos%20en%20Espa%C3%B1ol/Karl%20Marx/El%20capital%20I.pdf>

- Méndez, J., S. (2009). *Fundamentos de economía* (5ª ed). México: McGraw-Hill.
- Menger, C. (1976). *Principles of economics*. Alabama, EE. UU: Ludwig von Mises Institute. ISBN: 978-1-933550-12-1. Recuperado de: [https://mises.org/sites/default/files/Principles%20of%20Economics\\_5.pdf](https://mises.org/sites/default/files/Principles%20of%20Economics_5.pdf)
- Micheli, J. (2002). Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y Sociedad*. 14 (23).
- Miles, G. (1966). *Water based recreation in Nevada, Tahoe*. Editorial Reno: University of Nevada, Reno.
- Mirajul, H., Usman, M. & Iftikhar, A. (2007). Household's Willingness to Pay for Safe Drinking Water: A Case Study of Abbottabad District. *The Pakistan Development Review*, 46 (4): 1137-1153
- Molle, F. (2009). Water scarcity, prices and quotas: a review of evidence on irrigation volumetric pricing. *Irrig Drainage Syst*, 23:43–58
- Mondéjar, J. & Vargas, M. (2018). Modelos de comportamiento ambiental en economía ecológica: Una revisión bibliográfica. *Estudios de Economía Aplicada*, 36(1), 309–316. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=shib&db=bth&AN=131010192&lang=es&site=ehost-live>
- Munn, R. E. (1979). Environmental impact analysis. Principles and procedures (No. 5). SCOPE report.
- Nadal, A. (2007). Desarrollo sustentable y cambio global: El agua como factor económico en la política ambiental. *Colegio de México*. Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/j.ctvhn09kv.39>
- Nair, s., Johnson, J. & Wang, C. (2013). Efficiency of Irrigation Water Use: A Review from the Perspectives of Multiple Disciplines. *Agronomy Journal*, 105 (2).

- Novoa, Z. (2011). Valoración económica del patrimonio natural: las áreas naturales protegidas. *Espacio y Desarrollo*. 23: 131-154 (ISSN 1016-9148)
- O'Geen, T., Singer, M. & Horwath, W. (2010). Soil and Water Conservation for California and the Desert Southwest: Past, Present, and Future Trends. *Soil and Water Conservation Advances in the United States*. 60.
- Organización de las naciones unidas, (ONU). (2015). Progress on drinking water and sanitation: 2014 update. Ginebra, Suiza. Recuperado de: [https://www.unicef.org/publications/index\\_73448.html](https://www.unicef.org/publications/index_73448.html)
- Organización mundial de la salud, (OMS). (2015). Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento. Ginebra, Suiza. Recuperado de: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/)
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva*. México: FCE.
- Pasinetti, L. (1962). Rate of profit and Income Distribution in Relation to the Rate of Economic Growth. *The Review of Economic Studies*, 29(4): 267-279.
- Pastor, V. J. (1999). Un análisis de los precios hoteleros empleando funciones hedónicas. *Estudios turísticos*, (139), 65-87.
- Pérez, J., L. (2010). Acámbaro: Lugar de Magueyes. Gobierno del Estado de Guanajuato. Recuperado de: [https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2010\\_CEOCB\\_monografia%20acambaro\\_0.pdf](https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2010_CEOCB_monografia%20acambaro_0.pdf) (Fecha de consulta 04/10/2017)
- Pitton, B., Hall, R., Haver, L., White, A., & Oki, R. (2018). A cost analysis for using recycled irrigation runoff water in container nursery production: A Southern California nursery case study. *Irrigation science*, 36(4-5), 217-226.

- Raudales, R., Fisher, P., Hall, C. (2017) The cost of irrigation sources and water treatment in greenhouse production. *Irrig Sci.* 35(1):43–54
- Requena, J. C., & Martínez, D. (2012). El valor del uso del agua en el regadío de la cuenca del Segura y en las zonas regables del trasvase Tajo-Segura. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 12(1), 5-32.
- Reinhardt, F. L. (2000). *Down to Earth: Applying Business Principles to Environmental Management*. Harvard Business School Press: Boston
- Reyes, E. (2008). *Contabilidad de costos*. México: Editorial Limusa. ISBN-13: 978-968-18-3651-1.
- Ribaudo, M.C. 1989. Water quality benefits from the conservation reserve program. *Agricultural Economics Report*. (606).
- Ridker, R., & Henning, J. (1967). The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution. *The Review of Economics and Statistics*, 49(2), 246-257. doi:10.2307/1928231.
- Riera, P. (1994). *Manual de valoración contingente*. España: Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales.
- Roas, J. (2001). *Valoración económica del agua*. Universidad de Los Andes, Venezuela: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial.
- Roger Rosenblatt, R. (1984). *All the world Gasped*. USA: TIME.
- Romero J., W. & Hernández, N. (2015). *Valoración de costos socioambientales en rubros agrícolas, pesqueros y acuícolas en el Golfo de Fonseca: Instrumento para la sensibilización de actores económicos*. DCI-ENV/2010/256-823. Recuperado de: [https://www.academia.edu/29948009/Valoraci%C3%B3n\\_de\\_costos\\_socio-](https://www.academia.edu/29948009/Valoraci%C3%B3n_de_costos_socio-)

[ambientales en rubros agr%C3%ADcolas pesqueros y acu%C3%ADcolas en el Golfo de Fonseca.pdf](#)

Rubín, I. (1974). *Ensayos sobre la teoría marxista del valor*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Pasado y Presente. Recuperado de: <http://www.mhh.domainepublic.net/algunostextos/marxandsons/rubin/ensayos%20teoria%20marxista%20valor.pdf>

Sadler, B., Verheem, R. (1996). *Strategic Environmental Assessment - Status, Challenges and Future Directions*. Netherlands: Ministry of housing, Spatial Planning and the Environment. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/257125432\\_Strategic\\_Environmental\\_Assessment](https://www.researchgate.net/publication/257125432_Strategic_Environmental_Assessment)

Sáenz, E. (2003). Evaluación económica del proceso de transferencia del Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, México. *Terra Latinoamericana*, 21 (4), 523-531.

Sánchez Portilla, F., & Vizcón Toledo, R. (2017). La codigestión de residuos orgánicos: Una contribución energética, ambiental y de salud humana. *Ingeniería Energética*, 226-236.

Sarja, M. (1969). Lappajärven ja Venetjoen tekojärven virkistyskäyttötutkimus ja virkistisarvon määrittäminen (A study on recreation use and recreation value of lake Lappjärvi and artificial lake in Venetjoki) (Doctoral dissertation, Master's Thesis. Department of Geography, Helsinki University).

Saucedo, G., J. (2015). Programa de gobierno municipal 2015-2018. Acámbaro, Guanajuato. Recuperado de: <https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/documentos/programa-de-gobierno-de-ac%C3%A1mbaro-2015-2018> (Fecha de consulta 24/07/2018)

Del Saz, S. D., & Garcia, L. (2001). Willingness to Pay for Environmental Improvements in a Large City Evidence from the Spike Model and From a

- Non-Parametric Approach. *Environmental & Resource Economics*, 20(2), 103-112.
- Schramm, G., & Gonzales, F. V. (1977). Pricing irrigation water in Mexico: Efficiency, equity and revenue considerations. *The Annals of Regional Science*, 11(1), 15-35.
- SEDESOL. (2015). Informe Anual sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social. Acámbaro, Guanajuato. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44716/Guanajuato\\_002.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44716/Guanajuato_002.pdf) (Fecha de consulta 04/08/2017)
- Sehreen, F., Mehedi, M., Akhtar, R. & Ahmad, R. (2019). A contingent valuation approach to evaluating willingness to pay for an improved water pollution management system in Dhaka City, Bangladesh. *Environ Monit Assess*, 191:457.
- SEMARNAT. (2017). Estadísticas del agua en México, Edición 2016. México, D.F. Recuperado de: [http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM\\_2017.pdf](http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2017.pdf)
- Sfeir-Younis, A. (2009). Educación, economía ambiental y espiritualidad. *Revista de Estudios Sociales*, 32, 240–255. Recuperado de: <https://doi.org/10.7440/res32.2009.16>
- Sidrat, A. & Heman, L. (2014). Households' Willingness to Pay for Improved Tap Water Services in Karachi, Pakistan. *The Pakistan Development Review*, 54 (4): 507-524
- Siebert, H., & SpringerLink. (2008). *Economics of the environment: Theory and policy* (7.th ed.). Berlín, Heidelberg: Springer Berlín Heidelberg. Recuperado de: <https://www.springer.com/la/book/9783540737063>
- Smith, A. (1776). *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. México: Titivillus. Recuperado de: <http://ceiphistorica.com/wp-content/uploads/2016/04/Smith-Adam-La-Riqueza-de-las-Naciones.pdf>

- Sraffa, P. (1983). Producción de mercancías por medio de mercancías: preludeo a una crítica de la teoría económica (No. 338.02 S7Y).
- Strange, T., & Bayley, A. (2012). *Desarrollo sostenible: Integrar la economía, la sociedad y el medio ambiente*. México: OECD Publishing-Instituto de Investigaciones Económicas. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264175617-es>
- Su, S., Li, X., Huang, A. & Sun, X. (2018). Public Participation in Rural Environmental Governance around the Water Source of Xiqin Water Works in Fujian. *Journal of Resources and Ecology*, 9(1): 66-77. URL: <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2018.01.008>
- Sunkel, O. & Alvarado, S. (1983). Estilos de desarrollo, energía y medio ambiente: Un caso de estudio exploratorio. Estudios e Informes de la CEPAL No. 28.
- Tamayo, J., S. (2012). Entre La Economía Política De Karl Marx y La Economía Ecológica. *Revista de Economía Institucional*, 14(27), 207–222. Recuperado de: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=shib&db=zbh&AN=87511077&lang=es&site=ehost-live>
- Toledo, V. (1983). La otra Guerra florida. Ecologismo y ecología política. México: Nexos.
- Tudela M, J. W., Damián, M., Ángel, M., Valdivia Alcalá, R., Romo Lozano, J. L., Portillo Vázquez, M.& Ventura, R. (2011). Valoración económica de los beneficios de un programa de recuperación y conservación en el Parque Nacional Molino de Flores, México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(2), 231-244.
- Varían, H. (1999). *Microeconomía intermedia: Un enfoque actual*. España: Editorial Antoni Bosh.

- Walras, L. (1874). *Elements of Pure Economics*, translated from the French by W. Jaffé, 1954.
- Weisbrod, B. A. (1964). Collective-consumption services of individual-consumption goods. *The Quarterly Journal of Economics*, 78(3), 471-477.
- Wen-Yuen, H. & Yao-Chi, I. (2000). Estimating the Benefits of Agricultural Use of Municipal, Animal, and Industrial By-Products. *Soil Science Society of America*. Book Series no. 6.
- Whitehead, J. (2006). Improving Willingness to Pay Estimates for Quality Improvements through Joint Estimation with Quality Perceptions. *Southern Economic Journal*, 73 (1): 100-111.
- Whittington, D., Briscoe, J., Mu, X. & Barron, W. (1990). Estimating the Willingness to Pay for Water Services in Developing Countries: A Case Study of the Use of Contingent Valuation Surveys in Southern Haiti. *Economic Development and Cultural Change*, Vol. 38, No. 2, pp. 293-311.
- Wilev, J. & Holling, C. (1979). *Adaptive environmental assessment and management*. Pergamon Press. IIASÁ.
- World Water Council, (WWC). (2018). Triennial report 2016-2018: Striving for Water Security. Recuperado de: <http://www.worldwatercouncil.org/es/node/2791> (Fecha de consulta 03/ 09/ 2018)
- Yamanaka, V. H. A., Tzatchkov, V., Bartual, R. G., Buchberger, S., Cortés, F. I. A., & Rodríguez, T. L. (2008). Modelación estocástica del consumo doméstico de agua potable, empleando el esquema de Neyman-Scott. *Tecnología y ciencias del agua*, 23(3), 105-121.
- Yamanaka, V. H., Tzatchkov, V., & Bourguett Ortiz, V. (2008). Desagregación temporal de lecturas acumuladas de consumo de agua potable por medio de métodos estocásticos. *Interciencia*, 33(10), 725-732.



Yang, L., Liu, M, Min, Q., L. & Lun, F. (2018). Transverse Eco-Compensation Standards for Water Conservation: A Case Study of the Middle Route Project of South-to-North Water Diversion in China. *Journal of Resources and Ecology*, 9(4): 395-406. URL: <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2018.04.007>

Young, R.A. (2005). *Determining the economic value of water: Concepts and Methods*. RFF, Press: Washington.

## ANEXOS

### **Anexo 1. Cuestionario para la valoración contingente**

El cuestionario utilizado en la recolección de la información para la aplicación del método de valoración contingente consta generalmente de cuatro apartados; el primer apartado aborda el reconocimiento del bien en estudio y de la relación del entrevistado con dicho bien, el segundo apartado indaga en la percepción del entrevistado sobre el uso del bien en cuestión, el tercero busca obtener la disposición a pagar (o ser compensado) por el uso del bien y el apartado final es sobre las características socioeconómicas del entrevistado.

La estructura del cuestionario es como se presenta:

#### **Bloque 1. Preguntas de reconocimiento.**

1. ¿Conoce la Presa Solís?
2. ¿Sabe de dónde proviene el agua que utiliza para el riego de sus cultivos?
3. ¿Sabe que cantidad (m<sup>3</sup>) de agua utiliza en sus cultivos?
4. ¿Conoce el costo del agua (m<sup>3</sup>) para riego en la región?
5. ¿Conoce la disponibilidad de agua para riego en la región?

#### **Bloque 2. Preguntas de percepción.**

6. ¿Considera que existe disponibilidad suficiente de agua para riego en la zona?
7. ¿Considera que la cantidad de agua que utiliza es alta o baja?
8. ¿Utiliza apropiadamente el agua, es decir solo la necesaria?
9. ¿Contabiliza el agua como insumo en la producción de sus cultivos?
10. ¿Cuál es la calidad de agua que utiliza en sus cultivos?

11. ¿Podría usted costear su producción sin la utilización del agua de la Presa Solís?

**Bloque 3. Disposición a pagar.**

12. Tomando en cuenta lo anterior ¿Estaría dispuesto a pagar una cantidad representativa por la utilización del agua de la Presa Solís?

a) Si \_\_\_\_\_ (Pase a la 14)    b) No \_\_\_\_\_ (Pase a la 13 y luego a la 16)

13) ¿Cuál es la principal razón por la que no estaría dispuesto a pagar?

14) ¿Qué cantidad estaría dispuesto a pagar por m<sup>3</sup> de agua?

15) ¿Cuál es la principal razón por la que estaría dispuesto a pagar?

**Bloque 4. Datos socioeconómicos.**

16) Género:    Masculino \_\_\_\_\_    Femenino \_\_\_\_\_

17) Edad: \_\_\_\_\_

18) Estado civil:    Soltero \_\_\_\_\_    Casado \_\_\_\_\_

19) Nivel de estudios:

- Primaria
- Secundaria
- Preparatoria
- Licenciatura
- Posgrado
- Otro (especifique) \_\_\_\_\_

20) ¿Actualmente cuál es su situación laboral principal?

- a) Profesionista libre
- b) Profesor

- c) Comerciante
- d) Empleado
- e) Agricultor o ganadero
- f) Estudiante
- g) Ama de casa
- h) Otro (especificar)

21) ¿Cuál es el ingreso promedio mensual de su familia?

<b>Opción</b>	<b>Ingreso familiar mensual</b>
A	Menos de 2000 pesos
B	De 2000 a 6000 pesos
C	De 6000 a 8000 pesos
D	De 8 000 a 10 000 pesos
E	Más de 10 000 pesos

22) ¿Número de miembros en la familia?

23) ¿Tipo de cultivo que produce?

## Anexo 2. Tasa de interés anual en México de 1982 a 2015

México: C e t e s <sup>1</sup>, (tasa de interés real anual <sup>2</sup>), 1982-2015

Periodo	Enero	Abril	Julio	Octubre	Diciembre	PROMEDIO
1982				-22.09	-52.11	-25.68
1983	-50.96	-14.28	0.07			-6.59
1984						n.d.
1985		22.21	25.52	16.96	-9.01	15.82
1986	-27.09	18.35	32.88	33.69	4.24	14.26
1987	-0.39	-10.51	-5.35	-8.77	-38.79	-1.67
1988	-22.06	29.04	21.89	41.32	30.23	30.54
1989	23.01	36.70	40.76	21.79	0.05	30.58
1990	-14.76	29.31	8.97	11.89	-10.89	9.26
1991	-6.57	8.80	8.08	3.94	-10.76	2.19
1992	-6.20	1.74	8.95	11.21	-0.20	4.46
1993	1.66	9.59	8.35	8.50	2.64	7.43
1994	1.21	10.32	12.34	7.51	8.21	7.52
1995	-7.37	-17.71	17.40	16.40	9.62	6.46
1996	-2.06	1.07	14.93	11.17	-10.32	7.00
1997	-6.90	8.62	8.59	8.58	2.03	5.28
1998	-7.70	8.01	8.76	18.87	4.36	7.99
1999	1.80	9.59	12.43	10.70	4.47	10.14
2000	0.08	6.24	9.40	7.83	4.09	6.82
2001	11.77	9.23	13.29	2.96	4.72	7.34
2002	-3.99	-0.79	4.00	2.39	1.66	1.58
2003	3.46	5.96	2.86	0.71	0.90	2.40
2004	-2.46	4.24	3.72	-0.55	6.18	1.82
2005	8.90	5.47	5.01	6.11	0.85	6.13
2006	0.84	5.54	3.79	1.81	0.10	3.34
2007	0.84	8.01	2.10	2.54	2.50	3.62
2008	1.87	4.80	1.24	-0.43	-0.29	1.40
2009	4.90	1.86	1.33	0.88	-0.46	1.96
2010	-8.14	8.61	2.00	-3.31	-1.62	0.25
2011	-1.69	4.46	-1.60	-3.65	-5.34	0.63
2012	-4.07	8.39	-2.54	-1.84	1.30	0.80
2013	-0.67	3.06	4.33	-2.28	-3.51	-0.06
2014	-7.27	5.62	-0.47	-3.65	-3.01	-0.92
2015	3.82	6.27	1.24	-3.09		1.18

1. Cetes a 28 días. 2. Calculada en base a la siguiente ecuación: Tasa de interés real anual= (1+tasa de rendimiento anualizado) / (1+inflación mensual anualizada). ND. No disponible.  
Fuente: Elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados con datos del Banco de México.