

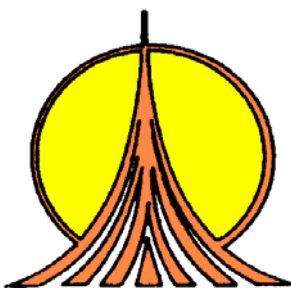


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE  
SERVICIOS AMBIENTALES EN LOS  
HUMEDALES DEL ÁREA NATURAL  
PROTEGIDA “CIÉNEGAS DEL  
LERMA”, ESTADO DE MÉXICO.**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I Ó L O G O  
P R E S E N T A  
ANGEL EMMANUEL GARCÍA GARCÍA**



**DIRECTOR: M. en C. Eliseo Cantellano de R.  
MÉXICO, D.F. MAYO 2006**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **DEDICATORIAS**

### **A MI MADRE. ANGELINA GARCÍA**

A quien debo todo lo que soy, a quien nunca supo escatimar esfuerzos para sacarme adelante, a quien sacrifico toda su vida para convertirme en una persona de provecho y sirvió de guía en los momentos más difíciles, a quien su cariño y amor hicieron posible que llegara este momento, a quien dedico con todo cariño y amor esta tesis. A ti mamá.

### **A MI TÍA. LOURDES GARCÍA**

Quien fue un segundo padre para mi, y quien con su cariño, y consejos me sacaron adelante, a quien siempre estaré agradecido por tantas cosas que compartió conmigo y que me apoyo en momentos importantes de mi vida. Gracias tía Lulú.

### **A MI ABUELA. DELFINA**

Porque su amor, cariño y ternura han sido base para que llegara este momento tan importante en mi vida, a quien a formado a sus hijas y nietos llevándolos a ser personas de bien sacrificando gran parte de su vida, con todo el cariño y amor, gracias abuelita.

### **A MIS HERMANAS. IMELDA Y LAURA**

Cuyo cariño y amor sirvieron para llegar a este momento tan anhelado, con quienes he compartido tantos momentos de alegría y me han apoyado y han sido base en la elaboración de este trabajo, por todo lo que han significado en mi vida. Gracias.

### **A MIS PRIMOS. CARLOS Y LUIS**

Quienes todavía están muy chicos, sin embargo, algún día serán lo bastante mayores para leer este tipo de trabajos y entonces podrán sacarlo de la estantería superior, quitarle el polvo y poder obtener buenas ideas.

### **A MI MAESTRA. MARICELA ARTEAGA**

Por su valiosa guía para la realización de este trabajo y por todas sus enseñanzas, que estoy seguro me serán útiles a lo largo de toda mi vida. Así como tutora de la fase final de mi formación ética y profesional, sin duda una pieza fundamental en el desarrollo y aprendizaje de habilidades así como motor de la madurez de mi toma de decisiones.

### **A GRISELDA GÓMEZ**

Cuyo amor y cariño son parte fundamental de mi vida con quien he compartido muchos momentos de alegría inolvidables, ese apoyo que siempre me has brindado fue fundamental para terminar esta tesis y para continuar adelante; siempre estaré agradecido por todo lo que has hecho por mi. Mi amor y cariño siempre estarán contigo, compartiendo esos sentimientos tan lindos que siento por ti. Te amo.

### **A TODAS LAS PERSONAS QUIENES SIEMPRE CONFIARON EN MI**

**“... Durante los próximos días vio Juan que había aquí tanto que aprender sobre el vuelo como el la vida que había dejado. Pero con una diferencia. Aquí había gaviotas que pensaban como él. Ya que para cada una de ellas lo más importante de sus vidas era alcanzar y palpar la perfección de lo que más amaban hacer: volar. Eran pájaros magníficos, todos ellos, y pasaban hora tras hora cada día ejercitándose en volar...**

**... - Tu cuerpo entero, de extremo a extremo [...] no es más que tu propio pensamiento, en una forma que puedes ver. Rompe las cadenas de tu pensamiento, y romperás también las cadenas de tu cuerpo...”**

***Richard Bach***

## AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios por haberme permitido cumplir esta encomienda y por la gran felicidad y el desafío que significa vivir.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por el espacio en sus prodigiosos recintos y por la oportunidad de obtener una formación profesional y cultural.

Al Mtro. Juan Francisco Sánchez Ruiz, Director de la FES Zaragoza, por el apoyo e interés en proyectos como éste y por todas las atenciones recibidas.

Agradezco al M. en C. Eliseo Cantellano de Rosas, por la excelente dirección de tesis así como el apoyo, confianza y amistad que ha brindado. Gracias.

A mis revisores de tesis: M. en C. Manuel Faustino Rico Bernal, M. en C. Eliseo Cantellano de Rosas, Biól. Joel Romero Carmona, Biól. Maricela Arteaga Mejía y Lic. Adolfo Jiménez Peña, por sus consejos y comentarios que sirvieron para enriquecer este trabajo.

A los coordinadores de la Carrera de Biólogo: Biól. Maricela Arteaga Mejía., Biól. Joel Romero Carmona, M. en C. Dolores A. Escorza Carranza, Biól. Rubén Zulbarán Rosales, Biól. Dora A. Longares Méndez, Biól. Irene Castillo Chaires, por la amistad que me han brindado así como el apoyo durante toda esta majestuosa carrera. Gracias.

A todos los profesores de la Carrera de Biólogo, por los conocimientos, comentarios y críticas constructivas, brindados en el transcurso de mi formación profesional.

A la Subprocuraduría de Protección Ambiental de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, a cargo de la Lic. Ileana Villalobos Estrada y del Ing. Jaime Hurtado Gómez así como a todo su equipo de trabajo por el espacio y conocimientos adquiridos durante mi estancia en tan noble institución, así como por su amistad y favores otorgados.

A mis amigos y compañeros: Biól. Jorge Antonio Valdivia Anistro, Biól. Elsa Eloísa Mariaca Meléndez, Biól. Osvaldo Garrido Acosta, Yeni Alejandra López Zepeda, Ariadna Neit Guerrero Gómez, Ana Rut De la Cruz Mateos, Leobardo Méndez Valerio, David Alejandro Aquino García y Víctor Jiménez, por múltiples e incontables experiencias compartidas.

## ÍNDICE

ÍNDICE	1
I. ÍNDICE DE CUADROS	2
II. ÍNDICE DE FIGURAS	3
III. ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	4
RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 HUMEDALES	8
2.2 GESTIÓN AMBIENTAL	21
2.3 MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA	25
2.4 MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL	35
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	40
4. OBJETIVOS	40
5. MATERIAL Y MÉTODOS	40
6. ZONA DE ESTUDIO	43
7. RESULTADOS	49
7.1. SELECCIÓN Y ADECUACIÓN DE MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA	49
7.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “CIÉNEGAS DEL LERMA”, ESTADO DE MÉXICO	51
7.3 RELACIÓN ENTRE LOS SERVICIOS AMBIENTALES CUANTIFICADOS CON LOS ACTUALES PROGRAMAS DE PAGO	80
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	83
9. CONCLUSIONES	88
10. RECOMENDACIONES	89
11. LITERATURA CITADA	90
12. ANEXOS	94
13. GLOSARIO	114

## I. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Listado de humedales inscritos en la Convención Ramsar para el 16 de septiembre de 2005, en México (Adaptado de Ramsar, 2005).	8
Cuadro 2.	Incidencia de amenazas importantes para humedales (CMMC, 1992; Barbier <i>et al</i> ; Oficina de la Convención de Ramsar, 1997).	19
Cuadro 3.	Servicios ambientales de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, a evaluar.	49
Cuadro 4.	Métodos de valoración económica para el cálculo del valor monetario de los servicios ambientales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.	50
Cuadro 5.	Resultados de las encuestas, sobre el costo de viaje.	54
Cuadro 6.	Existencias y flujos de gases de efecto invernadero en los humedales (Bergkamp y Orlando, 1999; GACGC, 1998).	58
Cuadro 7.	Montos del programa para el otorgamiento de pagos por servicios ambientales (Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004).	58
Cuadro 8.	Temperatura y precipitación de la cuenca Alta del Lerma.	61
Cuadro 9.	Balance hídrico de la cuenca Alta de Lerma, basado en el diagrama de zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdridge.	62
Cuadro 10.	Descarga de metano de los humedales naturales, expresada en su equivalente de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), (Bergkamp y Orlando, 1999; GACGC, 1998).	64
Cuadro 11.	Variables para la recarga de mantos acuíferos.	67
Cuadro 12.	Volúmenes de agua subterránea extraídos por actividad en los valles de Toluca e Ixtlahuaca (DGCOH, 1992).	67
Cuadro 13.	Volúmenes de agua subterránea extraídos por actividad con base a la capacidad de las zonas aledañas a los humedales.	68
Cuadro 14.	Valoración económica del servicio ambiental de recarga de mantos acuíferos, por el método del bien afín con el enfoque del sucedáneo directo.	68
Cuadro 15.	Zonas de influencia a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, por hectáreas (García, 2004).	69
Cuadro 16.	Zonas de cultivo con influencia a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en porcentajes.	70
Cuadro 17.	Zonas de cultivo dentro de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en hectáreas.	70
Cuadro 18.	Cultivos en zonas de influencia a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México (Atlas Ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma, Tomo III, 1997; Aguilar <i>et al</i> , 1997).	71
Cuadro 19.	Zonas de cultivo afectadas por inundación, en caso de establecer cultivos en las áreas que ocupaban los humedales.	71
Cuadro 20.	Valor económico de cultivos por hectáreas cosechadas en México para el año 2003 (INEGI, 2004. El sector alimentario en México).	72
Cuadro 21.	Valor económico de cultivos por hectárea cosechada en México, 2003 y 2005 (INEGI, 2004. El sector alimentario en México).	72
Cuadro 22.	Valoración económica de las hectáreas ‘afectadas’ por cultivo.	72
Cuadro 23.	Gastos para el servicio de suministro de agua (INEGI, 2001. 1º Censo de captación, tratamiento y suministro de agua, censos económicos 1999).	74
Cuadro 24.	Valoración económica del servicio ambiental de biorremediación por tratamiento de aguas residuales, por el método de costos de reemplazo (INEGI, 2001. 1º Censo de captación, tratamiento y suministro de agua, censos económicos 1999).	75
Cuadro 25.	Disposición a pagar para la conservación de la laguna Chignahuapan (humedal del sur).	77
Cuadro 26.	Valoración económica total de servicios ambientales suministrados por los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.	78
Cuadro 27.	Valoración económica total de servicios ambientales, por cada humedal del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en pesos, para el año 2005.	79
Cuadro 28.	Valoración económica total de servicios ambientales, por cada humedal del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en precio sombra (número de salarios mínimos).	80
Cuadro 29.	Principales trabajos de valoración económica de servicios ambientales, realizados alrededor del mundo (1979-2002).	84

Cuadro 30.	Comparación de resultados con los principales trabajos de valoración económica de servicios ambientales, realizados alrededor del mundo (1979-2002).	86
------------	--	----

## II. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mural donde se manifiesta la interacción del hombre con el humedal, obteniendo bienes y servicios ambientales.	18
Figura 2.	Clasificación de bienes y servicios ambientales según los niveles jerárquicos de organización biológica (Radoslav, 2002).	22
Figura 3.	Componentes del valor económico total para el cálculo de bienes y servicios ambientales (Radoslav, 2002).	24
Figura 4.	Enfoque de análisis por el criterio de mínima seguridad, para la valoración económica de servicios ambientales (Barbier <i>et al.</i> , 1997; IIED, 1994).	27
Figura 5.	Procedimiento para la valoración económica total de servicios ambientales que suministran los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.	41
Figura 6.	Zona de estudio.	43
Figura 7.	Localización geográfica de la región Curso Alto del río Lerma (CONABIO, 2005).	44
Figura 8.	Humedal del sur, polígono uno, laguna Chignahuapan (Google, 2005).	45
Figura 9.	Humedal del centro, polígono dos, laguna Chimaloapan (Google, 2005).	46
Figura 10.	Humedal del norte, polígono tres, laguna Chiconahuapan (Google, 2005).	46
Figura 11.	Ubicación de las “Ciénegas del Lerma”, Sitio Ramsar en México (CONANP, 2005).	48
Figura 12.	Bienes y servicios ambientales de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.	50
Figura 13.	Representación gráfica de la demanda y el precio máximo.	55
Figura 14.	Demanda y el precio máximo de la recreación en la laguna Chignahuapan, humedal del sur.	55
Figura 15.	Procedimiento general para la elaboración del balance hídrico, basado en el diagrama de zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdridge (Tosi, 1997).	60
Figura 16.	Mecanismo para el pago y cobro por servicios ambientales en México (Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004).	81



### III. ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografías 1 y 2.	Parte de la dieta de lugareños del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, consiste en organismos que habitan en humedales.	10
Fotografías 3 y 4.	Fibras naturales para la elaboración de productos.	11
Fotografía 5.	Gramínea.	12
Fotografía 6.	Planta silvestre.	12
Fotografía 7.	Hidrofita flotante: lirio acuático ( <i>Eichhomia crassipes</i> ).	12
Fotografía 8.	Pequeño crustáceo, acocil.	12
Fotografía 9.	Pez.	12
Fotografía 10.	Ave acuática: morito ( <i>Plegadis falcinellus</i> ).	12
Fotografía 11.	Cultivos de maíz cercanos a los de humedales.	13
Fotografía 12.	Los macizos montañosos son importantes zonas de recarga que favorecen la escorrentía y a su vez recargan de agua al humedal.	15
Fotografía 13.	La evaporación de cuerpos de agua provoca precipitaciones en las zonas aledañas.	16
Fotografía 14.	Rana.	16
Fotografía 15.	Libélulas ( <i>Pyrrhosoma nymphula</i> ).	16
Fotografía 16.	Paisaje de una región en la laguna Chiconahuapan, polígono 3, norte.	17
Fotografía 17.	Lectura de pH, conductividad eléctrica y temperatura del agua en los humedales.	17
Fotografía 18.	Lectura de calidad del agua de los humedales.	17
Fotografía 19.	Pesca y relajación.	18
Fotografía 20.	Esparcimiento en viajes de canoas.	18
Fotografía 21.	Depósitos de basura.	20
Fotografía 22.	Ramoneo y pastoreo.	20
Fotografía 23.	Caza de aves.	20
Fotografías 24 y 25.	Descarga de aguas residuales.	21
Fotografía 26.	Los humedales sostienen vegetación, ésta a su vez disminuye niveles de contaminación atmosférica.	63
Fotografía 27.	Áreas de cultivo dañadas por inundaciones.	73

## RESUMEN

Los servicios ambientales son el conjunto de condiciones y procesos proporcionados por los ecosistemas naturales que la sociedad puede utilizar en su beneficio. Los esquemas conceptuales y metodológicos de su valoración económica apenas se están desarrollando para México, por lo que se pretende contribuir a la elaboración de un método para su evaluación, particularmente los brindados por humedales. Estos ecosistemas se consideran entre los más productivos de la Tierra y sus componentes, funciones y propiedades satisfacen muchas necesidades humanas. En el presente trabajo se realiza una evaluación económica de los servicios ambientales que suministran los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México. Se evalúan a través de los métodos de mercados sustitutos, mercados construidos, precios de mercado, bien afín y costos, obteniéndose la cantidad de \$ 40'434'094.65 pesos MN para el año 2005. Con esta valoración se establece un marco de referencia para crear un mercado de compra y venta de servicios ambientales, así como el incentivo para el cuidado y consumo racional, contribuyendo al ahorro de estos servicios por medio del mantenimiento de las condiciones ecológicas de los humedales. Finalmente, se presenta un análisis del marco institucional y legal requerido para la aplicación del programa de pago por servicios ambientales en este tipo de ecosistemas.

## SUMMARY

The environmental services are the group of conditions and processes provided by the natural ecosystems that the society can use in their benefit. In México, the conceptual and methodological framework for their economic valuation are in process, for what is sought to contribute to the elaboration of a methodology for their evaluation, particularly those provided by wetlands. These ecosystems are considered among more productive of the Earth and their components, functions and properties satisfy many human necessities. In this work, an economic evaluation of the environmental services is for wetlands of the Protected Natural Area "Cienegas of the Lerma", State of Mexico. They are evaluated through the methods: Bought Substitutes, Built Markets, Prices of Market, Very Kindred and Costs, being obtained the quantity of US \$ 3'801'340.12 American dollars for 2005 year. With this valuation a framework is established to create a sale - purchase market of environmental services, as well as the incentive for the care and the rationality of the consumption, being in the saving of these services by means of the maintenance of the wetlands ecological conditions. Finally, an analysis of the institutional and legal context is presented for the application of the payment program by environmental services in this type of ecosystems.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha hecho evidente la necesidad de valorar en términos económicos los beneficios y los costos ambientales que generan políticas nacionales y programas para el desarrollo. Desde los años cincuenta del siglo pasado fue clara la necesidad de evaluar la totalidad de beneficios y proyectos que eran considerados atractivos desde un punto de vista social, como parques nacionales y facilidades recreativas que, sin embargo, desde el punto de vista privado generaban pérdidas. Posteriormente, con la aprobación de leyes en los Estados Unidos regulando las emisiones a la atmósfera, agua y suelo fue clara la utilidad de poder valorar daños y beneficios ambientales. Otra aplicación ha sido en las cortes en casos relacionados con indemnizaciones por daños ambientales y ha sido necesaria la valoración de éstos.

En la conferencia de Estocolmo de 1972 sobre el Ambiente Humano, marca el comienzo oficial de la toma de conciencia internacional acerca de la importancia del medio ambiente. Desde entonces, otros hechos importantes han ocurrido, entre los que cabe mencionar la publicación del libro “Nuestro Futuro Común” en 1987, que presenta el reporte de la Comisión Mundial Sobre Ambiente y Desarrollo, mejor conocida como la Comisión de Brundtland, en la cual reconoce de manera explícita la naturaleza finita de los recursos naturales y del medio ambiente, por consiguiente la necesidad de evaluar costos y oportunidades que resultan del uso de los mismos, tanto para la generación presente como para las generaciones futuras.

En 1991 el Banco Mundial y las Naciones Unidas crearon el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environmental Facility - GEF), cuya etapa inicial enfatizó proyectos en cuatro áreas: protección de la biodiversidad, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, (GEI, principalmente CO<sub>2</sub>, aunque también CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>), reducción de las emisiones de clorofluorocarbonados (CFC) para proteger la capa de ozono (el protocolo de Montreal) y control de la contaminación de aguas internacionales. En 1992 el Banco Mundial dedicó su publicación anual “Reporte Sobre el Desarrollo Mundial” al tema del desarrollo y el ambiente y postuló que el desarrollo económico y el manejo del ambiente eran partes complementarias de una misma agenda; en consecuencia, destacó las oportunidades que existían para el diseño y aplicación de políticas que podrían ser buenas para ambos. También en 1992 se celebró en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo, mejor conocida como Cumbre de la Tierra, o la Cumbre de Río. En esta conferencia se aprobó la Agenda 21, que establece una serie de compromisos que buscan conciliar el desarrollo económico y la protección del medio ambiente.

Por estas razones se han desarrollado una serie de técnicas que tratan de resolver de una u otra forma las dificultades asociadas a la valoración de los impactos ambientales, positivos y negativos, pasando a un plano que regularmente no había sido atendido y que viene luchando contra corriente, ya que se empieza a hablar de dinero en efectivo y justo con relación a lo que ha sido gratuito o de muy bajo precio.

Los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas, así como la diversidad genética de las especies silvestres, conforman el patrimonio natural que el Estado tiene el deber de proteger para el beneficio de los mexicanos, ya que su aprovechamiento sustentable y conservación hacen posible la supervivencia de los grupos humanos. De la cuenca del río Lerma en el Estado de México, el Curso Alto es el que ocupa la mayor cantidad de municipios (22). La elevada concentración poblacional que caracteriza esta región es propiciada entre otras causas, por el establecimiento y desarrollo de zonas industriales en sitios como Lerma, Tianguistenco y Toluca. Debido a que el valle tiene una alta densidad poblacional, propiciada por el asentamiento de grandes zonas industriales, se generan grandes volúmenes de residuos. Además, se trata de un área que en su mayor parte es agrícola, lo cual implica el uso de fertilizantes y plaguicidas. Ante esta problemática cabe suponer que el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, está sometida a procesos de contaminación y deterioro. Debe tenerse en cuenta que la biodiversidad que mantienen los tres humedales de esta zona son una fuente de riqueza que sustentan muchas y variadas formas productivas de la sociedad y el bienestar general de la población.

Si esta zona es aprovechada de manera sustentable, representaría una alternativa fundamental para el desarrollo socioeconómico de la población y para ofrecer una mejor calidad de vida a la sociedad. Por esta razón, su conservación es un requisito básico que hay que atender, tanto desde el punto de vista financiero, como de políticas, instituciones, legislación y tecnología.

El planteamiento de una estrategia para un uso sustentable de humedales y la conservación de los mismos en esta región, implica un compromiso financiero que puede sustentarse con el aprovechamiento de bienes y servicios ambientales, permitiendo un flujo de ingresos económicos que atienda tanto las necesidades del desarrollo, como de conservación de la zona. Es por eso que en la actualidad se promueve el pago de éstos como mecanismo que permite capitalizar los activos naturales de la sociedad. Por lo que en este trabajo se realiza una evaluación de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, donde se establecen montos económicos basados en los métodos de mercados sustitutos (costo de viaje), precios de mercado, bien afín (sucedáneo directo), costos (reemplazo y daños evitados) y mercados contruados (valoración contingente).

## 2. MARCO TEÓRICO

En la obra “Primavera silenciosa” (1962), de la bióloga y escritora estadounidense Rachel Carson, se efectuaron una de las más poderosas y conmovedoras denuncias de los efectos nocivos que tenía para la naturaleza el empleo masivo de productos químicos y las consecuencias contaminantes de muchas actividades industriales. Este libro despertó gran interés por parte de la comunidad científica, movimientos proambientales y ONG’s quienes lo utilizaron como la punta de lanza del ecologismo. Los aportes de Paul Gunter, en su proyecto denominado "Cero emisiones", han generado todo un debate sobre lo que se debería hacer en todas las actividades humanas; consolidando una planificación y acción proactiva que lleve a una producción con cero emisiones.

Con la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales (1992) en México, se introdujo la muy interesante figura de los “consejos de cuenca”, como instancias multisectoriales locales comisionados con el cuidado de las cuencas y los sistemas hidráulicos. Como experiencia piloto en la cuenca del Lerma-Chapala incluyendo el Distrito Federal, se conformó en 1995 el grupo de trabajo de conservación de suelo y agua, que elaboró un programa con dos ejes centrales: (1) el desarrollo de microcuencas con la participación central de los municipios y las comunidades campesinas ubicadas dentro de esas microcuencas y (2) la creación de un fideicomiso para la canalización de recursos financieros para la conservación de la cuenca, alimentado principalmente por partes proporcionales de los derechos de agua, en lo que conformó el primer planteamiento de cargar a los usuarios del agua los costos del mantenimiento del servicio de cuenca. Por otro lado la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) presentó el cálculo de la cuenta patrimonial del recurso agua en la cuenca Lerma-Chapala, donde valorizaron económicamente los diversos componentes del patrimonio natural a partir de la integración de la cuenta física y monetaria para la adecuación de una estructura de precios reales que definieron al precio de escasez, la complementación de políticas y el plan de manejo integral de la cuenca. Otros trabajos realizados en la cuenca Lerma-Chapala están orientados a la caracterización de la zona por paisaje y su tipo de vegetación, datos meteorológicos y sobre el monitoreo de la calidad del agua de sus humedales.

Lo que no se ha logrado integrar es el valor económico total de los servicios ambientales de la cuenca. Ni se ha delimitado un estudio económico del valor de sus ecosistemas, especialmente los de frágil equilibrio y de vital importancia, como los humedales presentes en el Curso Alto, que ahora son reminiscencias de los grandes humedales que existían en la zona centro del país.

## 2.1 HUMEDALES

La Convención sobre humedales es un tratado intergubernamental aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar, relativo a la conservación y el uso racional de los humedales. A pesar de que el nombre oficial de la Convención Ramsar se refiere a los humedales con importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, con los años su enfoque se ha ampliado por los servicios ambientales que suministran a la humanidad y actualmente se utiliza apropiadamente el nombre de Convención sobre los humedales. La Convención entró en vigor en 1975 y en la actualidad más de 100 países, entre ellos México (Cuadro 1), se han adherido a la misma. Ramsar es el único convenio medioambiental que se ocupa de un ecosistema específico.

**Cuadro 1. Listado de humedales inscritos en la Convención Ramsar para el 16 de septiembre de 2005, en México.**

	SITIO RAMSAR	ESTADO	SUPERFICIE (HA)
1	Área de protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas	Coahuila	84'347
2	Área de protección de Flora y Fauna de Términos	Campeche	705'016
3	Área de protección de Flora y Fauna Yum Balam	Quintana Roo	154'052
4	Área de protección de Flora y Fauna de Nahá y Metzabok	Chiapas	7'216
5	Bala'an K'aax	Quintana Roo	131'610
6	<i>Ciénegas del Lerma</i>	<i>Estado de México</i>	3'023
7	Cuencas y corales de la zona costera de Hualtuco	Oaxaca	44'400
8	Dzilam (reserva estatal)	Yucatán	61'707
9	Humedal de Importancia Especialmente para la Conservación de Aves Acuáticas Reserve Ría Lagartos	Yucatán	60'348
10	Humedales de la Laguna La Popotera	Veracruz	1'975
11	Humedales del Delta del Río Colorado	Baja California, Sonora	250'000
12	Humedales del Lago de Pátzcuaro	Michoacán	707
13	Isala San Pedro Mártir	Sonora	30'165
14	Isalas Marietas	Nayarit	1'357
15	La Mancha y El Llano	Veracruz	1'414
16	Laguna Costera El Caimán	Michoacán	1'125
17	Laguna de Chichankanab	Quintana Roo	1'999
18	Laguna de Metztitlán	Hidalgo	2'937
19	Laguna de Sayula	Jalisco	16'800
20	Laguna de Tecocomulco	Hidalgo	1'769
21	Laguna de Yuriria	Guanajuato	15'020
22	Laguna Zacapu	Michoacán	40
23	Laguna de Zapotlán	Jalisco	1'496
24	Laguna Madre	Tamaulipas	307'894
25	Laguna Ojo de Liebre	Baja California, Sur	36'600
26	Laguna Playa Colorada-Santa María La Reforma	Sinaloa	53'140
27	Laguna San Ignacio	Baja California, Sur	17'500
28	Manglares y humedales de la Laguna de Sontecomapan	Veracruz	8'921
29	Marismas Nacionales	Sinaloa, Nayarit	200'000
30	Parque Nacional Arrecife de Cozumel	Quintana Roo	11'987
31	Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos	Quintana Roo	9'066
32	Parque Nacional de Xcalak	Quintana Roo	17'949
33	Parque Nacional Bahía de Loreto	Baja California, Sur	206'581

34	Parque Nacional Cañon del Sumidero	Chiapas	21'789
35	Parque Nacional Isla Controy	Quintana Roo	5'126
36	Parque Nacional Isla Isabel	Nayarit	94
37	Parque Nacional Lagunas de Montebello	Chiapas	6'022
38	Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano	Veracruz	52'238
39	Playa Tortuguera Cahuitán	Oaxaca	65
40	Playa Tortuguera Chenkán	Campeche	100
41	Playa Tortuguera El Verde Camacho	Sinaloa	6'450
42	Playa Tortuguera Rancho Nuevo	Tamaulipas	30
43	Playa Tortuguera Tierra Colorada	Guerrero	54
44	Playa Tortuguera X'cacel-X'cacelito	Quintana Roo	362
45	Playón Mexiquillo	Michoacán	67
46	Presa Jalapan	Querétaro	68
47	Reserva de la Biosfera Archipiélago de Revillagigedo	Mexican Island Territory	636'685
48	Reserva de la Biosfera Banco Chinchorro	Quintana Roo	144'360
49	Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala	Jalisco	13'142
50	Reserva de la Biosfera La Encrucijada	Chiapas	144'868
51	Reserva de la Biosfera Los Petenes	Campeche	282'857
52	Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla	Tabasco	302'706
53	Reserva de la Biosfera Ría Celestún	Yucatán	81'482
54	Reserva Estatal El Palmar	Yucatán	50'177
55	Sian Ka'an	Quintana Roo	652'193
56	Sistema de Lagunas Interdunarias de la Ciudad de Veracruz	Veracruz	141
57	Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco	Distrito Federal	2'657
58	Sistema Lagunar Alvarado	Veracruz	267'010
<b>TOTAL</b>		<b>16 Estados</b>	<b>5'118'904</b>

Adaptado de Ramsar, 2005.

De acuerdo a la Convención Ramsar los humedales pueden definirse como: "Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (Barbier *et al*, 1997).

Son ecosistemas extremadamente dinámicos, capaces de cambiar en sus características, en forma anual, estacional e incluso día con día, además se presentan en una amplia gama de tamaños, tipos de suelos, profundidades, química del agua, comunidades vegetales, especies de plantas y animales, es por ello que son más difíciles de clasificar que la mayoría de las unidades ecológicas del paisaje.

La clasificación de humedales consiste en el reconocimiento y ubicación en un marco lógico basado en sus características geomorfológicas, fisiográficas, hidrológicas, geoquímicas y de vegetación, mostrando cinco tipos principales (Amat *et al*, 2004):

- Marinos (humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral).
- Estuarinos (incluidos deltas, marismas de marea y manglares).
- Lacustres (humedales asociados con lagos).
- Ribereños (humedales adyacentes a ríos y arroyos).
- Palustres (es decir, pantanosos - marismas, pantanos y ciénegas).

Todos comparten una propiedad primordial: el agua juega un rol fundamental en el ecosistema, en la determinación de su estructura y funciones ecológicas.

La presencia de los humedales ha variado con el tiempo, en el período Carbonífero, es decir, hace 350 millones de años, cuando predominaban los ambientes pantanosos, los humedales produjeron y conservaron muchos combustibles fósiles (carbón y petróleo) de los que hoy se depende. Más tarde, los humedales situados a orillas de los grandes ríos del mundo, con inclusión del Tigris, Éufrates, Níger, Nilo, Indo y Mekong, nutrieron a las grandes civilizaciones de la historia. Estos ecosistemas aportaron pescado, agua de beber, tierras de pastoreo, vías de transporte, como ocupaban un lugar central en la mitología, el arte y la religión, llegaron a formar parte integrante de la vida cultural de los primeros pueblos.

Los humedales han sido descritos como “los riñones del medio natural”, a causa de las funciones que pueden desempeñar en los ciclos hidrológicos y químicos, y como “supermercados biológicos”, en razón de las extensas redes alimentarias y la rica diversidad biológica que sustentan (Mitsch y Gosselink, 1993).

El cambio climático tendrá un fuerte impacto sobre ellos y pondrá en peligro su capacidad de seguir reportando beneficios sociales, económicos y ambientales, así es que su conservación, mantenimiento y rehabilitación pueden ser elementos viables de una estrategia general de mitigación a este cambio (Bergkamp y Orlando, 1999).

## Componentes, funciones y propiedades de los humedales

Las características de estos ecosistemas se pueden agrupar en componentes, funciones y propiedades. Los componentes son los rasgos bióticos y no bióticos y abarcan el suelo, el agua, las plantas y los animales. Las interacciones de estos componentes se expresan en funciones, con inclusión del ciclo de nutrientes, el intercambio de aguas superficiales y subterráneas y entre la superficie y la atmósfera. Además, el sistema tiene propiedades, como la diversidad de especies. Los componentes de los humedales aportan muchos productos de gran valor, inclusive:

### *Alimentos*

Suministran carpa, juil, ranas, acocil, salmiche, charal y pescado blanco. Las aves acuáticas se guisan todo el tiempo. También se tienen los vegetales acuáticos, como la papa de agua, berro, jara, chichamol, apaclolillo, cebolla morada, cresones, chivitos y mamalacote (Fotografías 1 y 2). Dos tercios del pescado que se consumen dependen de los humedales en alguna etapa de su ciclo biológico. Muchas especies comestibles se reproducen únicamente en praderas inundadas.



**Fotografías 1 y 2.** Parte de la dieta de lugareños del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, consiste en organismos que habitan en humedales.



### ***Medicina tradicional***

Se utilizan varios productos lacustres como el lodo de la ciénega (para ampollas y quemaduras), la lentejilla (para la diarrea), el ajolote (para enfermedades respiratorias), y el ajolote “sordo” (para niños éticos, un tipo de anemia).

### ***Madera, leña y otros productos derivados***

Son fuentes vitales de abastecimiento de madera para construcción y leña para cocinar y calefaccionar, así como de otros productos derivados de los árboles, como medicamentos, carbón y de cortezas se extraen taninos. Con fibras naturales como los cañizos, se fabrican muchos otros productos, para construir techos y fabricar esteras, trampas para peces, canastos, sillas, bolsas, petates y hondas, que son fuentes de ingreso clave para las aldeas de los humedales (Fotografía 3 y 4).



**Fotografías 3 y 4.** Fibras naturales para la elaboración de productos.

### ***Fauna y flora silvestres***

Contienen diversas comunidades vegetales, múltiples micro y macro invertebrados, así como vertebrados de entre los cuales están los mamíferos, reptiles, anfibios y aves cuya existencia depende de las inundaciones anuales. Los humedales sustentan una variedad extraordinaria de organismos, entre los que figuran especies de plantas superiores, en particular helechos, gramíneas y orquídeas así como una amplia diversidad dentro del medio acuático (de las 20'000 especies de peces que hay en el mundo, más del 40 por ciento vive en aguas dulces; Fotografías 5 a la 10).

Las especies de fauna y flora silvestres se explotan de distintas maneras. Los ingresos monetarios derivados del turismo ascienden a dos millones de dólares al año. Se trata de ingresos por concepto de emisión de permisos para acceder a los sitios o de pagos hechos a guías y patronos de barcos. La realización de estudios científicos y el rodaje de películas, inclusive documentales, son otras modalidades de uso directo no consuntivo. La caza de patos y venados es un uso manifiestamente consuntivo que puede generar ingresos por concepto de emisión de licencias, a lo que cabe añadir el valor de la carne.



Fotografía 5. Gramínea.



Fotografía 6. Planta silvestre.



Fotografía 7. Hidrofita flotante: lirio acuático (*Eichhomia crassipes*).



Fotografía 8. Pequeño crustáceo, acocil.



Fotografía 9. Pez.



Fotografía 10. Ave acuática: morito (*Plagadis falcinellus*).

### ***Tierras agrícolas fértiles***

La inundación periódica de las praderas de aluvión y otros humedales promueve la fertilidad de los suelos y mantiene la de las tierras ribereñas. Así como los restos de plantas y animales se almacenan creando una fuente importante de materia orgánica y suelo nutritivo (Fotografía 11).



**Fotografía 11.** Cultivos de maíz cercanos a los humedales.

### ***Abastecimiento de agua***

Los humedales son fuentes de agua dulce para uso doméstico, agrícola (riego y abrevado) e industrial. Entre los procesos hidrológicos que se desarrollan se encuentran la recarga de mantos acuíferos, cuando el agua acumulada en el humedal desciende hasta las nevas subterráneas. La obtención de agua dulce se evidencia como uno de los problemas ambientales más importantes de los próximos años; dado que la existencia de agua limpia está relacionada con el mantenimiento de ecosistemas sanos, la conservación y el uso sustentable de los humedales se vuelve una necesidad impostergable.

### ***Transporte por agua***

Muchas comunidades se han desarrollado en humedales o cerca de ellos y emplean sus vías navegables como medio de transporte y con gran importancia para fines económicos. Los canales son ejemplos de humedales artificiales creados expresamente para el transporte.

### ***Turba***

Muchos humedales de clima templado o tropical tienen suelos turbosos. La turba puede ser una importante fuente de combustible y a veces se extrae localmente a escala de subsistencia. Sin embargo, en los países desarrollados ha existido una fuerte demanda de turba para abonar jardines, que ha redundado en su extracción comercial por empresas multinacionales. Por otra parte las turberas contienen información precisa acerca de la vegetación en un proceso de descomposición de la cual provienen. Y gracias al polen que cayera sobre la superficie de las plantas cuando éstas aún se hallaban vivas, las turberas poseen también un historial detallado de la vegetación que crece en su entorno y, por tanto, de los cambios climáticos y paisajísticos a lo largo del tiempo. Esta información es la que ahora está permitiendo a los biólogos reconstruir el escenario de los cambios a medida que el clima de la Tierra se fue calentando o enfriando por los efectos de invernadero o por la acción de las eras glaciares.

Las funciones de los humedales brindan de manera indirecta un modo de aprovechamiento. Aunque éstas pueden ser desempeñadas por obras de ingeniería como represas, escolleras o plantas de tratamiento de aguas, estos ecosistemas suelen hacerlo a un costo menor que usando soluciones técnicas (Dugan, 1990). Estas funciones comprenden:

### ***Regulación de metano y captura de carbono***

Liberan continuamente el gas metano a la atmósfera (producto de la elevada tasa de descomposición de la materia orgánica y a organismos reductores), el cual mantiene la concentración de oxígeno molecular atmosférico en un nivel de casi 21% (si se incrementa el O<sub>2</sub> atmosférico al 25% se incendiarían espontáneamente una gran cantidad de bosques del planeta). Una molécula de metano transforma rápidamente dos moléculas de oxígeno en una molécula de dióxido de carbono y dos moléculas de agua. Las plantas de humedales absorben casi tanto dióxido de carbono como las plantas de los bosques de lluvia tropical y lo mantienen largo tiempo almacenado en forma de turba cuando mueren y empiezan a descomponerse. También se encuentran organismos oxidantes que producen dióxido de carbono. Los humedales contienen entre el 10 y el 20% del carbono terrestre del mundo. Por lo que desempeñan una función importante en el ciclo global del carbono (Sahagian y Melack, 1998; IPCC, 1996).

### ***Preservación***

Algunos humedales, en particular las ciénagas acídicas anegadas, han conservado importantes restos arqueológicos y humanos. Por ejemplo, en los Somerset Levels de Inglaterra se han hallado caminos construidos en la prehistoria y en Dinamarca se han encontrado cadáveres extraordinariamente bien conservados.

### ***Control de crecidas/inundaciones***

Las praderas inundables almacenan grandes cantidades de agua durante las crecidas. Esto reduce el caudal máximo de los ríos y por ende el peligro de inundación aguas abajo. A su paso por una llanura de aluvión, el agua se almacena temporalmente, lo que reduce el caudal máximo de los ríos y retrasa el momento en que el caudal alcanza ese nivel, lo que puede favorecer a las poblaciones ribereñas asentadas aguas abajo. Además la vegetación crea un sistema de drenaje (drenes), que permiten al agua de la superficie escurrirse más lento y su distribución en el humedal.

### ***Protección contra tormentas***

Las tormentas costeras provocan fuertes inundaciones en muchas partes del mundo, desde los países bajos hasta Bangladesh. Los humedales costeros, en particular los manglares, ayudan a disipar la fuerza del viento y las olas y reducen los daños que provocan. Dado que los manglares reducen la energía de las olas, protegen a las comunidades costeras de la erosión.

### ***Recarga de acuíferos***

Si las zonas de recarga se mantienen y protegen, los acuíferos y manantiales pueden aportar una cantidad sostenida de recursos hídricos a las comunidades (Fotografía 12; Acreman y Hollis, 1996). Muchos humedales existen porque sus suelos son impermeables, lo que impide una recarga significativa de los acuíferos. En cambio, las praderas inundadas periódicamente tienen a menudo suelos más permeables y se reconoce que una de sus funciones importantes es la recarga de las aguas subterráneas.



**Fotografía 12.** Los macizos montañosos son importantes zonas de recarga que favorecen la escorrentía y a su vez recargan de agua al humedal.

### ***Retención de sedimentos y agentes contaminantes***

Los humedales no sólo regulan el caudal de agua, sino también su calidad (Baker y Maltby, 1995). Si se hallan en las partes bajas de las cuencas, pueden servir de lagunas de sedimentación. La presencia de cañizos y gramíneas hace que los ríos corran más lentamente, lo que incrementa las posibilidades de sedimentación, en la cual van adheridos agentes contaminantes.

### ***Retención de nutrimentos***

Esta función interviene cuando las plantas retienen nutrimentos o éstos se acumulan en el subsuelo y es especialmente importante en el caso de los nitratos y fosfatos. Los nitratos pueden ser reconvertidos en nitrógeno gaseoso y reintroducidos en la atmósfera por efecto de la desnitrificación. Debido a que los humedales retienen sedimentos, agentes contaminantes y nutrimentos, juegan un papel fundamental en los ciclos de la materia y en la calidad del agua.

### ***Evaporación***

La evaporación de agua de humedal suele ser considerada una mera pérdida y por ende se desestima. Una proporción considerable de la precipitación continental es en realidad resultado de la evaporación *in situ* y no del aire húmedo de los océanos. La evaporación de agua de humedal provoca precipitaciones en las cercanías (Fotografía 13). Los ciclos hidrológicos, de nutrientes y de materia y los flujos de energía estabilizan estabiliza condiciones climáticas.

Sin embargo, no todos los humedales desempeñan la totalidad de estas funciones hidrológicas en igual grado, y puede ocurrir que no desempeñen ninguna de ellas. De hecho, algunos pueden desempeñar funciones hidrológicas perjudiciales para el ser humano, como los humedales ribereños, que pueden actuar como zonas de generación acelerada de escorrentías, lo que incrementa el peligro de inundación aguas abajo.



**Fotografía 13.** La evaporación de cuerpos de agua provoca precipitaciones en las zonas aledañas.

Dentro de las propiedades de los humedales se tienen:

### ***Patrimonio cultural***

Los árabes del Iraq meridional han vivido durante siglos en islas artificiales en las marismas de la confluencia de los ríos Tigris y Éufrates. Su modo de vida está en armonía plena con los humedales, a los que están unidos por lazos espirituales que difieren por algún motivo del mero uso directo de sus productos, que emplean para construir embarcaciones y casas, y les protegen de sus enemigos. Los pantanos turbosos de East Anglia y los Somerset Levels (Reino Unido), son asimismo componentes importantes del patrimonio cultural. Menos personas dependen directamente de estos humedales para su sustento, pero no dejan de ocupar un sitio fundamental en la vida de las poblaciones locales. Además, quienes han migrado de estas zonas y viven ahora en ciudades conservan gratos recuerdos de la vida en los humedales.

### ***Diversidad biológica***

Cuanto mayor es la biodiversidad, más estable es el ecosistema, así sustentan una importante diversidad biológica (Fotografías 14 a la 16) y en muchos casos constituyen hábitats críticos para especies seriamente amenazadas. Son lugar de anidación y reproducción de muchas especies terrestres y acuáticas. Dada su alta productividad, pueden albergar poblaciones muy numerosas, en especial de aves migratorias.



**Fotografía 14.** Rana.



**Fotografía 15.** Libélulas (*Pyrrhosoma nymphula*).



**Fotografía 16.** Paisaje de una región en la laguna Chiconahuapan, polígono 3, norte.

### ***Investigación***

Su importancia a nivel de ciencia tiene que ver, en parte, a que los biólogos están tratando de explicar cómo estos sorprendentes ecosistemas actúan en zonas con niveles bajos de oxígeno disuelto, con muy poco elemento mineral y con el régimen de reciclaje nutritivo más severo. Además son un receptor importante de especies endémicas y migratorias se pueden llevar a la conformación del monitoreo de estas especies para la elaboración de inventarios y la búsqueda de sus respectivos nichos.



**Fotografía 17.** Lectura de pH, conductividad eléctrica y temperatura del agua en los humedales.



**Fotografía 18.** Lectura de calidad del agua de los humedales.

### Usos recreativos

Ofrecen posibilidades de recreación, estéticas y de reflexión. Los usos recreativos comprenden la pesca, la caza deportiva, la observación de aves, la fotografía y los deportes acuáticos.

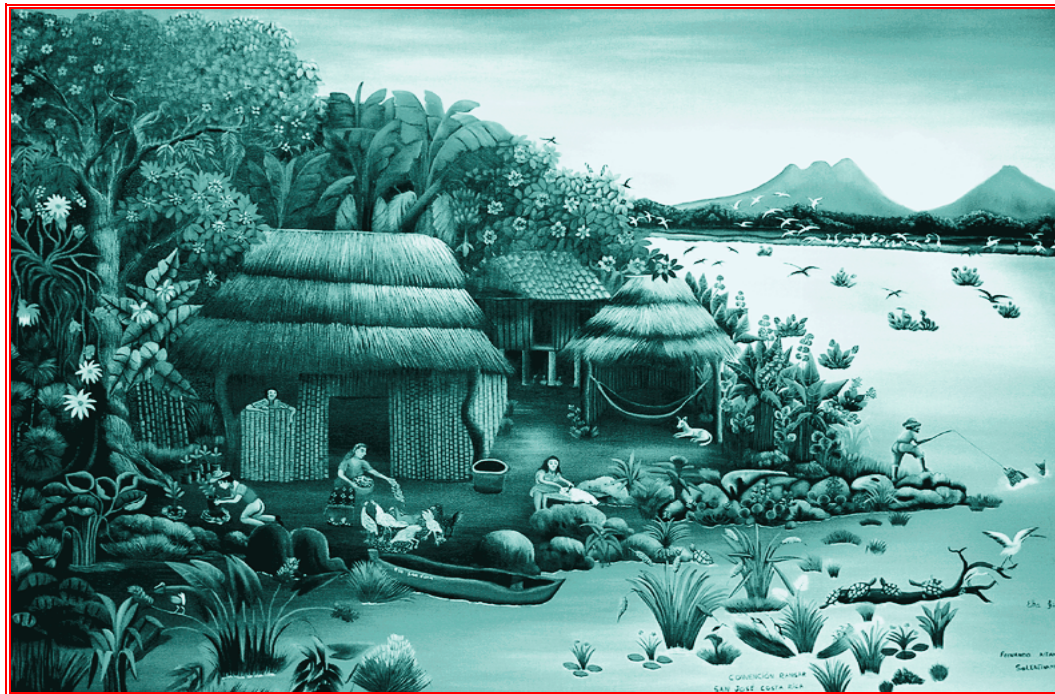


**Fotografía 19.** Pesca y relajación.



**Fotografía 20.** Esparcimiento en viajes de canoas.

En fin, sustentan directamente a millones de seres humanos y aportan bienes y servicios al mundo exterior. La humanidad cultiva los suelos, captura peces para consumirlos, tala árboles para obtener madera de construcción y leña, cortan sus cañizos para fabricar esteras y construir techos (Figura 1).



**Figura 1.** Mural donde se manifiesta la interacción del hombre con el humedal, obteniendo bienes y servicios ambientales.



## Problemática de humedales

La opinión de que son tierras inservibles, que arranca de la ignorancia o apreciaciones erróneas del valor de sus bienes y servicios, ha ocasionado su conversión para destinarlos a usos agropecuarios, industriales o residenciales intensivos (Cuadro 2). Las aspiraciones individuales de los agricultores o constructores han estado respaldadas por políticas y asistencias gubernamentales. Las obras de ingeniería fluvial han desviado sus aguas por considerarse que allí se desperdicia o, en el mejor de los casos, tiene menos valor que si se les emplea para regar cultivos.

**Cuadro 2. Incidencia de amenazas importantes para humedales de América Latina y el Caribe (CMMC, 1992), expresada como porcentaje de los sitios.**

Amenaza	América Latina y el Caribe (%)
Caza y perturbaciones afines	30.5
Asentamientos humanos	N.E.
Desecación para agricultura	19
Perturbaciones provocadas por la recreación	11.5
Recuperación para desarrollo urbano o industrial	10.5
Contaminación	31
Perturbaciones provocadas por la pesca y actividades conexas	10
Explotación forestal y silvicultura comerciales	10
Tala para uso doméstico	N.E.
Degradación de la cuenca, erosión de suelos, sedimentación	N.E.
Conversión en estanques acuícolas o salineras	N.E.
Desvío de aguas	N.E.
Pastoreo excesivo (ganado doméstico)	N.E.
N.E. = No especificado.	

Barbier *et al*; Oficina de la Convención de Ramsar, 1997.

Algunas organizaciones continúan interesándose por los humedales únicamente como posibles fuentes de tierras para alimentar a una población cada vez más numerosa, lo que normalmente exige alterar el sistema natural. La destrucción de estos ecosistemas puede ser causada también por la contaminación, eliminación de desechos, minería, extracción de aguas subterráneas, sobrepastoreo, cambios en el uso de suelo y la caza, entre otros (Fotografías 21 a la 23). Dado que el agua fluye naturalmente, existe una estrecha vinculación entre los ecosistemas acuáticos permanentes, los temporariamente húmedos y los terrestres adyacentes. Esto determina que también son vulnerables a los impactos negativos de acciones que ocurren fuera de ellos.

La explotación comercial a gran escala de la turba para uso hortícola está destruyendo gran parte de las turberas importantes que aún quedan en Gran Bretaña y en Irlanda. Este tipo de actividad rompe el equilibrio de un sistema que, en el caso de las turberas, tardan miles de años en recuperarse. Si a estas turberas se les expone a un proceso de oxidación por drenaje con fines agrícolas, o por combustión, puede llegar a producir 500'000 millones de toneladas de dióxido de carbono (una cantidad 200 veces mayor que la producida por todos los coches en un año), lo cual supondría una tremenda carga adicional al efecto invernadero (una molécula de CO<sub>2</sub> en la estratosfera, tarda un siglo para su descomposición).



**Fotografía 21.** Depósitos de basura.



**Fotografía 22.** Ramoneo y pastoreo.



**Fotografía 23.** Caza de aves.

Por otro lado y no menos importante, se tiene el impacto del cambio climático sobre los humedales. Los escenarios de cambio climático existentes prevén un aumento de dos grados centígrados en todo el mundo y un aumento del nivel del mar de aproximadamente 1.5 metros en los próximos 50 años (IPCC, 1996). El aumento de las temperaturas, los cambios en la precipitación y el aumento del nivel del mar son los principales aspectos del cambio climático que afectarán a la distribución y función de los humedales. (Patterson, 1999).

En México el desarrollo industrial, agropecuario, urbanístico y turístico se ha realizado de manera desordenada y ha ocasionado graves daños al patrimonio natural, provocando que algunos ecosistemas sufran perturbaciones y que numerosas especies hayan desaparecido y muchas otras estén en peligro de desaparecer, para el ser humano esta situación amenaza la posibilidad de continuar obteniendo beneficios y servicios que la naturaleza proporciona (Diario Oficial de la Federación 27 de noviembre de 2002).

Puntualizando la problemática en el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, se presentan los siguientes factores:

1. Sobreexplotación del acuífero. El crecimiento de la ciudad de México llevó a que se implementará un sistema de extracción de agua del acuífero del valle de Toluca, que además de satisfacer sus crecientes necesidades, en particular, de la ciudad de Toluca, cuyo consumo ha venido aumentando en forma acelerada, ahora también serviría para el abastecimiento del valle de México.

Existen numerosos pozos que han bombeado grandes volúmenes de agua (alrededor de 5 m<sup>3</sup> por segundo) por varias décadas.

2. Desecamiento de humedales. Como consecuencia de la sobreexplotación del acuífero por encima de los volúmenes de recarga, el nivel piezométrico ha descendido considerablemente. Esto favoreció la infiltración de aguas superficiales y dando lugar a un desecamiento de las zonas antiguamente inundadas. Otro factor que también ha intervenido es la construcción de sistemas de drenaje artificial para abrir tierras de agricultura. Cuando las tierras se inundan en la estación de las lluvias, empieza a funcionar un amplio sistema de bombeo que evacuan el agua para proteger los cultivos.
3. Contaminación del agua. Por la descarga de aguas residuales generadas por zonas urbanas e industriales. Parte de éstas reciben tratamiento limitado, el resto se vierten crudas en los canales y cuerpos de agua superficiales provocando su deterioro (Fotografías 24 y 25). Además de la degradación de pesticidas, fungicidas o herbicidas que van hacia los mantos freáticos provenientes de actividades agrícolas.



**Fotografía 24 y 25.** Descarga de aguas residuales.

## 2.2 GESTIÓN AMBIENTAL

La gestión ambiental es el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente, basándose en una información coordinada multidisciplinaria y en la participación de los pobladores siempre que sea posible. Todas estas medidas e instrumentos tienen como objetivo el desarrollo sustentable, que se refiere al uso adecuado de los recursos que permita la satisfacción de necesidades básicas presentes de los habitantes, pero sin comprometer los recursos de generaciones futuras. La Economía ambiental trata sobre cómo se administran esos recursos en relación a los procesos productivos y las actividades de consumo, su distribución y los límites de disponibilidad con que se cuenta para alcanzar un desarrollo sustentable, abarca el estudio de los problemas ambientales empleando la visión y las herramientas de la Economía.

Las mejores propuestas para alcanzar la protección y preservación del medio, es a través de la sensibilizar a las personas en sus ámbitos de consumo y de la responsabilidad inherente de las instituciones privadas y públicas a crear incentivos que conduzcan a los consumidores a tomar decisiones en una dirección determinada ya que cualquier estructura económica producirá un impacto ambiental destructivo si los incentivos no están encaminados a evitarlo.

Otro aspecto que ha cobrado importancia en el campo de la Economía ambiental es la correlación de los impactos del crecimiento económico en la calidad ambiental, esta problemática tiene infiltraciones serias en el comportamiento de los consumidores y en la planeación económica familiar.

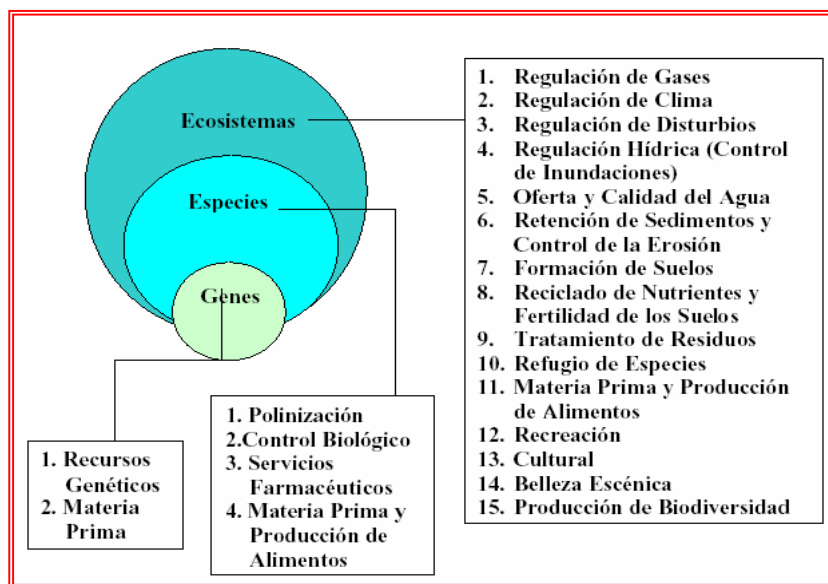
## Bienes y servicios ambientales

Los bienes ambientales son materias primas y los servicios ambientales son funciones ecosistémicas que utiliza la humanidad en sus actividades económicas, sociales y culturales. Éstos son un conjunto de condiciones y procesos naturales (incluyendo especies y genes) que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales por su simple existencia. Tienen como principal característica que no se gastan y no se transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad al consumidor, por ejemplo, el paisaje que ofrece un ecosistema (Radoslav, 2002).

Los servicios ambientales que suministran los ecosistemas se pueden dividir en tres grandes categorías:

1. Los derivados de la provisión de bienes: como alimentos, medicinas, fibras, leña, semillas entre otros.
2. Los ligados a la regulación del medio ambiente: la provisión de agua, calidad del aire, control de la erosión del suelo, conservación de plantas y animales, banco genético y como soporte esencial en la mitigación de riesgos naturales.
3. Los que tienen que ver con su valoración por razones culturales, religiosas y como espacios importantes para la recreación.

Los bienes y servicios ambientales se pueden clasificar según los niveles jerárquicos de organización biológica (Figura 2). El nivel de ecosistema contiene todos los servicios ambientales y dentro de éste se encuentran los bienes y servicios que de alguna manera son más fáciles de cuantificar siendo que se pueden relacionar con las actividades económicas de la humanidad: oferta hídrica, recreación, etc.



**Figura 2.** Clasificación de bienes y servicios ambientales según los niveles jerárquicos de organización biológica (Radoslav, 2002).

## Valoración económica de bienes y servicios ambientales

Se puede definir la valoración económica como todo intento de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por recursos ambientales, independientemente de si existen o no precios de mercado que ayuden a hacerlo. Esto se hace con el fin de: 1) contribuir a dimensionar los costos del uso irracional que se hace del capital natural del país, 2) establecer objetivos y metas de políticas públicas en la materia, 3) instaurar acuerdos entre agentes económicos diversos, así como mecanismos de evaluación y 4) diseñar incentivos económicos que internalicen costos ambientales y que apoyen programas de conservación así como de aprovechamiento sustentable de bienes y servicios abastecidos por la naturaleza (Vega, 1998).

Cuando un recurso ambiental existe pura y simplemente y proporciona bienes y servicios sin costo alguno, lo único que expresa este valor es la disposición de las personas a pagar por ellos, independientemente de si realmente se paga o no. La valoración es sólo un aspecto de los esfuerzos por mejorar el manejo/gestión de los recursos ambientales.

En algunos casos puede ser útil agotar o degradar recursos ambientales, mientras que en otros puede convenir atesorarlos. La valoración económica puede contribuir a tomar tales decisiones, siempre que los decisores sean conscientes de sus limitaciones y objetivos generales. El principal objetivo de la valoración como medio de facilitar la toma de decisiones en materia de manejo/gestión suele consistir en que los recursos deben asignarse a los usos que reporten ganancias netas a la sociedad, lo que se evalúa comparando los beneficios económicos de cada uso menos sus costos. A veces existen otros motivos para manejar/gestionar ecosistemas de determinada manera, como atribuciones políticas. Por tanto, los valores económicos sólo representan una de las variables que intervienen en la toma de decisiones, juntamente con otras consideraciones importantes.

El hecho de que los costos económicos de la conversión o degradación de recursos ambientales no se tengan en cuenta en mayor grado, es una de las principales causas de la formulación de políticas de desarrollo inapropiadas, lo que redundará en un exceso de conversión o explotación de los mismos. Una de las principales causas de la disminución y conversión excesivas de los recursos de los humedales es con frecuencia que sus valores no comerciales no se tienen en cuenta adecuadamente en las decisiones concernientes al desarrollo. Cabe mencionar que la valoración económica permite medir y comparar los distintos beneficios de los humedales y por ende puede servir de instrumento eficaz de facilitación y mejoramiento del uso racional y el manejo/gestión de los recursos de los humedales del mundo.

Es posible que algunos miembros de la sociedad sostengan que ciertos ecosistemas junto con sus recursos vivos poseen en sí mismos un valor adicional preeminente, además de la contribución que puedan hacer a la satisfacción de las necesidades o preferencias del ser humano. Desde esta óptica, la conservación de los recursos de ecosistemas plantea un deber moral más bien que una cuestión de eficiencia o asignación equitativa.

El concepto de “valoración económica total” de un ecosistema, específicamente de los humedales, distingue entre valores *de uso* y valores *de no uso* (Figura 3), siendo estos últimos los valores actuales y venideros (potenciales) relacionados con un recurso ambiental que descansan únicamente en su existencia continua y nada tienen que ver con su utilización (Pearce, 1993). Los valores de uso suponen alguna interacción de la humanidad con el recurso, lo que no ocurre en el caso de los valores de no uso.

Los valores de uso se dividen en *directos* e *indirectos*. Los usos directos pueden entrañar actividades comerciales y no comerciales. Por contraste, diversas funciones ecológicas reguladoras de los humedales pueden poseer importantes valores de uso indirectos. El valor de uso indirecto de una función ambiental se relaciona con la variación del valor de la producción o el consumo de la actividad o los bienes que sustenta o protege.

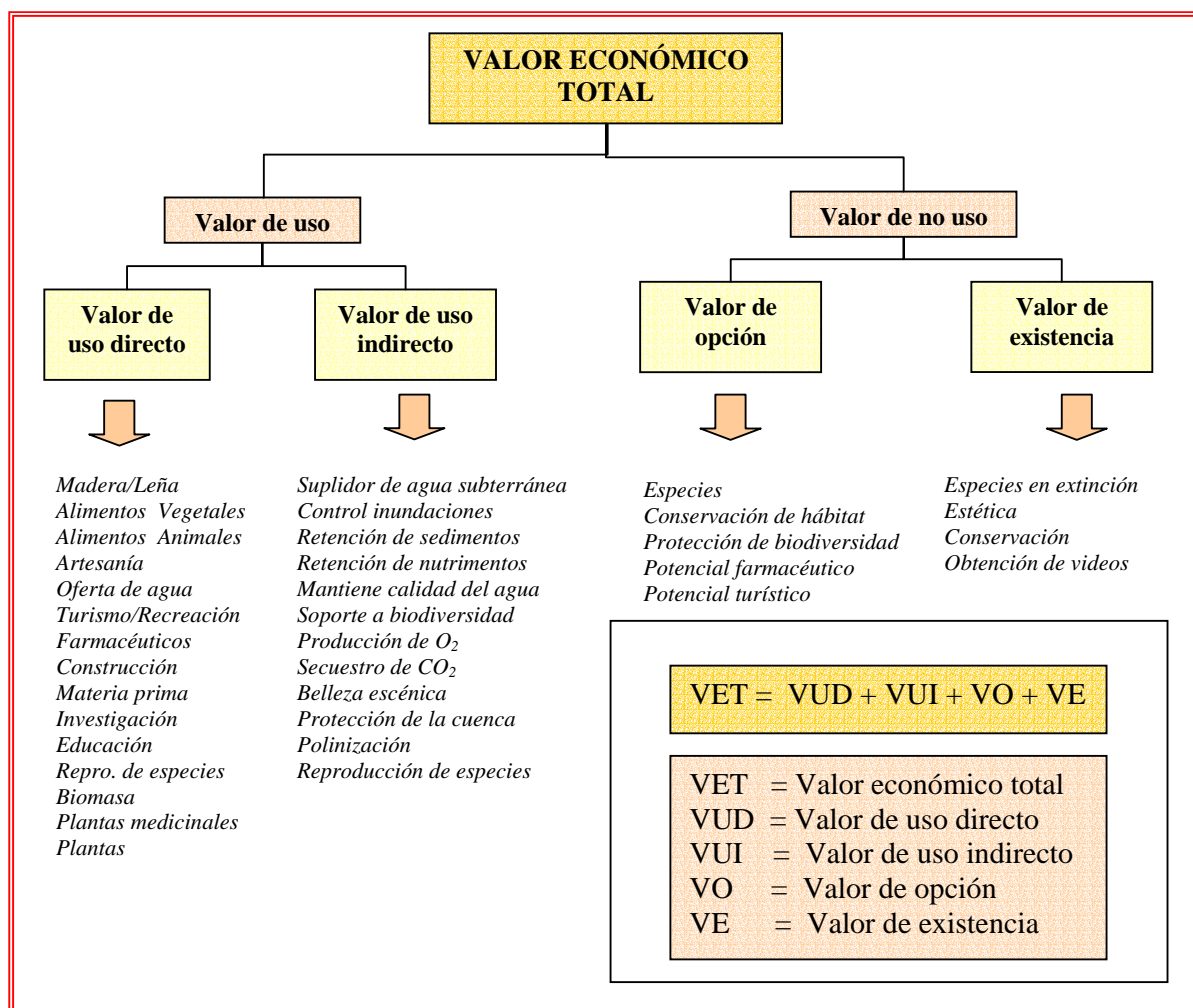


Figura 3. Componentes del valor económico total para el cálculo de bienes y servicios ambientales (Radoslav, 2002).

Sin embargo, como la contribución de uso indirecto no se comercializa ni remunera y sólo se relaciona indirectamente con actividades económicas, estos valores son difíciles de cuantificar y no suelen tenerse en cuenta en las decisiones concernientes a la gestión de los humedales.

El valor de *opción* pertenece a una categoría especial y arranca de las dudas que una persona puede abrigar respecto de sus necesidades futuras de un recurso y/o de si estarán disponibles en un humedal más adelante (Smith, 1983; Freeman, 1984). Si alguien desconoce el valor que un humedal tendrá en el futuro, pero piensa que tal vez sea alto o que la explotación o conversión en curso del mismo podría ser irreversible, es posible que el retraso de las actividades de desarrollo traiga aparejado un valor de *cuasiopción*. Éste equivale pura y simplemente al valor previsto de la información que se puede obtener aplazando la conversión y explotación del humedal (Fisher y Hanemann, 1987).

En cambio, hay personas que no utilizan los humedales en la actualidad, pero estiman de todos modos que deben ser conservados por derecho propio. Este valor intrínseco se denomina de *existencia*. Se trata de un valor no de uso extremadamente difícil de medir, pues dimana de apreciaciones subjetivas ajenas al uso actual o potencial propio o de terceros.

Los valores de *legado* pueden ser particularmente altos entre las poblaciones que utilizan un humedal en la actualidad, pues aspiran a transmitir tanto el humedal como la forma de vida que han desarrollado en asociación con él a sus herederos y a las generaciones venideras en general.

Para obtener el valor económico total se hace la suma de todos los *valores de uso* y *los valores de no uso*. El desglose del valor se hace con el propósito de identificar el método más apropiado para el cálculo del valor en términos monetarios.

Los bienes ambientales con valor de uso directo tienen precios de mercado bien definidos y por tanto es más fácil determinar sus costos y beneficios. En contraste, la mayoría de servicios ambientales con valor de uso indirecto, no cuentan con precios de mercado, por lo que se aplican técnicas de valoración para poder expresar su valor en términos monetarios.

## 2.3 MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA

Para un adecuado manejo del análisis sobre la valoración económica de los servicios ambientales es necesario dividirlo en tres aspectos, siendo éstos complementarios. El primero tiene que ver con la *categoría de evaluación*, la cual está relacionado con el para qué se realizará el estudio de valoración económica. El otro aspecto tiene que ver con el *enfoque de análisis*, son razonamientos que fundamentan la toma de decisiones públicas que afectan a los recursos naturales, es el trasfondo y en cierto modo un sesgo de parte de la dirección empresarial para la elaboración y/o conclusión de un proyecto bajo específicos objetivos económicos. Y el último aspecto son las diferentes técnicas o *métodos de valoración económica*.

### *Categorías de evaluación (Barbier et al, 1997):*

- Análisis de impacto.
- Valoración parcial.
- Valoración total.

#### *Análisis de impacto*

Se utiliza cuando el ecosistema está siendo afectado por un impacto ambiental externo específico. Pueden ser externalidades positivas, que favorezcan a su equilibrio o puede tratarse de externalidades negativas que pongan en peligro su equilibrio o sustentabilidad. También se utiliza antes de la elaboración de un proyecto empresarial dentro o cerca del ecosistema, para evaluar las consecuencias de este proyecto en el futuro.

#### *Valoración parcial*

Esta categoría de evaluación se utiliza cuando dentro de un ecosistema ha sido afectado o se piensa modificar, positiva o negativamente, dos o más bienes o servicios ambientales en particular. También se utiliza antes de la elaboración de un proyecto empresarial que estará dentro o cerca de los bienes o servicios ambientales que brinda el ecosistema.

#### *Valoración total*

Esta categoría se utiliza cuando se requiere obtener la evaluación de las contribuciones económicas totales o beneficios netos reportados a la sociedad por el ecosistema (por ejemplo: para contabilizar el ingreso nacional o determinar su valor como zona protegida), es la suma del valor monetario de los bienes y servicios ambientales más importantes del ecosistema. Cabe mencionar que se puede ajustar esta categoría de evaluación, dependiendo de los intereses, por lo que se puede decir que se hará una valoración total pero únicamente de bienes ambientales, o que se realizará una valoración total de servicios ambientales.

Es humanamente imposible evaluar en su totalidad servicios y/o bienes ambientales de un ecosistema, por lo que la valoración total implica evaluar la mayor cantidad posible de ellos y que éstos sean los más importantes en los dos niveles de aportación, a comunidades aledañas y a la humanidad.

La ventaja de este marco con tres categorías estriba en su flexibilidad, pues los datos y el análisis pueden adaptarse a las necesidades específicas de los decisores (Barbier *et al*, 1997).

### ***Enfoques de análisis***

#### *Idoneidad/clasificación de suelos*

Tiene como finalidad distinguir y levantar mapas de zonas en términos de las características que permitan destinarlas a distintos usos. Su ventaja es que convierte un cúmulo de información física, biológica y (a veces) económica en un único índice de adecuación respecto de distintos usos del suelo. Los inconvenientes que presenta son que las comparaciones económicas rara vez se explicitan y a veces se atribuye arbitrariamente una importancia relativa a los distintos factores empleados para calcular el índice definitivo.

#### *Evaluación ambiental o evaluación del impacto ambiental*

Revisa la documentación detallada de impactos y efectos negativos en el medio ambiente así como alternativas para mitigarlos. Exige explícitamente examinar los efectos ambientales, además permite determinar un valor monetario, pero esto no impide enumerar todos los costos y beneficios de una medida. Es difícil integrar los análisis descriptivos de los efectos intangibles, costos y beneficios monetarios. Este método no está concebido para evaluar las ventajas e inconvenientes de las alternativas.

#### *Análisis costo-beneficio*

Evalúa proyectos, políticas y usos alternativos del suelo monetizando los beneficios netos (beneficios menos costos). Tiene en cuenta el valor (en términos de la disposición a pagar) y los costos de las medidas, también convierte los resultados en términos proporcionados, es compatible con la práctica de decidir teniendo en cuenta la eficiencia. A pesar de esto no tiene en cuenta directamente la distribución de los costos y beneficios, también exige mucha información, además tiende a excluir los productos que tienen efectos no cuantificables y a mantener el *statu quo* y descansa en la distribución actual del ingreso y la riqueza.

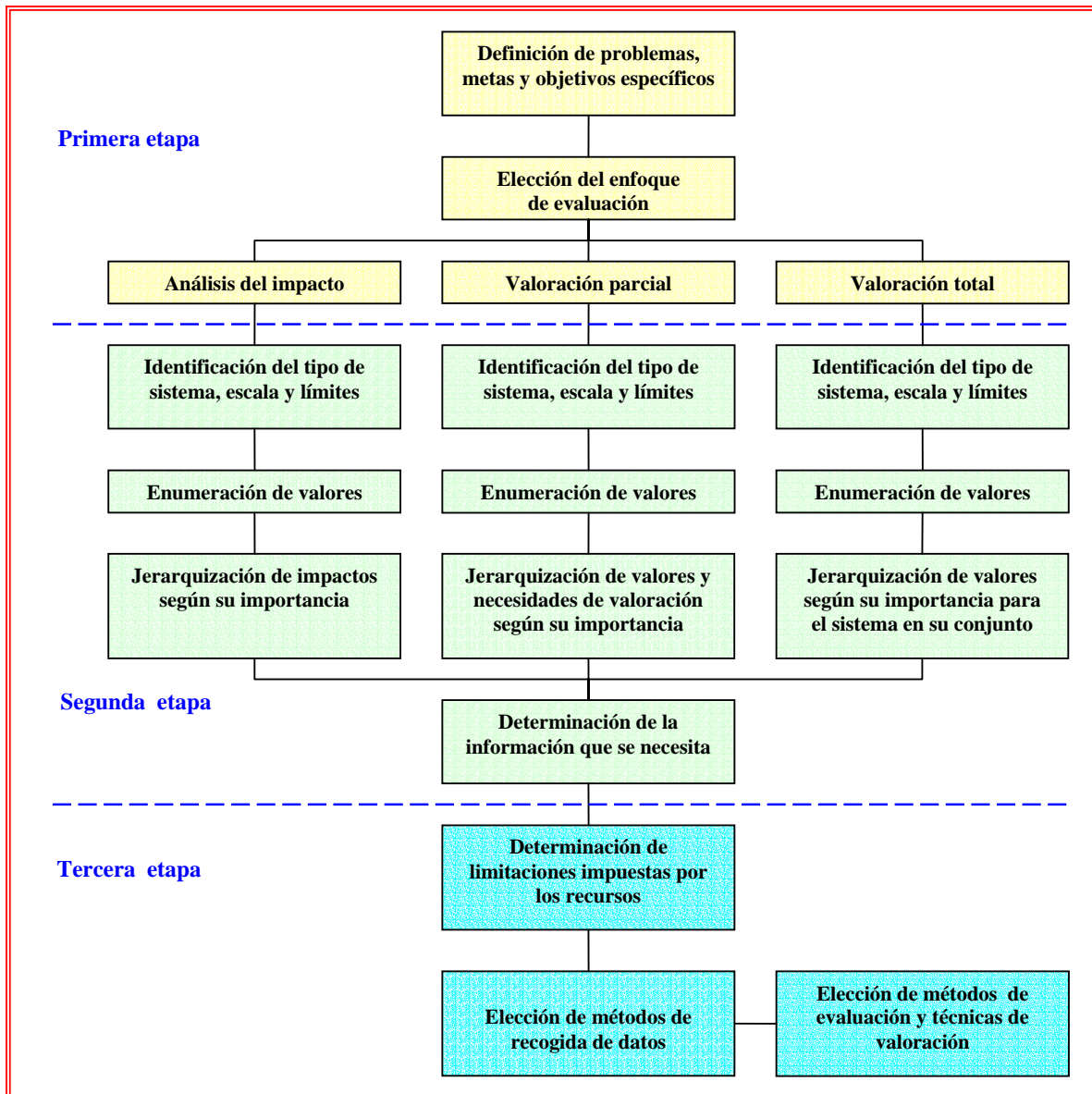
#### *Análisis costo-eficacia*

Elige el uso del suelo que puede reducir al mínimo los costos del logro de un objetivo no monetario. Su ventaja es que no hace falta valorar los beneficios, además se centra en los datos sobre costos, que suelen ser más fáciles de conseguir. Aunque determina los valores de objetivos, su desventaja es que no tiene en cuenta la importancia relativa de los productos y en que la medida que se tiene en cuenta a los costos es importante para las conclusiones.

#### *Criterio de mínima seguridad*

Esta técnica es pertinente cuando pueden estar en juego recursos singulares de ecosistemas, en cuyo caso tal vez convenga proceder con cautela para evitar a la sociedad posibles pérdidas importantes de carácter irreversible (Figura 4). Evidentemente, no todos los problemas de manejo/gestión hacen necesario aplicar el criterio de mínima seguridad, pero si esto ocurre los analistas pueden modificar el análisis costo-beneficio convencional según corresponda.





**Figura 4.** Enfoque de análisis por el criterio de mínima seguridad, para la valoración económica de servicios ambientales (Barbier *et al.*, 1997; IIED, 1994).

### *Análisis de criterios múltiples*

Emplea técnicas de programación matemática para elegir entre alternativas sobre la base de las metas ponderadas de los decisores teniendo en cuenta explícitamente las limitaciones y los costos. Ofrece una base coherente para tomar decisiones, otra ventaja es que refleja todas las metas y limitaciones incorporadas en el modelo además de permitir cuantificar el costo implícito de las limitaciones y asignar prioridades a los proyectos. Aún así los datos introducidos en el modelo determinan la calidad de los resultados, su caracterización es poco realista en el proceso decisorio, además se debe indicar la ponderación que se ha de asignar a las metas y para cuantificar se necesita mucha información.

### *Análisis riesgo-beneficio*

Consiste en evaluar los beneficios relacionados con un uso del suelo comparándolos con los riesgos. Se emplea deliberadamente un marco impreciso en aras de la flexibilidad, también va dirigido a examinar todos los riesgos, beneficios y costos por otro lado, no redundando en un criterio para tomar decisiones automáticamente. Pese a lo anterior, es demasiado impreciso y los factores que se consideran comparables, a menudo no lo son.

### *Análisis de decisiones*

Es el análisis paso a paso de las consecuencias de las decisiones tomadas bajo condiciones de incertidumbre. Permite emplear varios objetivos además de explicitar alternativas y reconocer la incertidumbre explícitamente. Aún así los objetivos no siempre son claros y hace falta un mecanismo preciso de ponderación.

### *Modelos macroeconómicos y de conducta*

Emplea modelos de programación econométrica para simular vínculos intersectoriales y sobre la conducta del productor. Los modelos dinámicos basados en precios endógenos permiten simular explícitamente los efectos retroactivos y las variaciones de los precios; ideal para proyectos de gran envergadura y para asignar tierras a usos determinados. Sin embargo tienden a caracterizarse por coeficientes elevados de datos y análisis, además su elaboración y aplicación es costosa y por si fuera poco, a menudo son difíciles de interpretar (Barbier *et al*, 1997).

Cualquiera que sea el método elegido, es necesario aplicar un enfoque interdisciplinario en casi todas las etapas de la evaluación; en particular, esto es sinónimo de colaboración entre economistas y biólogos.

### *Métodos de valoración económica*

- Precios de mercado.
- Precios económicos sombra.
- Bien afín.
  - Por el enfoque de intercambio (trueque).
  - Por el enfoque de sucedáneo directo.
  - Por el enfoque de sucedáneo indirecto.
- Mercados sustitutos.
  - Costo de viaje.
  - A base de modelos hedónicos.
  - Bienes sustitutos.
- Basado en la función de producción (también conocido como: cambio en la producción, insumo-producto, dosis-respuesta).
- Basado en mercados construidos (también conocido como el de preferencias expresadas).
  - Valoración contingente.
  - Mercado simulado.
  - Clasificación contingente.
- Basado en costos.
  - Costo de reemplazo (también conocido como: costos de reposición, costos de sustitución).
  - Gastos preventivos (también conocido como: gastos defensivos, gastos de mitigación).
  - Costo de oportunidad (también conocido como: costos de producción, costos alternativos).
  - Costo de restauración.
  - Costo de los daños evitados.
  - Costo de reasentamiento.

### *Valoración con precios de mercado*

Emplea los precios corrientes de los bienes y servicios comercializados en los mercados nacionales e internacionales. Los precios de mercado reflejan la disposición de los particulares a pagar por los beneficios y costos comerciales de los ecosistemas y se pueden emplear para hacer cuentas financieras para comparar los costos y beneficios de las alternativas del uso de la tierra (Radoslav, 2002).

### *Método de los precios económicos sombra*

Es el empleo de precios de mercado ajustados teniendo en cuenta los pagos de transferencia, las imperfecciones del mercado y las distorsiones derivadas de las políticas. Reflejan el valor económico real de los bienes y servicios comercializados en los mercados nacionales e internacionales.

### *Método del bien afín*

Emplea información sobre la relación entre un bien o servicio no comercializado y uno que es objeto de comercio para deducir el valor. Se divide en tres enfoques: 1) *El enfoque del intercambio de trueque*.- descansa en el intercambio efectivo de bienes no comercializados. 2) *El enfoque del sucedáneo directo*.- se basa en la premisa de que un bien comercializado puede ser sustituido por uno que no es objeto de comercio (Barbier *et al*, 1997). 3) *El enfoque del sucedáneo indirecto*.- descansa también en un bien sustitutivo, pero si éste no se intercambia en el mercado, su valor se deduce de una variación de la producción económica (lo que equivale a combinar el enfoque del sucedáneo directo y el de la función de producción).

Estos enfoques pueden aportar indicadores aproximados del valor económico, pero esto depende de las limitaciones impuestas por los datos, el grado de similitud de los bienes afines y la medida en que sean sustituibles.

### *Métodos de mercados sustitutos*

Se basa sobre el hecho de que algunos beneficios de los servicios ambientales pueden ser reflejados indirectamente en el gasto del consumidor, en los precios de mercado de bienes y servicios, o en el nivel de productividad de algunas actividades del mercado. Se fundamenta en sofisticadas técnicas estadísticas. Se divide en tres tipos: 1) *Método del costo de viaje*.- apoyándose en el supuesto que los consumidores valoran un servicio ambiental en no menos que el costo de acceso al recurso, incluyendo todos los costos directos del transporte, así como también el costo de oportunidad del tiempo gastado en llegar al sitio. Con las encuestas como herramienta fundamental ha sido utilizado extensivamente, especialmente en países desarrollados, con la finalidad de estimar los servicios ambientales proveídos por los sitios de recreación (Radoslav, 2002). 2) *Modelos hedónicos*.- Intenta aislar la influencia específica de un servicio ambiental sobre el precio de mercado de un bien o servicio. Las aplicaciones más comunes se centran en el valor de la propiedad y los salarios diferenciales. Su aplicación al valor de las propiedades incluye la observación de diferencias sistemáticas en el valor de las propiedades entre ubicaciones y aislar el efecto de la calidad ambiental sobre estos valores. 3) *Método de bienes sustitutos*.- Para aquellos servicios ambientales que no tienen mercado o que son utilizados directamente (por ejemplo, leña), el valor puede ser un aproximado del precio de mercado de bienes similares (por ejemplo, la leña vendida en otras áreas) o el valor de la mejor alternativa o bien sustituto (por ejemplo, carbón vegetal).

La base teórica para todas estas técnicas es la función de producción de hogares, las cuales describen cómo los consumidores intentan maximizar su bienestar mediante el reparto del tiempo y recursos para diferentes actividades.

### *Métodos basados en la función de producción*

Relaciona el bienestar de las personas con un cambio medible en la calidad o cantidad de un recurso natural (Mäler y Perrings, 1992). Puede ser utilizado para estimar el valor de uso indirecto de los servicios ambientales, a través de su contribución a las actividades de mercado. Estima el valor en términos de las variaciones de la actividad económica elaborando modelos de la contribución física del recurso o la función a la producción económica. Se emplea mucho para estimar el impacto de la destrucción de ecosistemas, deforestación, contaminación de las aguas, etc., por actividades como la pesca, la caza y la agricultura.

### *Métodos basados en mercados construidos*

Miden la disposición a pagar consultando a los consumidores directamente acerca de sus preferencias. Estima directamente la medida de bienestar de Hicks -aporta la medida teórica más exacta de la disposición a pagar-. Se divide en tres tipos: 1) *Método de valoración contingente*.- Establece un mercado hipotético para determinar la disposición de los entrevistados a pagar. Es el único que puede medir los valores de opción y existencia y aportar una medida verdadera de valor económico total (Mitchell y Carson, 1989; Radoslav, 2002). Las estimaciones del valor económico obtenidas son contingentes, porque los valores estimados son derivados de una situación hipotética que es presentada por los investigadores a los entrevistados. 2) *Mercado simulado*.- Establece un mercado experimental en el que se producen intercambios monetarios reales. El escenario experimental controlado permite estudiar de cerca los factores que determinan las preferencias. 3) *Método de la clasificación contingente*.- Clasifica y asigna valores a las oportunidades recreativas en términos cualitativos más bien que cuantitativos. Genera valores estimativos de una serie de bienes y servicios sin necesidad de determinar la disposición a pagar por cada uno de ellos.

### *Métodos de valoración basados en costos*

Hay métodos alternativos que se basan en los costos de proveer, mantener y restaurar los bienes y servicios ambientales: 1) *Método del costo de reemplazo*.- Mide los beneficios mediante la estimación de los costos de reproducir los niveles originales de beneficio. En otras palabras, ¿Cuánto cuesta recuperar el ecosistema, bien y/o servicio perdido? 2) *Método de los gastos preventivos*.- Estima los costos de prevención o de defensa en contra de la degradación de los servicios ambientales, incluyen los gastos que hacen los productores para prevenir daños en sus ecosistemas, ellos a su vez están realizando un servicio ambiental, como la construcción de diques, barreras rompevientos, brechas corta fuegos, etc. (SECTRA, 1998). 3) *Método del costo de oportunidad*.- Utiliza costos de producción como una aproximación rudimentaria del valor de los servicios ambientales. Es cuantificar el cuanto le cuesta al ecosistema producir bienes y/o servicios ambientales, monetariamente, para mayor comprensión cabe hacer la pregunta: ¿Cuánto me cuesta producir bienes y/o servicios ambientales? (Radoslav, 2002). 4) *Método del costo de restauración*.- Emplea los costos de restauración de bienes y servicios de ecosistemas. Es posible que pueda servir para evaluar funciones ambientales determinadas. 5) *Método del enfoque del costo de los daños evitados*.- Se basa en el supuesto de que las estimaciones de los daños representan una medida de valor. Los métodos óptimos de cálculo de los costos de los daños son útiles para hacer comparaciones con los métodos basados en los costos, que dan por supuesto que merece la pena evitar los daños. También, para un enfoque más claro se podría hacer la pregunta ¿De cuantos daños está protegiendo el ecosistema, bien o servicio? Algunos servicios ambientales que se han cuantificado por este método es la captura de carbono, producción de oxígeno, tratamiento de aguas residuales, protección contra inundaciones de tierras de cultivo y/o zonas rurales, entre otros (Radoslav, 2002). 6) *Método del costo de reasentamiento*.- Emplea los costos de reasentamiento de comunidades amenazadas. Sólo sirve para determinar los valores recreativos del medio ambiente en el contexto de un posible cambio de gran envergadura, como la construcción de una represa o la creación de zonas protegidas (Barbier *et al*, 1997).

Los métodos basados en costos son utilizados comúnmente cuando existe una limitación en tiempo y recursos para una estimación más rigurosa del valor de los servicios ambientales (Bishop, 1999).

## Pago por servicios ambientales

En el pasado los servicios ambientales que proveían los bosques, desiertos, humedales, etc., no habían sido valorados económicamente, sin embargo al verlos enfrentados con sobreexplotación y posible desaparición se volvió más importante crear mecanismos para su conservación y continua provisión en el futuro. El pago por servicios ambientales surge a partir de un mayor conocimiento y conciencia de que los ecosistemas suministran a la humanidad bienes y servicios fundamentales para las poblaciones urbanas y rurales.

Se puede definir como pago por servicios ambientales a la retribución por la mitigación del deterioro, restauración y/o incremento consciente de los procesos ecológicos esenciales tangibles o intangibles que mantienen actividades humanas a través de: producción de alimentos, salud humana, generación de energía eléctrica, mantenimiento de germoplasma, mantenimiento de valores estéticos y filosóficos, estabilidad climática, generación de nutrimentos y en general el aprovechamiento de los recursos naturales (Burnstein *et al.*, 2002).

El pago por servicio ambiental ocurre como transacción mediante el cual los poseedores de las tierras son retribuidos por los usuarios de los servicios ambientales. Esto puede ser directamente, con el desarrollo de un mercado donde los usuarios explícitamente aportan a la conservación y mejoramiento del servicio o mediante formas indirectas, normalmente mediadas por el Estado a través de impuestos o subsidios (Burnstein 2003). El pago por servicios ambientales describe la estrategia de una clase emergente de proyectos de desarrollo sustentable que encuentran su sentido en la valoración económica de los recursos naturales y la biodiversidad.

En general, se pueden clasificar en cuatro las estrategias de pago por servicios ambientales – encontradas solas o en combinación –, que son la compra-venta de:

1. Captura de carbono.
2. Desempeño hídrico.
3. Conservación de la biodiversidad.
4. Belleza escénica.

Estas cuatro estrategias manifiestan las siguientes características:

- Es a largo plazo.
- Su mercado suele ser internacional y sujeto a esquemas regulados por acuerdos internacionales.
- Requiere de una colaboración de múltiples actores.
- Se puede considerar como parte del producto un aspecto intangible que es la conciencia de los oferentes y los compradores del valor ambiental de la actividad de cuidado a los árboles captadores de carbono.

Es importante que el pago por servicios ambientales no se convierta en un mecanismo únicamente para conservar intactos los ecosistemas, sino que considere necesario integrar una visión amplia del concepto, que valore los ecosistemas tanto naturales como artificiales, en el cual se aprecie el conocimiento y prácticas de las comunidades rurales y donde el pago sea un complemento a una estrategia de desarrollo integral basada en el uso sustentable de los recursos naturales.

## **Mecanismos de pago y cobro por servicios ambientales**

El mecanismo de pago y cobro por servicios ambientales es un instrumento económico a través del cual se garantiza el uso de los impuestos ambientales, tarifas, licencias, concesiones, impuestos, subsidios, etc. Para que éstos tengan un efecto sobre el desarrollo sustentable se debe considerar una perspectiva global, dentro de la cual los demandantes de estos servicios no sólo sean las personas que viven en las partes bajas de las microcuencas ni tampoco solamente la población de ciudades aledañas porque los beneficios de preservación del ambiente son mundiales.

Se definen algunos, de acuerdo a Radoslav (2002) y a Herman y colaboradores (2004):

### ***i) Los derechos de propiedad***

Se relaciona con el derecho a usar un recurso. Esto puede implicar el derecho a cultivar la tierra que se posee, a usar la casa propia y a hacer determinado uso del medio ambiente. Tales derechos se ven limitados por las normas sociales generalmente aceptadas. También “propiedad” tiene una aceptación mucho más amplia que en el lenguaje corriente, al poder referirse a cualquier bien o recurso. De igual modo, el medio ambiente es un recurso y, por tanto, “propiedad”. Los derechos pueden ser privados, esto es, propiedad de unos individuos perfectamente identificables, o comunales, en cuyo caso el uso de la propiedad en cuestión se comparte con otros. Este último tipo de propiedad se conoce como propiedad común.

### ***ii) El Fondo del Ambiente***

La constitución del Fondo del Ambiente expresa la voluntad de los actores económicos para conservar los servicios ambientales de la biodiversidad y a la vez, disfrutar de nuevos servicios ambientales. El rol del Fondo del Ambiente es generar los recursos financieros necesarios para internalizar los costos ambientales, considerando los derechos de propiedad. Si el “contaminador” tiene los derechos de propiedad sobre los recursos naturales (como el agua del río), debe ser compensado por dejar de emitir contaminantes o por adquirir tecnología más limpia. Caso contrario, si el “contaminado” tiene los derechos de propiedad sobre los recursos naturales (como el agua potable proveniente del río), el contaminador debe compensar a los afectados por los daños causados o invertir en tecnología más limpia.

### ***iii) El contrato entre los que tienen y los que no tienen los derechos de propiedad sobre los recursos naturales***

Los oferentes y demandantes de servicios ambientales se organizan para la negociación, luego se establecen relaciones contractuales “convenios”, donde se estipula claramente los montos y formas de pago por la venta de bienes y servicios ambientales. La negociación se da sobre la base de criterios económicos (costos y beneficios) y primordialmente depende de quien tiene los derechos de propiedad del bien o servicio ambiental.

El principio básico detrás de este esquema es que los ecosistemas generan los bienes y servicios que son los insumos dentro del sistema humano. A la vez los ecosistemas absorben desechos (obteniendo impactos negativos), que se originan de actividades productivas humanas. Entonces, por un lado, en un sistema de mercado, que considere los derechos de propiedad sobre los recursos naturales, se tiene la interacción entre los que poseen los recursos (oferentes) y los que necesitan satisfacer sus necesidades consumiéndolos (demandantes). En esta interacción se establecen las cantidades producidas y consumidas, así como los precios a los cuales se da el intercambio. El precio considera principalmente los costos de producción en los que incurre el oferente (productor), sin embargo, es importante el costo de creación del mismo ecosistema, siendo que para la producción de los bienes y servicios ambientales se necesitan condiciones específicas, pues la naturaleza no los genera de manera gratuita.

Al reconocer el esfuerzo productivo de los ecosistemas surge la necesidad de crear mecanismos que garanticen el pago correspondiente a la misma naturaleza: el precio de mercado debe ser la suma del costo de producción más el costo ambiental, que viene siendo el esfuerzo del ecosistema por generar un bien o servicio más el esfuerzo por mitigar cualquier impacto negativo producto de la misma actividad humana. Sólo así se puede garantizar actividades económicas productivas sustentables. El desarrollo de mecanismos y políticas de venta de servicios ambientales tienen precisamente como objetivo asignar ese valor. Las metodologías de valoración sirven para asignarle valor económico de mercado a los bienes, servicios o impactos que no tienen precio de mercado, debido a su característica de ser bienes comunes tradicionalmente considerados de uso gratuito e ilimitado. Justamente la subestimación de su valor real ha llevado a la degradación de muchos ecosistemas en el planeta.

Sin embargo, los métodos de valoración no resuelven, por sí solos, el problema de compensar la naturaleza por la generación de estos bienes o por tolerar impactos negativos. Las metodologías apenas generan los criterios económicos que servirán a los tomadores de decisiones para generar políticas sobre el uso de estos recursos. Las dos formas más básicas y fundamentales de cuantificar los recursos o controlar los impactos son: a través de la intervención en los precios y en las cantidades consumidas.

- Los mecanismos relacionados con la intervención de los precios pueden ser:
  - Establecimiento de un precio fijo por el uso de un recurso: tarifas.
  - Establecimiento de multas por el mal uso o sobreexplotación de los recursos.
  - Establecimiento de sobrepuestos fijos o proporcionales por el uso del recurso: impuestos ambientales.
  - Establecimiento de incentivos económicos fijos o proporcionales, según la explotación de un recurso: subsidios ambientales.
- Los mecanismos relacionados con el control de cantidades explotadas del recurso son los estándares:
  - Establecimiento de normas de emisión.
  - Emisión de permisos transables (permisos de producción que se pueden adquirir en el mercado).
  - Establecimiento de incentivos económicos fijos o proporcionales, según la explotación de un recurso: subsidios ambientales.
  - Otorgamiento de licencias de explotación.
- A través de:
  - Donaciones.
  - Programas de patrocinio.

#### ***iv) Los impuestos ambientales***

Usan mecanismos de mercado para cargar un precio sobre servicios hasta entonces no trasados pero muy valiosos que proporciona el medio natural. Hasta cierto punto “imitan” el mercado, ya que el impuesto podría ser variado para reflejar la creciente escasez de estos servicios.

Para establecer un impuesto ambiental se necesita conocer la función de daño resultado de la actividad productiva. Las funciones de daño son muy difíciles de estimar en la práctica. Además, según la metodología utilizada, la función de daño puede ser estimada de diferente manera, abriendo camino a disputas legales para el establecimiento del impuesto ambiental. El impuesto ambiental “adecuado” está relacionado con el valor monetario del daño ocasionado. Es más probable que los impuestos, si se deben introducir, se valoren sobre la base de las emisiones o la concentración en el ambiente, medidas en términos físicos.

Los subsidios pueden interpretarse de manera inversa. Una actividad económica puede también generar impactos positivos o beneficios sociales. En este caso el precio real del bien baja e incrementa su calidad y disponibilidad. Entonces, hay que compensar al productor para que siga con esta actividad económica, a través de diferentes incentivos que, en última instancia, se pueden traducir en subsidios.

Los subsidios pueden ser también una reducción en los impuestos de los productores por internalizar los costos ambientales, disminuyendo su actividad o adoptando tecnología que acorte el impacto negativo sobre el ambiente.

#### **v) *Los estándares***

Su establecimiento suele implicar la incorporación de determinados niveles de concentración ambiental para cada elemento contaminante. Es más probable que se establezcan con referencia a algún criterio relacionado con la salud (por ejemplo, un nivel de contaminantes que no debe sobrepasarse para que el agua sea potable). Sin embargo, el problema es que su resultado será económicamente eficiente solamente de forma accidental, es decir, es poco probable que asegure el nivel óptimo del impacto o de uso de los recursos.

#### **vi) *Permisos y licencias***

Como en el caso de establecimiento de estándares, la autoridad reguladora sólo permite un determinado nivel de emisiones contaminantes y concede permisos por esta cantidad. Sin embargo, mientras la incorporación de estándares termina ahí, los permisos de contaminación son negociables (se pueden vender y comprar).

Las ventajas de los permisos, con relación a los impuestos y los estándares, son:

- Posibilitan la admisión de nuevos participantes en la actividad generando competencia y minimización de costos.
- Hay una oportunidad hasta para los que no contaminan, o sea, los que no contaminan pueden comprarlos con la intención de impedir a los productores producir y contaminar al máximo nivel.
- Evitan algunos problemas relacionados con los impuestos ambientales: por ejemplo, si existe inflación, el valor real de los impuestos variará. Como responden a la oferta y a la demanda éstos se incorporan a la dinámica de inflación. Además, los impuestos se deben ajustar por las entradas y salidas del sector, mientras que los permisos se ajustan automáticamente a tales cambios.
- Basta definir el estándar y encontrar un mecanismo para su concesión. El impuesto puede ser mal estimado y subestimar o sobreestimar el nivel de misión óptimo.
- Evitan el establecimiento de un sistema complejo y administrativamente costoso para fiscalizar varios tipos de impuestos ya que existen muchas fuentes de contaminación y muchos afectados.

#### **vii) *Las donaciones y programas de patrocinio***

Para regularizar los fondos provenientes de patrocinadores: agencias internacionales de apoyo, gobiernos extranjeros, organismos financieros, empresas privadas, instituciones gubernamentales, es recomendable crear un programa, lo que implica la generación de un fondo concreto y una cartera de proyectos. Los posibles donantes pueden escoger a dónde dirigir su ayuda financiera según el tipo de proyecto o área a proteger, así mismo pueden tener la capacidad de financiar uno o varios proyectos.

#### **viii) *Pagos de transferencias***

Estos pagos suministran incentivos financieros a los propietarios, administradores y usufructuarios de los recursos para que inviertan en prácticas más sustentables. Se llaman “pagos de transferencias” por que los fondos se transfieren a través de un intermediario entre el comprador y el vendedor (Aylward, 2002). Uno de sus principales problemas ha sido el de asegurar que el dinero se gaste correctamente, puesto que ha resultado más fácil obtener dichos fondos que encauzarlos hacia la gestión ambiental (Richards, 1999).



Las transferencias a nivel internacional y sus reglas de aplicación también son sumamente importantes. El Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environmental Facility - GEF) tiene una fuerte incidencia en la orientación o consolidación de los esquemas nacionales que están emergiendo, sobre todo porque sus recursos adoptan la forma de donaciones y a menudo también se vinculan a préstamos del Banco Mundial.

#### *ix) Mercados de productos con atributos ambientales: certificados y sellos*

Este mecanismo de compensación supone que los consumidores están dispuestos a pagar una cantidad adicional por productos con atributos ambientales o bajo procesos productivos amigables con el medio ambiente. El monto adicional representa en cierto modo la voluntad para pagar por servicios ambientales y ha impulsado el mercado ecológico (Richards, 1999). Estos mercados promocionan productos certificados y etiquetados cuya calidad está asociada con servicios ambientales específicos. Estos productos incluyen artesanías, productos agrícolas y servicios turísticos (OECD, 1999).

#### *x) Apoyo a estrategias comunitarias de turismo alternativo o ecoturismo*

El turismo alternativo es una opción de diversificar expectativas para comunidades que controlan territorios con características paisajísticas atractivas. Los turistas que disfrutan la vida silvestre y los recursos naturales, pueden contribuir a la generación de empleo y al financiamiento directo para la conservación de las zonas turísticas, así como fortaleciendo la economía de las comunidades locales (Coppin, 1992; Burnstein, 2000). A diferencia del ecoturismo, en el cual más del 55% de los ingresos procedentes de esta actividad permanece en el país de destino, pues la mayor parte del dinero regresa a las naciones industrializadas mediante operadores turísticos y los hoteles de capital extranjero.

## **2.4 MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL**

La legislación y el marco institucional son un respaldo para la aplicación de un sistema de pago por servicios ambientales, porque las acciones que se emprendan alrededor de su implantación se realizan con la participación de diferentes instancias de la sociedad, tanto de particulares como de gobiernos (ver anexo 8). Es recomendable que dichas acciones sean reguladas por lineamientos que no sólo eviten problemas potenciales sino que encaucen y fomenten su aplicación para garantizar un beneficio para la naturaleza y la sociedad.

### *Marco legal internacional*

#### *Conferencia de Estocolmo sobre el Ambiente Humano, 1972*

Esta conferencia marca el comienzo oficial de la toma de conciencia internacional acerca de la importancia del medio ambiente. Desde entonces, otros hechos importantes han ocurrido, entre los que cabe mencionar la publicación del libro “Nuestro Futuro Común” en 1987, que presenta el reporte de la Comisión Mundial Sobre Ambiente y Desarrollo, mejor conocida como la Comisión de Brundtland, y en la cual reconoce de manera explícita la naturaleza finita de los recursos naturales y del medio ambiente y en consecuencia la necesidad de evaluar costos y oportunidades que resultan del uso de los mismos, tanto para la generación presente como para las generaciones futuras.

#### *Protocolo de Montreal relativo a Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, 1987*

Es un acuerdo internacional legalmente vinculante que compromete a más de 160 gobiernos a eliminar gradualmente las sustancias que agotan la capa de ozono con el fin de protegerla, incluye la reducción de los gases de efecto invernadero, (GEI, principalmente CO<sub>2</sub>, aunque también CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>), y de las emisiones de clorofluorcarbonados (CFC).

### *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD)*

Conferencia llevada a cabo en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, mejor conocida como Cumbre de la Tierra, o la Cumbre de Río, donde fueron adoptadas la Agenda 21, el plan para futuras acciones nacionales e internacionales en el campo del medio ambiente y desarrollo, y las Convenciones sobre Cambio Climático y de Diversidad Biológica. Pretendiendo integrar el desarrollo económico con la conservación de los recursos naturales.

#### *Agenda 21*

Es un plan de acción para el desarrollo sustentable, donde establece una serie de compromisos que buscan conciliar el desarrollo económico y la protección del medio ambiente.

### *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)*

Suscrito en la Conferencia de Río en 1992, la CMNUCC es un acuerdo internacional que compromete a 168 gobiernos a trabajar juntos para encarar el problema del cambio climático, provocado por la emisión de gases de efecto invernadero. En otras palabras, su objetivo es el de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de manera que haga posible que los ecosistemas se adapten de forma natural a los cambios climáticos.

### *Convención sobre Diversidad Biológica (CDB)*

Suscrito por los gobiernos en la Conferencia de Río en 1992, el convenio es un acuerdo legal vinculante que compromete a los 169 Gobiernos a tomar acciones para detener la pérdida mundial de la diversidad biológica. Prevé la conservación de la biodiversidad, contempla el uso sustentable, y promueve una distribución justa y equitativa de los beneficios de los recursos genéticos.

### *Protocolo de Kyoto*

Protocolo para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático suscrito en diciembre de 1997, establece objetivos y cronogramas para que los países industrializados en el período 2008-2012, reduzcan las emisiones de seis gases de efecto invernadero a un nivel de al menos cinco por ciento más bajo que el de 1990, así como otras provisiones.

El protocolo entró en vigor el día 16 de febrero del año 2005, 90 días luego de la ratificación de 125 países, incluyendo a las partes industrializadas responsables de por lo menos 55 por ciento del total de las emisiones de dióxido de carbono en relación a 1990. Es un compromiso de apoyo a programas de conservación, aprovechamiento sustentable de recursos naturales, etc. Y para el Mecanismo de Desarrollo Limpio. La siguiente celebración de la Convención Marco sobre el Cambio Climático tuvo lugar en Montreal, Canadá, a principios de diciembre del año 2005. El encuentro marcó el comienzo de las discusiones sobre cual es el reto de los estados tras el 2012, tras la finalización del Protocolo de Kyoto.

### *Marco legal nacional*

El marco jurídico normativo que rige la gestión de los recursos naturales, se encuentra disperso en una variedad de instrumentos legales. Los contenidos de la Constitución y las leyes generales federales son materia del Congreso de la Unión, de igual forma que los tratados internacionales. Todas las leyes generales requieren de leyes reglamentarias. Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) establecen patrones con la fuerza de ley.

En 1971, el gobierno mexicano aprobó una ley ambiental consolidada, que respondió a la acelerada industrialización y urbanización del país, desde los años 50's, y que estaba dedicada estrictamente al control de la contaminación del aire, agua y mar. En la Ley Federal de Protección del Ambiente (1982) se vieron incluidas provisiones para la protección y preservación de los ecosistemas, incluyendo por primera vez un marco legal para la protección de la flora, fauna, tierra y agua.

Marcó también el inicio de la conjugación de la conservación de los recursos naturales con el desarrollo socioeconómico; y coincidió con la conformación de una nueva Secretaría Federal con responsabilidades ecológicas ambientales, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE).

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su artículo 4o. que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, aspiración que la Federación debe materializar en beneficio de la población. El 30 de mayo de 2001, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, en el que se establece que el medio ambiente es prioritario para el Ejecutivo Federal, toda vez que el desarrollo de la Nación no será sustentable si no se protegen los recursos naturales con que se cuenta.

Por su parte el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006, establece que detener y revertir el deterioro ambiental acumulado es una tarea prioritaria para la seguridad nacional, incorporando en todos los ámbitos de la sociedad y de la función pública, criterios e instrumentos que aseguren la óptima protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

El Programa Nacional Forestal 2001-2006, en su apartado 3.9 establece que se cuenta con gran potencial para aprovechar el mercado de servicios ambientales. México ofrece algunos rasgos importantes para el pago por servicios ambientales como son: la riqueza natural de su territorio, un amplio acceso de las comunidades indígenas y campesinas a los recursos naturales, un fuerte apoyo del gobierno y la puesta en marcha de algunos proyectos piloto que pueden ser tomados como ejemplo.

Los artículos 4o. fracción V del decreto por el que se crea la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y 22 fracción XV de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la CONAFOR tiene atribuciones específicas para promover el desarrollo de los mecanismos de cobro y pago de bienes y servicios ambientales.

### *Acuerdo Nacional para el Campo*

Reconoce que el Estado Mexicano, tiene el mandato constitucional para promover, concertar e instrumentar una Política de Fomento Productivo y Desarrollo Económico y una Política Social para el Desarrollo Rural Sustentable, las cuales serán operadas institucionalmente de manera concurrente y diseñadas con instrumentos puntuales de política pública que privilegien el respeto a las personas y la aptitud de la tierra; el fomento productivo a lo largo de las cadenas agroalimentarias; el desarrollo rural; y el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, todo esto dentro de un contexto global, un sentido nacionalista y un enfoque regional.

Tiene como propósitos que las familias mexicanas dedicadas a producir bienes y servicios en el medio rural alcancen y mantengan un nivel de bienestar y calidad de vida dignos, haciendo del medio rural un espacio atractivo para la vida, el esparcimiento, la inversión y, en general, para todas las acciones inherentes al desarrollo; que en el ámbito rural existan las suficientes opciones productivas para que las familias rurales cuenten con un entorno económico y social en respeto a los recursos naturales y se revierta la migración al conseguir los satisfactores económicos, sociales, ambientales y familiares en sus propias comunidades y que; las diversas actividades económicas desarrolladas en el medio rural sean redituables y se sitúen con un alto margen de competitividad y sustentabilidad, tanto en la economía global como en el abastecimiento interno.

Dentro de los acuerdos básicos se tiene el inciso D, sobre el desarrollo social del sector rural, donde en su punto ocho referente al desarrollo del capital físico, apartado A concerniente a los recursos naturales, numeral 198 señala lo siguiente: “Implementar el reconocimiento y pago de los servicios ambientales y de protección ante el cambio climático, de la aportación de las comunidades campesinas en la conservación de áreas naturales protegidas y el mantenimiento y mejora de superficies agroforestales, incluyendo en forma específica la producción de café de sombra”.

*Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pagos por el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos*

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, establece el Fondo Forestal Mexicano como el instrumento para promover la conservación, incremento, aprovechamiento sustentable y restauración de los recursos forestales y recursos asociados.

Su establecimiento facilita, el acceso a los servicios financieros en el mercado, impulsando proyectos que contribuyan a la integración y competitividad de la cadena productiva, y desarrollando mecanismos de cobro y pago de bienes, y servicios ambientales.

Este Acuerdo fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de octubre del año 2003, donde especifica las reglas que deben considerarse para la operación del otorgamiento de pagos por el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos, con base a los criterios contenidos en los numerales 17 y 18 del Acuerdo Nacional por el Campo, en el sentido de:

- a) Apoyar en mayor proporción a los productores con mayor necesidad
- b) Distribuir el recurso disponible para beneficiar a un mayor número de productores, y
- c) Reducir barreras de acceso a dichos pagos.

El fin de este Acuerdo es del de proteger la capacidad de provisión de los servicios ambientales hidrológicos, entre los cuales se encuentran el mantenimiento de la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, el mantenimiento de la calidad de agua y la reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo, la reducción de las corrientes durante los eventos extremos de precipitación, la conservación de manantiales, el mayor volumen de agua superficial disponible en época de secas y reducción del riesgo de inundaciones, el objetivo del programa es el pago que se hace a los beneficiarios, dueños y/o legítimos poseedores de terrenos con recursos forestales por los servicios ambientales hidrológicos que presta el buen estado de conservación de sus bosques y selvas.

*Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales (PSA-CABSA)*

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, establece el Fondo Forestal Mexicano como el instrumento para promover la conservación, incremento, aprovechamiento sustentable y restauración de los recursos forestales y recursos asociados. El establecimiento del Fondo Forestal Mexicano facilita, entre otros, el acceso a los servicios financieros en el mercado, impulsando proyectos que contribuyan a la integración y competitividad de la cadena productiva, y desarrollando los mecanismos de cobro y pago de bienes, y servicios ambientales.

Este Acuerdo fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 2004, donde se especifican las reglas que deben considerarse para operación del otorgamiento de pagos del programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales (ver anexo 15). Las Reglas de Operación para este Acuerdo contemplan los siguientes criterios:

- a) Apoyar en mayor proporción a los productores más necesitados
- b) Distribuir los recursos disponibles para beneficiar a un mayor número de productores, y
- c) Reducir las barreras para tener acceso a dichos pagos

El fin de este programa es promover entre los beneficiarios, la realización de actividades que generen capacidades organizativas, gestión local y regional, así como el fortalecimiento de estructuras institucionales para:

**I.** Que los propietarios y poseedores de los recursos forestales tengan acceso a los mercados nacionales e internacionales de los servicios ambientales relacionados con la captura de carbono y con la biodiversidad de los ecosistemas forestales, con los siguientes objetivos:

- Generar capacidades locales en los ejidos, comunidades indígenas y predios particulares para la gestión de contratos por pago de servicios ambientales, mediante la formación de recursos humanos y la asistencia técnica;
- Apoyar la formulación y ejecución de proyectos para incentivar la participación de los propietarios y poseedores de terrenos forestales en los mercados nacionales e internacionales de servicios ambientales;
- Promover la creación y fortalecimiento de capacidades para la identificación, formulación, monitoreo y verificación de servicios ambientales;
- Incentivar la creación de un mercado por medio del pago de los servicios ambientales generados por proyectos para capturar carbono y proteger la biodiversidad;

**II.** Que los propietarios y poseedores de terrenos agrícolas o preferentemente forestales, en los términos que lo define la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, establezcan sistemas agroforestales mediante la reconversión del uso eminentemente agrícola del suelo hacia un uso que integre elementos agrícolas y forestales, así como a través del fortalecimiento de sistemas agroforestales ya existentes, con los siguientes objetivos:

- Generar capacidades locales en los ejidos, comunidades indígenas y predios particulares para la reconversión a sistemas agroforestales o el mejoramiento de los ya existentes, mediante la formación de recursos humanos y la asistencia técnica;
- Apoyar la formulación y ejecución de proyectos para incentivar la participación de los propietarios y poseedores de terrenos agrícolas y preferentemente forestales en la reconversión a sistemas agroforestales o el mejoramiento de los ya existentes;
- Promover la creación y fortalecimiento de capacidades para la identificación, formulación, monitoreo y verificación de la reconversión a sistemas agroforestales o el mejoramiento de los ya existentes.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El desarrollo industrial, agropecuario, urbanístico y turístico aledaños al Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, se ha realizado de manera desordenada y ha ocasionado graves daños al patrimonio natural, amenazando la posibilidad de continuar obteniendo bienes y servicios ambientales.

La falta de un precio que refleje cuanto cuesta producir servicios ambientales hace que la sociedad actúe como si no costara nada consumirlos o destruirlos, como si existieran en cantidades ilimitadas.

Actualmente el Ejecutivo Federal ha iniciado un programa para el pago por servicios ambientales pero aún no es suficiente ya que sólo abarca algunos servicios ambientales y algunos ecosistemas. Existen varias alternativas para establecer las bases de la cuantificación pero su aplicación puede cambiar dependiendo del tipo de ecosistema y de los bienes y servicios que proporcionan, por ello se requiere tener mejores elementos para su instrumentación.

Además, los esquemas conceptuales y metodológicos de valoración apenas se están desarrollando para México por lo que con este trabajo se pretende estandarizar un método para la valoración económica de humedales que considere los principales servicios ambientales: recreación, caza de patos, captura de carbono, regulación de metano, tratamiento de aguas residuales, recarga de mantos acuíferos, control de inundaciones y conservación de la biodiversidad.

## **4. OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Determinar el valor económico de los servicios ambientales proporcionados por los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.

### **ESPECÍFICOS**

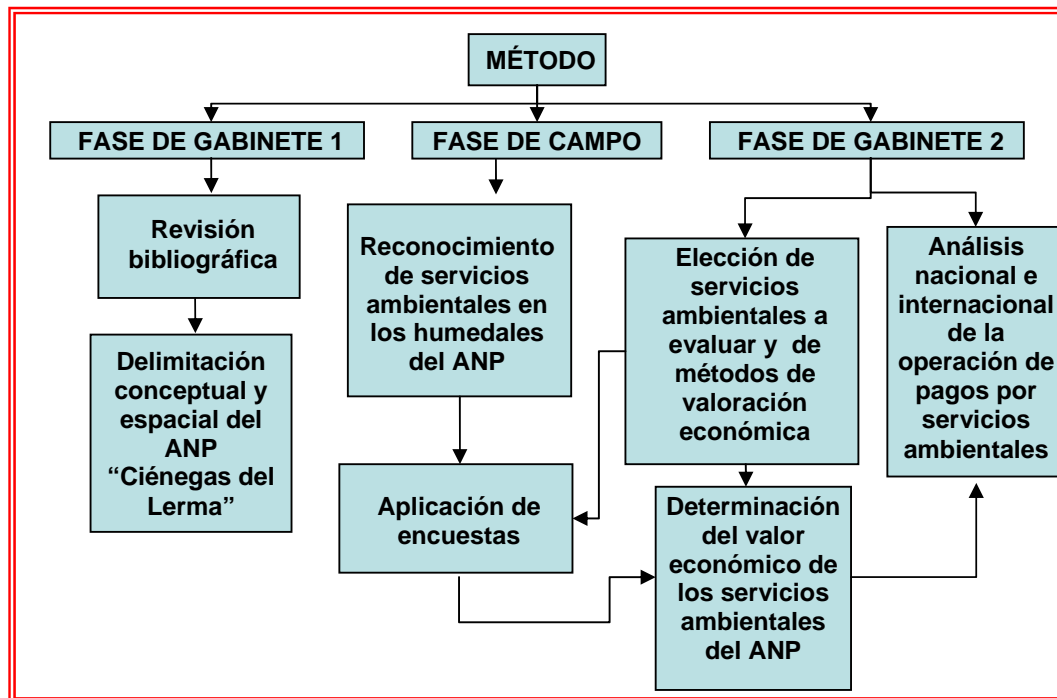
- Seleccionar y adecuar los métodos de valoración económica.
- Determinar y cuantificar las variables necesarias para establecer el valor económico.
- Relacionar los servicios ambientales cuantificados con los actuales programas de pago.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

En este capítulo se describe el ‘el cómo’ de la investigación, presentando en forma general las actividades de gabinete y de campo realizadas, las cuales incluyen los servicios ambientales evaluados y los métodos de valoración económica utilizados. En el capítulo 7 se muestra en detalle el planteamiento de la cuestión sobre el cómo fue evaluado cada servicio ambiental.



## DIAGRAMA DE FLUJO



**Figura 5.** Procedimiento para la valoración económica total de servicios ambientales que suministran los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.

## FASE DE GABINETE

La fase de gabinete se dividió en dos, la primera se enfocó en construir el fundamento para la elaboración del proyecto. Primeramente se propuso un tema de investigación así como un objetivo general. Se llevó cabo la investigación sobre: humedales, gestión ambiental, economía ambiental, bienes y servicios ambientales, valoración económica de servicios ambientales y el pago de ellos. Después se buscó información sobre otras investigaciones que se hayan realizado en el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, o en sus zonas aledañas. Una vez con esta información se llevó a cabo la elaboración de un anteproyecto con los siguientes puntos: ratificación o la rectificación del tema propuesto para el proyecto, introducción (marco teórico, planteamiento del problema, justificación), objetivos (específicos), método y un cronograma de actividades.

La valoración económica de los servicios ambientales en el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma” Estado de México, para el año 2005, fue realizada por la categoría de evaluación de valoración total con el enfoque de análisis del criterio de mínima seguridad y los métodos utilizados para evaluar los servicios ambientales de recreación, caza de patos, captura de carbono, regulación de metano, recarga de mantos acuíferos, control de inundaciones, biorremediación por el tratamiento de aguas residuales (incluyendo los servicios de retención de nutrimentos y sedimentos) y la conservación de la biodiversidad, fueron los de: mercados sustitutos (costo de viaje), precios de mercado, bien afín (sucedáneo directo), costos (reemplazo y daños evitados) y mercados construidos (valoración contingente).

En la fase de gabinete dos se desarrolló el análisis de la operación del pago por servicios ambientales desde un punto de vista del marco legal nacional e internacional, dando una revisión a la: Declaración del Río sobre Medio Ambiente, Agenda 21, Convención Marco Cambio Climático, Protocolo de Kioto y la Convención de Biodiversidad. Y dentro del marco legal nacional se revisó el: Acuerdo Nacional para el Campo (numeral 198), Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pagos por el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos y el Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pagos del Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales. También se realizó una comparación entre los tipos de servicios ambientales que ofrecen los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, con los existentes programas de pago regulados oficialmente para México.

## FASE DE CAMPO

Para la elección de los métodos de valoración económica fue necesario enumerar los servicios ambientales prioritarios que ofrecen los tres humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, para posteriormente hacer su categorización por nivel de importancia, para el área en su conjunto y para las zonas aledañas (zona urbana incluyendo un área industrial, de cultivos de temporal y de bosque).

Una vez que se escogieron los servicios ambientales a evaluar y sus respectivos métodos de valoración, se realizó la recopilación y el análisis de bases de datos, encuestas y de caracterización para hacer la cuantificación monetaria del valor de los servicios ambientales de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México. La suma monetaria de cada uno de ellos representa su valoración económica total. Con el fin de mantener actuales los precios a través de los años, se incluyó a cada valor monetario su respectiva equivalencia en número de salarios mínimos.

Para la valoración económica de la recreación y conservación de la biodiversidad se obtuvo la información por medio de encuestas (Barry, 1995), a turistas nacionales de acuerdo al método del costo del viaje y el de valoración contingente tomando en cuenta recomendaciones de Echeverría (2005), Pérez (1998) y la National Oceanic and Atmospheric Administration (Kenneth *et al*, 2001) para la aplicación de encuestas.

Los resultados de las encuestas se procesaron en un programa de diseño propio en Visual-Basic 6.0 (ver anexo 12) dividido en dos. El primero, capta los resultados de las variables y obtiene la tasa de visitación por lugar de procedencia así como el costo total del viaje. El segundo se encarga de relacionar los valores de tasa de visitación y el valor del costo total del viaje, por medio de una regresión lineal obtiene los valores de la demanda (pendiente) y el precio máximo del costo total (ordenada al origen).

## 6. ZONA DE ESTUDIO

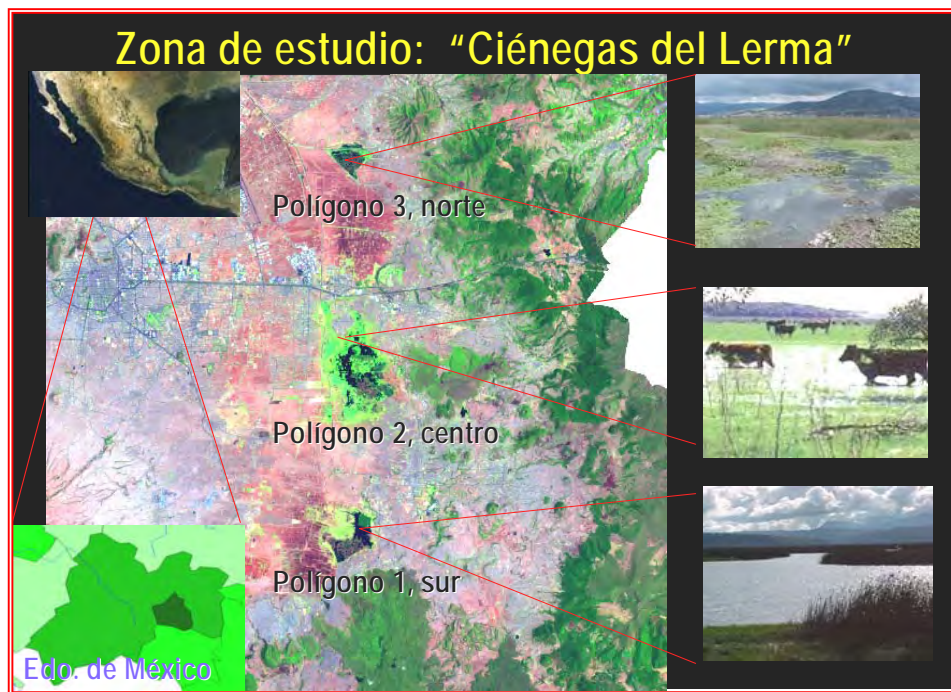


Figura 6. Zona de estudio.

Polígono No.	Humedal No.	Orientación	Nombre	Hectáreas
1	1	Sur	Laguna Chignahuapan	596
2	2	Centro	Laguna Chimaloapan	2'081
3	3	Norte	Laguna Chiconahuapan	346

## VALLE DE TOLUCA

El área de estudio se encuentra en la porción central de la República Mexicana y más concretamente en zona central del Estado de México, siendo uno de los valles de mayor elevación del altiplano mexicano (Figura 6 y 7). El valle de Toluca queda enmarcado dentro del Curso Alto del Río Lerma que comprende la vertiente norte de la Sierra Nahuatlaca Matlazinca, así como la vertiente nororiental del Nevado de Toluca (4'690 m.s.n.m). Tiene una elevación media de 2'570 m.s.n.m hasta la presa José Antonio Alzate. Aproximadamente, a 9 km aguas debajo de la presa, y a una altitud de 2'570 m.s.n.m, termina el Curso Alto del Río Lerma, al descender el escalonamiento tectónico del valle de Atlacomulco Ixtlahuaca formado por el bloque y sistemas de fallas de Perales.

Tiene una extensión entorno a los 700 km<sup>2</sup>, con un eje mayor orientado de norte a sur con una longitud de casi 35 km y un eje menor orientado de este a oeste, con 20 km de longitud, aproximadamente. Sus límites son al norte, el volcán La Guadalupeana, el Cerro El Águila y la Sierra Monte Alto, al sur el volcán Tenango y el volcán Zempoala, al este la Sierra de Las Cruces y Las Iglesias y al oeste el volcán Nevado de Toluca y la Sierra Morelos.



**Figura 7.** Localización geográfica de la región Curso Alto del río Lerma (CONABIO, 2005).

La secuencia litológica está constituida por varios tipos de rocas volcánicas del Terciario, fundamentalmente basaltos y andesitas, así como materiales piroclásticos y brechas, los cuales afloran en las sierras que circundan el valle. Se identifican sedimentos lacustres y aluviales que se encuentran intercalados con materiales clásticos de origen volcánico. A estos depósitos se les asigna una edad correspondiente al Plioceno Tardío – Cuaternario (Honorio y Hernández, 1982 y Herrera y Sánchez, 1994).

Sobre la base de estas características se puede señalar que este sistema está formado por varios niveles acuíferos superpuestos que constituyen un acuífero multicapa, pero la existencia de cierta continuidad hidráulica permite considerar un sistema de flujo único. No obstante, existen diferencias significativas de carga hidráulica (Esteller *et al*, 2002).

Los parámetros hidráulicos del acuífero del valle de Toluca abarcan un amplio rango debido a la variabilidad litológica y geométrica de los depósitos. De todos modos se pueden diferenciar zonas en función de la transmisividad: la zona correspondiente al pie de monte de la Sierra de Las Cruces (NE), con valores que alcanzan hasta los  $13'000 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$ , el sector de Lerma con una transmisividad media de  $950 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$ , el área de Almoloya del Río (SE) con valores en torno a  $22'000 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$  y la parte central con una transmisividad que varía entre  $90$  y  $400 \text{ m}^2 \text{ día}^{-1}$ . El coeficiente de almacenamiento varía entre  $0.3$  y  $0.9\%$  (CCRECL, 1993).

En el informe elaborado para la Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la cuenca del Río Lerma (CCRECL, 1993) se realizó un balance hidráulico para el acuífero pero no se indica a que periodo de tiempo corresponde. Las entradas totales se cuantificaron en  $380 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ , de los cuales  $101 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$  proviene de la alimentación lateral desde el Nevado de Toluca,  $198 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$  por alimentación lateral desde la Sierra de Las Cruces y  $81$  por infiltración directa del agua de lluvia. Las salidas se valoraron en  $385 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ , estas salidas se producen por descargas subterráneas hacia el valle de Ixtlahuaca Atacomulco con un valor de  $2 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$  y por bombeo, el cual se cuantifico en  $383 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ .

De este volumen total extraído,  $163 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$  se utilizan en el mismo valle de Toluca, los cuales se reparten en un 79% para abastecimiento urbano, 12.9% para uso industrial y 8.1% dedicado a las actividades agropecuarias. Por otra parte, la ciudad de México recibe de este acuífero  $220 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$  para cubrir sus necesidades de agua potable.

El balance global del acuífero indica un desequilibrio entre entradas y salidas, ya que las salidas son superiores a las entradas en  $5 \text{ Hm}^3 \text{ año}^{-1}$ , este desequilibrio mantenido durante años ha provocado efectos negativos de diversa índole como son subsidencia, desecación de humedales y manantiales y disminución de caudales en ríos (Esteller *et al*, 2002). En la actualidad el acuífero está sometido a veda, lo cual implica que no se pueden construir nuevas captaciones.

En este valle existe una alta densidad de población propiciada por el asentamiento de grandes zonas industriales, lo cual a su vez ha provocado la generación de grandes volúmenes de residuos. Además, se trata de un área agrícola, lo cual implica el uso de fertilizantes y plaguicidas. Ante esta problemática cabe suponer que el acuífero está sometido a procesos de contaminación (Esteller *et al*, 2002).

## ÁREA NATURAL PROTEGIDA “CIÉNEGAS DEL LERMA”, ESTADO DE MÉXICO

La región conocida como “Ciénegas de Lerma”, se encuentra ubicada dentro de la cuenca Lerma –Chapala y representa una unidad ecológica en la que están presentes diversos ecosistemas, siendo uno de los pocos sitios de la República Mexicana que aún conserva sistemas ecológicos bien desarrollados, considerados como los últimos remanentes de lo que fueron los extensos humedales del Altiplano Central, de una alta diversidad biológica y de gran fragilidad ambiental (Figura 8 a la 11).



**Figura 8.** Humedal del sur, polígono uno, laguna Chignahuapan (Google, 2005).



Figura 9. Humedal del centro, polígono dos, laguna Chimaloapan (Google, 2005).



Figura 10. Humedal del norte, polígono tres, laguna Chiconahuapan (Google, 2005).

La región “Ciénegas del Lerma”, fue decretada por SEMARNAT como Área de Protección de Flora y Fauna, ubicada en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac, en el Estado de México, dividida en tres polígonos con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas. Distribuidos de la siguiente manera: Polígono Uno con una superficie de 596-15-79.95 hectáreas (quinientas noventa y seis hectáreas, quince áreas, setenta y nueve punto noventa y cinco centiáreas), Polígono Dos con una superficie de 2,081-18-65.33 hectáreas (dos mil ochenta y un hectáreas, dieciocho áreas, sesenta y cinco punto treinta y tres centiáreas) y Polígono Tres con una superficie de 346-61-28.725 hectáreas (trescientas cuarenta y seis hectáreas, sesenta y un áreas, veintiocho punto setecientos veinticinco centiáreas; Diario Oficial 27 de noviembre de 2002).

Según el artículo 49 del Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en materia de Áreas Naturales Protegidas, esta categoría se caracteriza por presentar superficies que han sufrido muy poca alteración, así como ecosistemas relevantes o frágiles y fenómenos naturales, que requieren de un cuidado especial para asegurar su conservación a largo plazo.

La región de “Ciénegas de Lerma”, cuenta con una gran diversidad de especies de fauna silvestre, tanto terrestre como acuática, tales como: La polluela amarilla, el pachachirri, el ajolote del Lerma, el pescado blanco. Por su propia naturaleza, el área constituye el hábitat invernal de más de veinte especies de patos y cercetas migratorias, las cuales conforman una de las mayores concentraciones del Altiplano Central de la República Mexicana. (Diario Oficial de la Federación 27 de noviembre de 2002).

La Convención Ramsar nombró a la región “Ciénegas del Lerma” como uno de sus sitios el 2 de febrero del 2004, por la importancia de este ecosistema para el suministro de bienes y servicios ambientales a la humanidad. Ramsar define este sitio como ‘Humedales remantes, los más extensos del centro de México y Toluca, que cubren más 3’000 ha en tres lagunas, que son los reductos de las 27’000 ha de humedales que había en la zona a finales del siglo XIX. Presentan diferentes hábitats incluyendo zonas de aguas profundas (hasta 5 m), zonas con vegetación surgida, zonas de vegetación inundada y zonas de vegetación riparia.

Mantienen una alta diversidad de fauna y flora acuáticas, incluyendo decenas de especies endémicas y en riesgo de extinción. También son importantes para el mantenimiento de las aves acuáticas migratorias ya que son el hábitat más extenso en la región en la que se encuentran’.

De acuerdo a la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2005) son consideradas como Región Hidrológica Prioritaria (RHP), clave 65. Tiene una tenencia de tierra de tipo ejidal. El uso de la tierra y su cobertura es por turismo (caza), industria, pesca, agricultura y ganadería. Por lo que define a esta área como ‘Humedal del altiplano central de la República Mexicana. Ciénega-tulares y áreas sujetas a la inundación, incluyendo tierras dedicadas al cultivo y a la ganadería. Y sobre la vegetación se tiene un 75% de agricultura (maíz), 25% de humedales de los cuales 70% corresponde a tulares y 30% a claros y otras plantas acuáticas.’. También es un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), con la clave de la AICA C-11.

Conforme a su ubicación en el diagrama de las zonas de vida del mundo natural de L. R. Holdrige (ver anexo 13), con los datos de la temperatura (biotemperatura) promedio anual en la región de 12.85 °C y una precipitación promedio anual de 894.925 mm (Cuadro 8 y 9; SMN, 2005) se tiene que corresponde a una zona en su mayor parte de bosque húmedo, montano bajo en una región templada y con algunas regiones áridas. Holdrige señala que estas regiones tienen las características de ser zonas muy productivas en las que se han destruido los bosques protectores y donde las cuencas de los ríos presentan muchos problemas en temporada de seca (Tosi, 1997).

Entre otras características de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, se tiene que corresponden a humedales de tipo palustre. El tipo de suelo en los alrededores de los humedales es de tipo Histosol (Gimate, 2005). Las amenazas de la zona son: desecación, desarrollo industrial (contaminación), agricultura, desarrollo urbano, deforestación, turismo (caza) y ganadería.

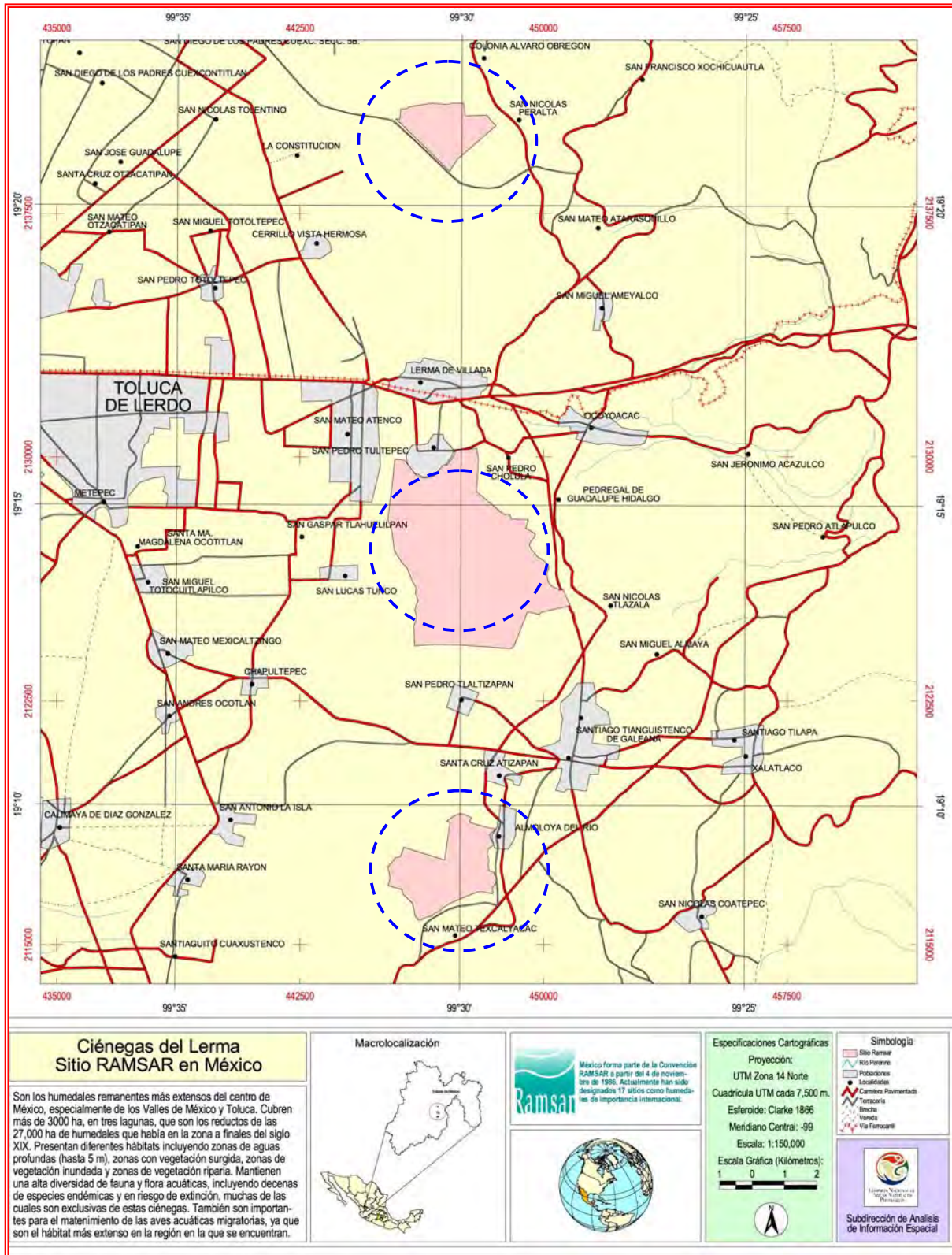


Figura 11. Ubicación de las “Ciénegas del Lerma”, Sitio Ramsar en México (CONANP, 2005).



## 7. RESULTADOS

### 7.1. SELECCIÓN Y ADECUACIÓN DE MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA

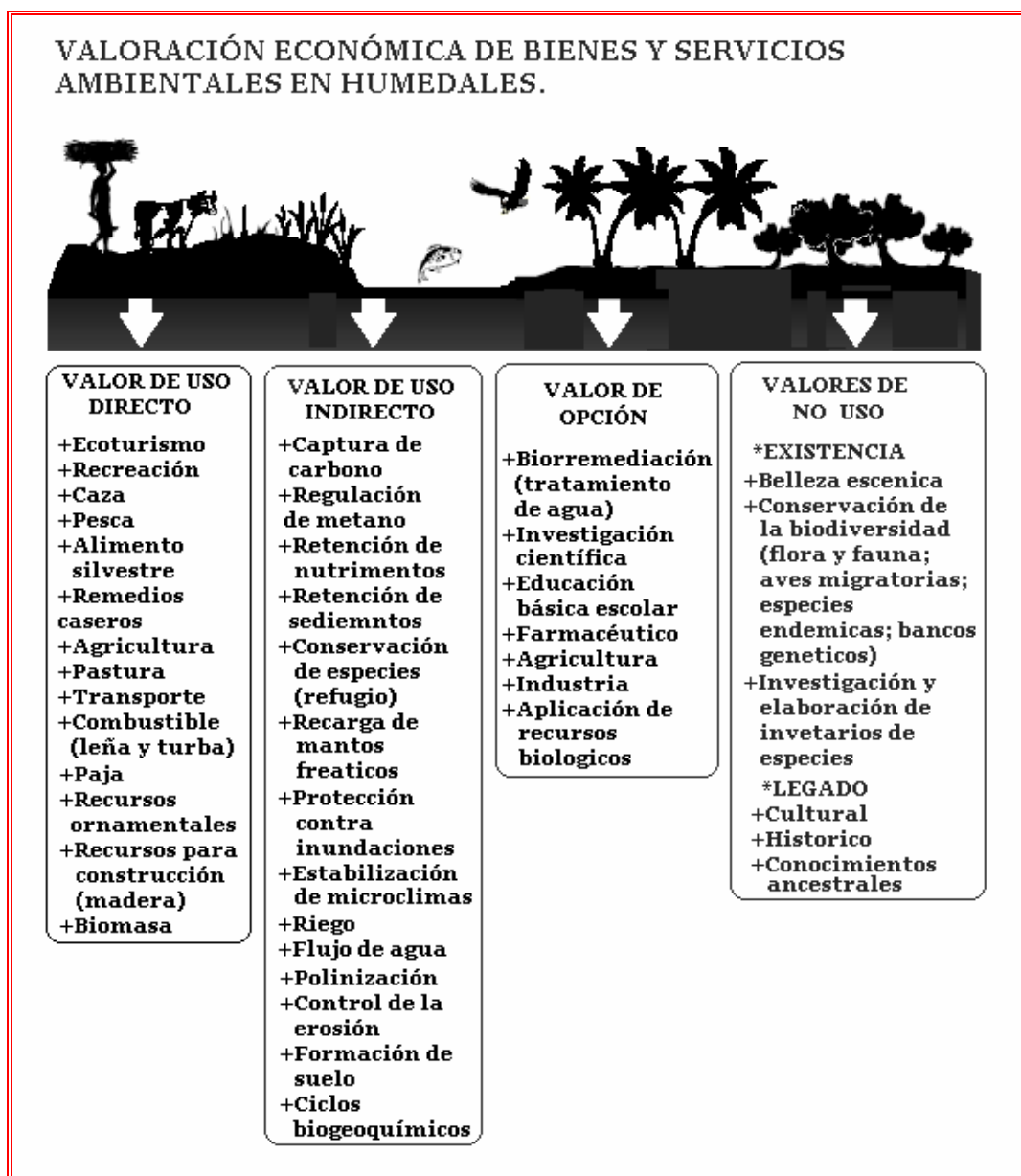
La valoración económica de los servicios ambientales que suministran los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, fue realizada por la categoría de evaluación de valoración total con el enfoque de análisis del criterio de mínima seguridad. Se eligió la valoración total en vista de que no se han calculado las contribuciones económicas totales reportados a la sociedad, por lo que se requería hacer una suma del valor monetario de los servicios ambientales que suministran los humedales. Y se utilizó el criterio de mínima seguridad ya que es una zona en riesgo, pese a su carácter de área de protección de flora y fauna, además de que es imposible cuantificar todos los servicios ambientales que brinda un ecosistema, por lo que se hizo una jerarquización de servicios ambientales de acuerdo a su importancia. Éste enfoque de análisis es el más estructurado y parsimonioso.

Para la elección de los métodos de valoración económica fue necesario enumerar los servicios ambientales que ofrecen los tres humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México (Figura 12), posteriormente se realizó la categorización de servicios ambientales por nivel de importancia a nivel área y para zonas aledañas (zona urbana incluyendo un área industrial, zona de cultivos de temporal y zona de bosque, Cuadro 3).

A continuación se muestra la enumeración de servicios ambientales a evaluar de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.

**Cuadro 3. Servicios ambientales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, a evaluación.**

<b>VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL DE LOS HUMEDALES DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “CIÉNEGAS DEL LERMA”, ESTADO DE MÉXICO</b>			
<b>VALORES DE USO</b>			<b>VALORES DE NO USO</b>
<b>Valor de uso directo</b>	<b>Valor de uso indirecto</b>	<b>Valor de opción</b>	<b>Valor de existencia</b>
Recreación	Captura de carbono	Biorremediación (tratamiento de aguas residuales, incluye el servicio de retención de nutrientes y sedimentos)	Conservación de la biodiversidad
Caza de patos	Regulación de metano		
	Recarga de mantos acuíferos		
	Control de inundaciones		



**Figura 12.** Bienes y servicios ambientales de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.

Una vez teniendo en cuenta los principales servicios ambientales que ofrecen los tres humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, se eligieron los métodos de valoración económica adecuados para la evaluación de cada uno de ellos, de acuerdo al análisis de la sección 2.3 y a Hawkins, 2003 y Radoslav, 2002 (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Métodos de valoración económica para el cálculo del valor monetario de los servicios ambientales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.**

<b>MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL DE LOS HUMEDALES DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “CIÉNEGAS DEL LERMA”, ESTADO DE MÉXICO</b>	
<b>Servicio ambiental</b>	<b>Método de valoración</b>
Recreación	Mercados sustitutos: costo de viaje
Caza de patos	Precios de mercado
Captura de carbono	Precios de mercado
Regulación de metano	Bien afín: enfoque del sucedáneo directo
Recarga de mantos acuíferos	Bien afín: enfoque del sucedáneo directo
Control de inundaciones	Costos: daños evitados
Biorremediación (tratamiento de aguas residuales, incluye el servicio de retención de nutrimentos y sedimentos )	Costos: reemplazo
Conservación de la biodiversidad	Mercados contruidos: valoración contingente

## **7.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA “CIÉNEGAS DEL LERMA”, ESTADO DE MÉXICO**

A continuación se muestra en detalle el procedimiento para cada valoración, así como sus resultados en monto económico para el año 2005. El cálculo fue realizado para los tres humedales en conjunto, bajo el supuesto que son similares en cuanto a calidad ambiental y por lo tanto presentan el mismo nivel en eficiencia para proporcionar servicios ambientales. Sin embargo, de acuerdo a Mariaca y colaboradores (2005) estos tres humedales “presentan diferente calidad física, química y biológica”, lo que tendría que reflejarse en la eficiencia de servicios ambientales producidos y por tanto en su valoración económica.

### **7.2.1 Mercados sustitutos a través del método de costo de viaje**

#### **7.2.1.1 Recreación**

Para la valoración económica de este servicio ambiental se siguieron los modelos establecidos por Echeverría (2005), Barry (1995) y de acuerdo a las recomendaciones de la National Oceanic and Atmospheric Administration (Kenneth *et al*, 2001) y Pérez (1998) para la aplicación de encuestas.

Las variables utilizadas fueron tomadas directamente de la información sobre el dinero y tiempo que los visitantes emplean para acudir al lugar de recreación, en este caso turistas nacionales. La encuesta se realizó en el humedal del sur, en Almoloya del Río (laguna Chignahuapan) ya que esta área es la que más visitan con fines recreacionales. Se aplicó personalmente, lo que quiere decir que el encuestador preguntó uno a uno cada reactivo del cuestionario y por ningún motivo se dejó el cuestionario al informante para que él no lo contestará por si solo. Las letras en cursivas sirvieron para guiar al encuestador y no se le dio lectura frente al informante (ver anexo 1). Además se repartió a cada entrevistado un tríptico con información general sobre la importancia de los humedales (ver anexo 14).

Este método obtiene el valor económico del servicio ambiental de recreación anual por medio de la siguiente formula:

$$\sum \{ (CT_r)_{\text{lugar de procedencia 1}} + \dots + (CT_r)_{\text{lugar de procedencia n}} \}$$

Donde:

- $CT_r$  = Costo total (o valor económico de la recreación, \$ año<sup>-1</sup>)  
 $G_t + G_l + V_t$
- $G_t$  = Gastos de transporte, (\$)
- $G_l$  = Gastos en el lugar visitado, (\$)
- $V_t$  = Valor económico del tiempo “perdido” del visitante, (\$)

**Gastos de transporte ( $G_t$ ).**- Incluye todos aquellos gastos relacionados para llegar al lugar visitado, como gastos de autobús, avión, taxi, transporte urbano o el dinero invertido -en caso de transporte privado- para la gasolina y/o pago de casetas, entre otros similares.

**Gastos en el lugar visitado ( $G_l$ ).**- Incluye todos aquellos relacionados a la estancia en el lugar de visita, tales como alimentación, hospedaje, subvenir etc. Deben de ser egresos que se hayan hecho lo más próximo posible al lugar de recreación visitado, ya que en este lugar es donde se lleva a cabo la derrama económica, misma que se integra para obtener el valor del costo total más cercano a la realidad.

**Valor económico del tiempo “perdido” del visitante ( $V_t$ ).**- Es el valor monetario que deja de percibir el visitante durante su trayecto al lugar visitado, tomando como base su salario. Se toma en cuenta el tiempo del viaje, es el tiempo de recorrido en llegar, desde su lugar de origen hasta el lugar visitado.

Las variables para obtener el valor económico del tiempo “perdido” (o también conocido como el costo de oportunidad indirecto) del visitante son:

- **Sueldo acumulado en el total de meses trabajados**, antes del periodo vacacional. Este dato se obtiene conociendo:
  1. Cuanto es su **salario** y
  2. **Cada cuando** lo percibe (periodicidad), así como
  3. **Cuanto tiempo trabaja antes de llegar a sus vacaciones**, percibiendo un sueldo; y
  4. **Cuanto tiempo le dan de vacaciones**, sin recibir sueldo alguno
- Una vez teniendo en cuenta las anteriores variables, se puede saber cuanto **dinero se deja de percibir en el periodo vacacional**.
- Si se conoce el *sueldo acumulado en el total de meses trabajados*, antes del periodo vacacional y el *dinero que se deja de percibir en el periodo vacacional*, se obtiene el **porcentaje de dinero que deja de percibir en el periodo vacacional**. Tomando al *sueldo acumulado en el total de meses trabajados*, antes del periodo vacacional como el 100 %.

Este porcentaje se utiliza para obtener un factor (\$ h<sup>-1</sup>) referente a lo perdido económicamente en ese periodo vacacional. Para obtener este factor se multiplica el *salario que percibe por hora* por el *porcentaje* obtenido.

El factor logrado se multiplica por el total de horas (*tiempo de viaje*) en llegar al lugar visitado.

Y así se obtiene el *valor económico del tiempo “perdido” del visitante* (el costo de oportunidad indirecto).

También se tienen otras variables tales como:

- **Tasa de visitación (Tv)**, que se obtiene de dividir el:
- **Número de visitas al sitio** por lugar de procedencia; entre el
- **Total de la población**, que corresponda al lugar de procedencia
- Después este último valor se multiplica por 1000 para obtener la **Tasa de visitación (Tv) por cada 1000 habitantes de acuerdo a la población de la zona de procedencia.**

Las variables de gastos de transporte (\$), gastos en el lugar visitado (\$), valor económico del tiempo “perdido” del visitante (\$), son necesarias para obtener el valor de la **demanda** y el **precio máximo** que se gasta para tener acceso al lugar, ósea, *el valor (máximo) económico del servicio ambiental de recreación.*

Los resultados de las encuestas se procesaron en un programa de diseño propio en Visual-Basic 6.0 (ver anexo 12) dividido en dos. A) Captura los resultados de las variables y obtiene la tasa de visitación por lugar de procedencia así como el costo total del viaje. B) Se encarga de relacionar los valores de tasa de visitación y el valor del costo total del viaje de diferentes lugares de procedencia, por medio de una regresión lineal obteniendo valores de la demanda (pendiente) y el precio máximo del costo total (ordenada al origen).

Los resultados ingresados al programa ‘A’ fueron valores promedio por cada diferente lugar de procedencia:

1. Total de horas (tiempo de viaje) en llegar al lugar visitado.
2. Gastos de transporte ( $G_T$ ).
3. Gastos en el lugar visitado ( $G_l$ ).
4. Salario (percibido por hora).
5. Tiempo de vacaciones (en meses).
6. Tiempo de trabajo antes de recibir vacaciones.

El número de visitas totales (para el programa ‘A’) y la tasa de visitación (para el programa ‘B’) se introdujeron directamente al programa de Visual-Basic 6.0, dependiendo del lugar de procedencia, obteniendo los resultados del Cuadro 5.

Para obtener el valor económico del servicio ambiental de recreación anual se realizó la sumatoria de los costos totales para cada lugar de procedencia, obteniendo el valor de \$ 10’829.66 (Moneda Nacional) anuales. Éste se tomó como si se incluyera el valor de los otros dos humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, laguna Chimaloapan y Chiconahuapan. En otras palabras, no se multiplica por tres el valor de \$ 10’829.66 (Moneda Nacional) anuales para no sobreestimar el servicio ambiental de recreación.

Para obtener los valores de **demanda** y el **precio máximo** (Figura 13 y 14) se realizó un tratamiento estadístico de regresión lineal, con ayuda del programa ‘B’ de diseño propio en Visual-Basic 6.0 (ver anexo 12). Después se grafican los valores de ‘X’ que representan a los valores de tasas de visitación (obtenidas por cada lugar de procedencia de los visitantes) y como ‘Y’ los costos totales de acuerdo con su respectiva tasa de visitación. Se obtienen los valores de la demanda (**m**; pendiente) y del precio máximo (**b**; ordenada al origen), de acuerdo a la ecuación de una función lineal.

$$Y = (m * X) + b$$

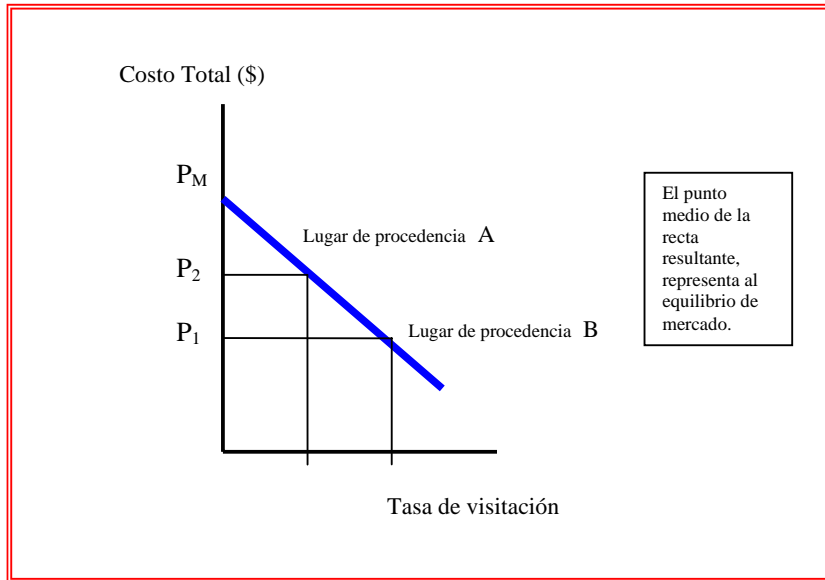
Donde:

- Y = Costo total (precio, \$ año<sup>-1</sup>)  
m = Demanda (que siempre dará como resultado un valor negativo)  
X = Tasa de visitación (por cada mil habitantes)  
b = Precio máximo que podrían pagar (\$)

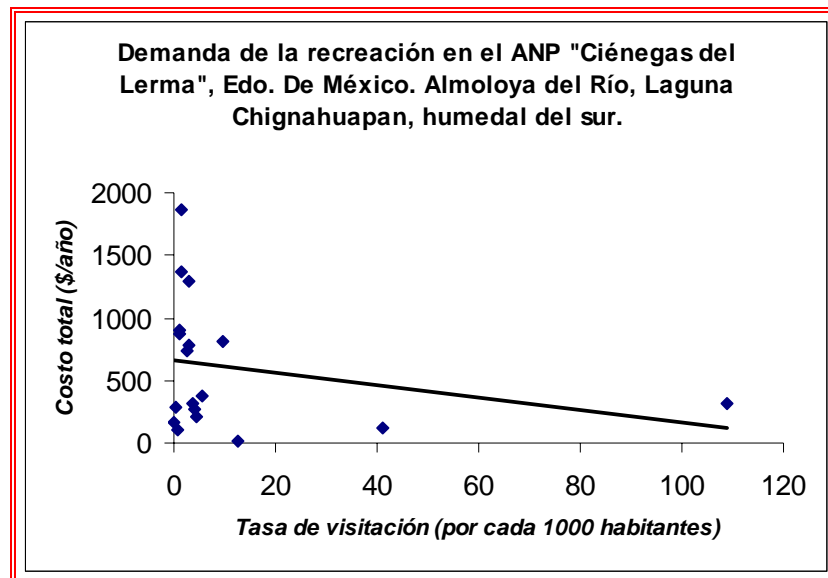
**Cuadro 5. Resultados de las encuestas, sobre el costo de viaje a la laguna de Chignahuapan, humedal del sur, polígono uno.**

<b>Municipio o Delegación de procedencia</b>	<b>No. Visitas al año</b>	<b>Población total (De acuerdo al Censo de población y vivienda, 2000, INEGI)</b>	<b>Tasa de visitación al año (por cada 1000 habitantes)</b>	<b>Costo total (\$ año<sup>-1</sup>)</b>	<b>Costo total por visitante (\$)<sup>⌘</sup></b>
Almoloya del río	967	8'873	108.9823	308.3303	2.8291
<i>Alvaro Obregon</i>	1	687'020	1.4555	1'373.0098	943.3251
<i>Coyoacan</i>	7	640'423	1.093	902.953	826.1235
<i>Gustavo A Madero</i>	12	1'235'542	9.7123	816.5272	84.0714
Huixquilucan	8	193'468	4.135	276.1954	66.7945
<i>Iztacalco</i>	1	411'321	2.4311	729.8783	300.2255
Jalatlaco	1	17'601	5.6814	379.1272	66.7312
Malinalco	1	21'760	4.5955	213.62	46.4846
<i>Miguel Hidalgo</i>	1	352'640	2.8357	787.3909	277.6707
Ocoyoacac	12	49'643	0.2417	288.2636	1'192.6503
Ocula (Jalisco)	1	26'460	3.7792	321.6454	85.1093
San Mateo Texcalyacac	164	3'997	41.0307	126.3863	3.0802
Santa Cruz Atizapán	104	8'172	12.7263	19.6488	1.5439
Santiago Tianguistenco	7	58'381	0.1199	165.8456	1'383.19
Tenango del aire	6	8'486	0.707	101.6454	143.7700
<i>Tlahuac</i>	4	302'790	1.321	1'863.62	1'410.7645
<i>Tlalpan</i>	7	581'781	1.2032	868.18	721.5591
Toluca	19	666'596	2.8503	1'287.4	451.6717
<b>TOTAL</b> (sumatoria; 18 diferentes lugares )	<b>1323</b>		<b>204.9011</b>	<b>10'829.6672</b>	<b>4'020.9898</b>
<b>TOTAL</b> (promedio ponderado para 35 personas)	<b>73</b>		<b>11.38339</b>	<b>601.6481</b>	<b>268.0659</b>

⌘ El costo total por visitante se obtuvo dividiendo el costo total entre la tasa de visitación.



**Figura 13.** Representación gráfica de la demanda y el precio máximo ( $P_M$ ).  $P_1$  y  $P_2$  representan a dos precios monetarios diferentes, uno mayor que otro. Cada uno de estos precios varían respecto al lugar de procedencia, A y B, respectivamente.



**Figura 14.** Demanda y precio máximo de la recreación en la laguna Chignahuapan, humedal del sur.

Demanda (pendiente) = -4.8701

Precio máximo (ordenada al origen) = 657.0875

## 7.2.2 Método de los precios de mercado

### 7.2.2.1 Cacería de patos

Los precios utilizados para la valoración económica de este servicio ambiental fueron tomados directamente de la disposición de los particulares a pagar por los beneficios y costos comerciales que involucran el acceso a esta práctica.

Este método obtiene el valor económico anual del servicio ambiental de cacería de patos por medio de la siguiente fórmula:

$$CT_{cp} = (I_l + P_t + T_p) U$$

Donde:

- $CT_{cp}$  = Costo total (o valor económico de la caza de patos, \$ año<sup>-1</sup>)  
 $I_l$  = Ingreso al lugar, (\$)  
 $P_t$  = Plataforma de tiro, (\$)  
 $T_p$  = Transporte para la plataforma de tiro, (\$)  
 $U$  = Número de visitas (año<sup>-1</sup>)

**Ingreso al lugar ( $I_l$ ).**- Se refiere a la cuota monetaria de inscripción o acceso al club campestre, donde se lleva a cabo la actividad de caza de patos.

**Plataforma de tiro ( $P_t$ ).**- Es el gasto que se efectúa por la renta del lugar de tiro, es la plataforma que se encuentra dentro de la ciénega.

**Transporte para la plataforma de tiro ( $T_p$ ).**- Es un pago que se efectúa a lancheros para ingresar a la plataforma de tiro, ya que ésta se encuentra dentro de la ciénega.

**Número de visitas al año ( $U$ ).**- Es el número promedio de usuarios que participan en la caza de patos anualmente, pueden ser nacionales y/o extranjeros.

La información se obtuvo de informantes durante las encuestas sobre la evaluación del servicio ambiental de recreación y conservación de la biodiversidad, por el método del costo de viaje y de valoración contingente, respectivamente.

Se preguntó sobre el número aproximado de personas que accedan a este lugar por año ( $U$ ), así como los meses de temporada con mayor afluencia, el costo de ingreso al lugar ( $I_l$ ), el costo por la plataforma de tiro ( $P_t$ ) y el costo por el transporte para ingresar dentro la ciénega, donde se encuentra la plataforma de tiro ( $T_p$ ).

La información sobre el costo del arma y las municiones se le puede preguntar al encargado de la zona de caza o a los usuarios, pero como esta información es delicada debe ser manejada con bastante discreción por esta razón se decidió no integrar esta información dentro de las variables de evaluación, aunque si se tuviera esta información se obtendría un valor objetivo sobre la valoración económica de este servicio.

No se incluyeron las variables de gastos de transporte ( $G_t$ ), gastos en el lugar visitado ( $G_l$ ) ni el valor económico del tiempo “perdido” del visitante ( $V_t$ ), ya que estas variables fueron consideradas en el método de mercados sustitutos, para la valoración económica del servicio ambiental de recreación, a través del método de costo de viaje.



Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$\begin{aligned} I_l &= \$ 5000.00 \\ P_t &= \$ 1000.00 \\ T_p &= \$ 500.00 \\ U &= 30 \text{ visitas en el mes de diciembre.} \end{aligned}$$

Sustituyendo valores en la formula  $CT_{cp} = (I_l + P_t + T_p) U$ :

$$CT_{cp} = (\$5'000.00 + \$1'000.00 + \$500.00) * 30$$

$$CT_{cp} = \$195'000.00$$

### 7.2.2.2 Captura de carbono ( $CO_2$ )

Este método obtiene el valor económico anual del servicio ambiental de captura de carbono por medio de la siguiente formula:

$$CT_{cc} = C_a * M_{CONAFOR}$$

Donde:

$$\begin{aligned} CT_{cc} &= \text{Costo total (o valor económico de la captura de carbono, } \$ \text{ año}^{-1}\text{)} \\ C_a &= \text{Carbono almacenado, (t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}\text{)} \\ M_{CONAFOR} &= \text{Monto por parte de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR),} \\ &\quad (\$ \text{ t}^{-1} \text{ año}^{-1} \text{ de } CO_2\text{)} \end{aligned}$$

**Carbono almacenado ( $C_a$ ).**- O absorción de carbono. Se refiere a la cantidad almacenada de carbono, su unidad de medida es la tonelada por hectárea y por año. Existen diferentes métodos para cuantificar el carbono, desde la cuantificación por especie de árbol, hasta el carbono almacenado en cuencas.

**Monto ( $M_{CONAFOR}$ ).**- Es el monto o el precio económico para el otorgamiento de pago por el servicio ambiental de captura de carbono, por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), es el mismo valor que señala el Diario Oficial el día miércoles 24 de noviembre de 2004 en el que por medio de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales se instituye el Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales (PSA-CABSA).

### Captura de carbono en los humedales

Los precios utilizados para la valoración económica de este servicio ambiental fueron tomados conforme al Acuerdo Federal (publicado en el Diario Oficial el día miércoles 24 de noviembre de 2004 en el que por medio de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales se instituye el Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales; PSA-CABSA).

De acuerdo al artículo de “Los humedales y el cambio climático” que es un examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Bergkamp y Orlando, 1999).

Este artículo cita información (Cuadro 6) sobre los depósitos y flujos de gases de efecto invernadero en los humedales, en parte se señala lo siguiente, (ver anexo 2):

**Cuadro 6. Existencias y flujos de gases de efecto invernadero en humedales.**

Depósitos de carbono (t C ha <sup>-1</sup> ) en Suelo	Absorción de carbono (t C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
1.314–1.315	0,17–0,29

Adaptado por Bergkamp y Orlando, 1999 (GACGC, 1998).

En el cuadro 6 se señala la cantidad apreciable de carbono almacenada en suelos turbosos, particularmente los suelos turbosos tropicales y en la biomasa. Debido a su carácter anaeróbico y a la baja disponibilidad de nutrientes, las existencias de carbono de los humedales aumentan de forma continua. Coincidiendo con los datos del cuadro 6, Gorham (1991), estima que las ciénegas son sumideros de gases de efecto invernadero en todo el mundo y que absorben cerca de 0,1 Gt C (Giga tonelada de carbono) por año.

El Acuerdo PSA-CABSA da los montos para el otorgamiento de pagos por los siguientes servicios ambientales, los cuales en parte muestran los siguientes en el cuadro 7 (ver anexo 3):

**Cuadro 7. Montos del programa para el otorgamiento de pagos por servicios ambientales.**

Categoría y Subcategoría	Monto del pago
<b>II.</b> Ejecución del Proyecto.	La Ejecución del Proyecto se apoyará con cinco pagos anuales hasta por cinco ocasiones.
<b>1)</b> Captura de carbono.	A partir de la línea base se monitorea el incremento de superficie del Proyecto. Se determina la cantidad a pagar, tomando como referencia la tabla (ver anexo 9) de estas Reglas, que se aplicará sobre la base de 50 pesos por tonelada (t) de CO <sub>2</sub> e, más 1.19 pesos por punto acumulado.

Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004.

Conocida esta información y las características del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, así como sus datos geográficos, se obtuvo la cantidad de carbono almacenado por hectárea de humedal y por año.

El cuadro 6 sobre los depósitos y flujos de gases de efecto invernadero en los humedales, según el examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Bergkamp y Orlando, 1999), el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, absorben una cantidad de carbono de 0.17 t ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, para las regiones boreales y/o templadas.

Ahora, si se sabe que el precio de captura de carbono es de cincuenta pesos por tonelada, de acuerdo al programa PSA-CABSA, y que el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, ocupa una extensión de 3’023 ha, se hizo una relación matemática.

Primero se obtuvo la cantidad de toneladas de carbono almacenado en 3'023 *ha*, las variables y los resultados están en proporción a un año:

$$\left( 3'023 \text{ ha} * 0.17 \frac{t \text{ CO}_2}{\text{ha}} \right) = 513.91 \text{ t CO}_2$$

Por ultimo el valor económico de la captura de carbono:

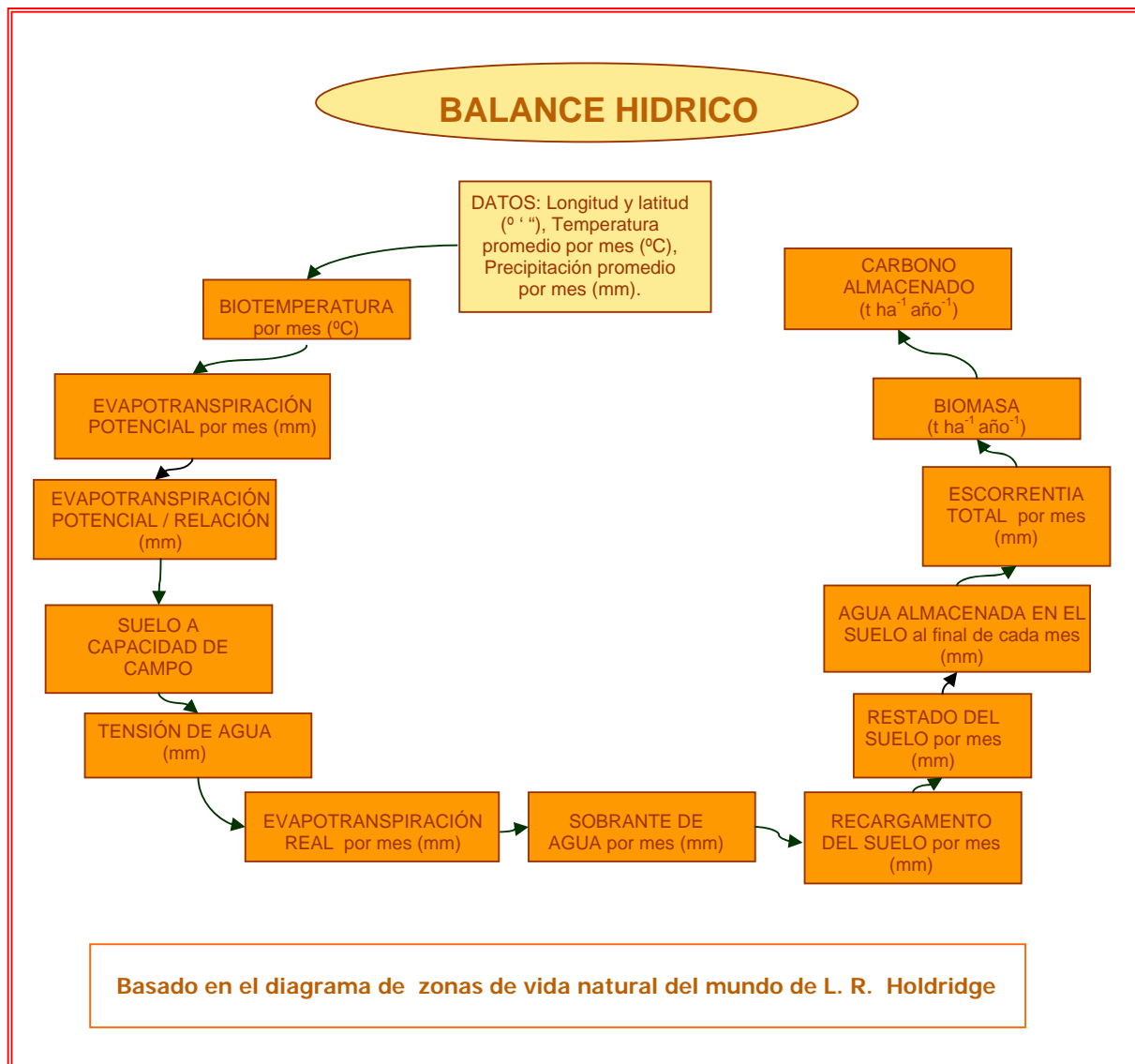
$$\left( 50 \frac{\$}{t \text{ CO}_2} * 513.91 \text{ t CO}_2 \right) = 25'695.00 \$$$

### **Captura de carbono en la cuenca Alta del Lerma**

Otra forma del cálculo de captura de carbono es haciendo un análisis de cuanto contribuye el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, a mantener otros ecosistemas, o sea, que tanto intervienen para la manutención de los ecosistemas adyacentes a los de humedales, como son los bosques y zonas de cultivo de temporal, en fin, de toda la cuenca Alta. Para esto se hace un balance hídrico con datos meteorológicos de temperatura y precipitación mensual durante un año (ya que son ecosistemas que regulan el microclima de la región), el balance hídrico esta basado en las zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdrige (Figura 15; Holdrige, 1967; Tosi, 1997).

Se tomaron los valores de temperatura y precipitación promedios mensual (SMN, 2005), del periodo más representativo (1961-1990), de las zonas más cercanas a los tres humedales, estas zonas fueron la de: Almoloya del Río, Chapulhuac (Otzolotepec), Santiago (Tiangustenco) y Lerma (Lerma).

Una vez con estos datos se obtuvo los promedios mensuales de temperatura y precipitación, promediando los valores de las zonas (Cuadro 8).



**Figura 15.** Procedimiento general para la elaboración del balance hídrico, basado en el diagrama de zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdridge (Tosi, 1997).

**Cuadro 8. Temperatura y precipitación de la cuenca Alta del Lerma.**

TEMPERATURA °C												
LOCALIDAD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Almoloya del Río	8,4	8,8	10,6	12,8	13,8	14,2	13,7	13,7	13,7	12,5	10,5	9,1
Chapulhuac, Otzolotepec	10,9	11,9	13,4	15	15,7	14,8	14,1	14,3	14,2	13,8	12,1	11,4
Santiago, Tiangustenco	10,3	11,6	14,4	15,9	16,6	15,5	14,4	14,3	14,3	13,8	12,1	10,8
Lerma, Lerma	9	9,5	11,7	13,3	14,5	14,6	14	14,1	14,2	13,2	10,9	9,9
PROMEDIO	9,65	10,45	12,53	14,25	15,15	14,8	14,05	14,1	14,1	13,33	11,4	10,3
1961-1990												
PRECIPITACIÓN mm												
Almoloya del Río	16,2	7,1	12,8	30,9	74,8	158	205	197,9	140,6	53	11,7	8,9
Chapulhuac, Otzolotepec	12,9	10,1	15,6	25,6	58,3	136	173,9	157,7	137,2	68,9	14,6	11,2
Santiago, Tiangustenco	14,6	6,4	5,2	19,1	61,4	155	239,2	248,4	145	48,2	10	7,9
Lerma, Lerma	18,6	7,6	13,1	28,7	69,2	165	184,2	178,5	133,7	59,7	15,8	6,9
PROMEDIO	15,58	7,8	11,68	26,08	65,93	153	200,6	195,6	139,1	57,45	13,03	8,725

SMN, 2005.

Con estos datos se realizó el balance hídrico (ver anexo 4) el cual puede apreciarse en el siguiente cuadro (Cuadro 9):

**Cuadro 9. Balance hídrico de la cuenca Alta de Lerma, basado en el diagrama de zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdridge.**

1961-1990	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura media °C	9,65	10,45	12,53	14,25	15,15	14,8	14,05	14,1	14,1	13,33	11,4	10,3	12,85
Biotemperatura media °C	9,65	10,45	12,53	14,25	15,15	14,8	14,05	14,1	14,1	13,33	11,4	10,3	12,85
Evapotranspiración potencial mm	48,298	47,24	62,69	69,02	75,83	71,6	70,32	70,57	68,29	66,69	55,22	51,55	757,283
Precipitación mm	15,575	7,8	11,68	26,08	65,93	153	200,6	195,6	139,1	57,45	13,03	8,725	894,925
Evapotranspiración real mm	19,484	13,64	12,66	19,37	42,65	71,6	70,32	70,57	68,29	66,69	55,22	23,39	533,8456
Sobran de Agua mm	0	0	0	6,708	23,28	81,8	130,3	125,1	70,83	0	0	0	437,9135
Recargamiento del Suelo mm	0	0	0	6,708	23,28	46,8	0	0	0	0	0	0	76,83412
Restado del Suelo mm	3,9085	5,842	0,983	0	0	0	0	0	0	9,242	42,19	14,67	76,83412
Agua Almacenada en el Suelo al Final del Mes mm	19,484	13,64	12,66	19,37	42,65	89,5	89,49	89,49	89,49	80,25	38,06	23,39	607,468
Escorrentía total mm	0	0	0	0	0	34,9	130,3	125,1	70,83	0	0	0	361,0794
Tensión de agua (mm):	49,058												
ETP/relación	0,8462												
Suelo a Capacidad de Campo	89,493												
Lamina (mm)	361,079												
BIOMASA t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	14,414												
<i>CARBONO ALMACENADO</i> t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	7,2069												

De acuerdo al balance hídrico, las áreas de influencia más cercanas al el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, tienen una cantidad de carbono almacenado de 7.207 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

Ahora, si se conoce que el precio de captura de carbono es de cincuenta pesos por tonelada, de acuerdo al programa PSA-CABSA, y que el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, ocupa una extensión de 3'023 ha, se hizo una relación matemática.

Primero se obtuvo la cantidad de toneladas de carbono que hacen posible 3'023 ha de humedal, las variables y los resultados están en proporción a un año:

$$\left( 3'023 \text{ ha} * 7.207 \frac{t \text{ CO}_2}{\text{ha}} \right) = 21'786.76 \text{ t CO}_2$$

Después el valor económico de la captura de carbono:

$$\left( 50 \frac{\$}{t \text{ CO}_2} * 21'786.76 \text{ t CO}_2 \right) = 1'089'338.00 \$$$



**Fotografía 26.** Los humedales sostienen vegetación, ésta a su vez disminuye niveles de contaminación atmosférica.

### 7.2.3 Bien afín a través del enfoque del sucedáneo directo

#### 7.2.3.1 Regulación de metano ( $CH_4$ )

El sucedáneo directo que se ocupó para la valoración económica de este servicio ambiental fue el de los precios de mercado para la captura de carbono, de acuerdo al PSA-CABSA establecidos por la Comisión Nacional Forestal (ver anexo 3), ya que existe una comparación entre el poder de calentamiento de cada gas de efecto invernadero en relación al  $CO_2$  (ver anexo 10). Cabe mencionar que el  $CO_2$  es la unidad básica para medir el impacto de los gases de efecto invernadero sobre la atmósfera (Cubillos y Wellenstein, 2005).

Este método obtiene el valor económico anual del servicio ambiental de regulación de metano por medio de la siguiente fórmula:

$$CT_{rm} = M_r * V$$

Donde:

- $CT_{rm}$  = Costo total (o valor económico de la regulación del metano, \$ año<sup>-1</sup>)  
 $M_r$  = Metano regulado, (t de  $CH_4$ )  
 $V$  = Valor económico de una tonelada de metano (\$ t<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de  $CH_4$ )

**Metano regulado ( $M_r$ ).**- Se refiere a la cantidad de metano en toneladas para un año.

**Valor económico de una tonelada de metano ( $V$ ).**- En vista de que no hay un precio de mercado en México para este servicio, se tomó un sucedáneo directo. Se ocupó como referencia el precio de mercado para la captura de carbono, de acuerdo al PSA-CABSA establecidos por la Comisión Nacional Forestal (ver anexo 3). Ya que existe una comparación entre el poder de calentamiento de cada gas de efecto invernadero en relación al  $CO_2$  (ver anexo 10).

### Regulación del metano en los humedales

Primero se obtuvo la cantidad de toneladas de metano. Esto se realizó tomando en cuenta la cantidad de carbono (ver la sección 7.2.2.2), y la proporción de  $0.26 \text{ t CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  por cada tonelada, hectárea y año de  $\text{CO}_2$  (ver anexo 2; Bergkamp y Orlando, 1999).

**Cuadro 10. Descarga de metano de los humedales naturales, expresada en su equivalente de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).**

	Emisiones de metano ( $\text{t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ )
Emisiones de metano en los humedales naturales	0.26–0.28

Adaptado por Bergkamp y Orlando, 1999 (GACGC, 1998).

Las siguientes operaciones contienen variables y resultados en proporción de un año.

$$\left( 513.91 \frac{\text{t CO}_2}{3'023 \text{ ha}} * \frac{0.26 \frac{\text{t CH}_4}{\text{ha}}}{\frac{\text{t CO}_2}{\text{ha}}} \right)$$

$$\left( 513.91 \frac{\text{t CO}_2}{3'023 \text{ ha}} * 0.26 \frac{\text{t CH}_4 \text{ ha}}{\text{t CO}_2 \text{ ha}} \right)$$

$$\left( 513.91 \frac{\text{t CO}_2}{3'023 \text{ ha}} * 0.26 \frac{\text{t CH}_4}{\text{t CO}_2} \right) = 133.61 \frac{\text{t CH}_4}{3'023 \text{ ha}}$$

Para el cálculo del valor económico por tonelada de metano, se tomó como base un sucedáneo directo, el valor económico de la captura de carbono ( $\$ 50 \text{ t CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ; Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004) y los equivalentes de metano al dióxido de carbono. Estos equivalentes comparan el poder de calentamiento de cada gas de efecto invernadero en relación con el  $\text{CO}_2$  (ver anexo 10; Cubillos y Wellenstein, 2005).

El metano es 21 veces más dañino que el  $\text{CO}_2$  por lo que la destrucción o evitamiento de una tonelada de metano equivale a 21 toneladas de  $\text{CO}_2$  y por lo tanto se paga 21 veces más por tonelada de metano con base al  $\text{CO}_2$ .

Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene el siguiente valor económico para cada tonelada de metano:

$$\left( 50 \frac{\$}{\text{t CO}_2} * 21 \frac{\text{t CO}_2}{\text{t CH}_4} \right) = 1'050.00 \frac{\$}{\text{t CH}_4}$$



Por último, se calculó el valor económico de la regulación de metano por los humedales:

$$\left( 133.61 \frac{t CH_4}{3'023 ha} * 1'050.00 \frac{\$}{t CH_4} \right) = 140'290.50 \frac{\$}{3'023 ha}$$

### Regulación del metano en la cuenca Alta del Lerma

Primero se obtuvo la cantidad de toneladas de metano. Esto se realizó tomando en cuenta la cantidad de carbono (calculado en forma de CO<sub>2</sub>; ver la sección 7.2.2.2), y la proporción de 0.26 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> por cada tonelada de CO<sub>2</sub> (ver anexo 2; Bergkamp y Orlando, 1999).

$$\left( 21'786.76 \frac{t CO_2}{3'023 ha} * 0.26 \frac{t CH_4}{t CO_2} \right) = 5'664.55 \frac{t CH_4}{3'023 ha}$$

Para el cálculo del valor económico por tonelada de metano, se tomó como base un sucedáneo directo, el valor económico de la captura de carbono (\$ 50 t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004) y los equivalentes de metano al dióxido de carbono. Estos equivalentes comparan el poder de calentamiento de cada gas de efecto invernadero en relación con el CO<sub>2</sub> (ver anexo 10; Cubillos y Wellenstein, 2005).

$$\left( 5'664.55 \frac{t CH_4}{3'023 ha} * 1'050.00 \frac{\$}{t CH_4} \right) = 5'947'777.50 \frac{\$}{3'023 ha}$$

### 7.2.3.2 Recarga de mantos acuíferos

El sucedáneo directo que se ocupó para la valoración económica de este servicio ambiental fue el de los precios de mercado por el consumo de agua extraída del subsuelo.

Este método obtiene el valor económico anual del servicio ambiental de recarga de mantos acuíferos por medio de la siguiente formula:

$$CT_{rma} = \{(V_D * T_D) + (V_C * T_C) + (V_I * T_I)\}$$

Donde:

- CT<sub>rma</sub> = Costo total (o valor económico de la recarga de mantos acuíferos, \$ año<sup>-1</sup>)
- V = Volumen de agua extraído (m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>)
- T = Tarifa {\$ (m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>}
- D = Domestico
- C = Comercial
- I = Industrial

**Volumen de agua extraído (V).**- Es la cantidad de agua que se extrae desde los mantos acuíferos, siempre y cuando esta agua provenga de la precipitación. Su unidad de medida esta dada en volumen y en tiempo, (metros cúbicos por año).

**Tarifa (T).**- Es una cantidad monetaria a delegar para seguir obteniendo un servicio, en este caso se especifican cantidades económicas de acuerdo a volúmenes de agua por rangos de consumo. Su unidad de medida esta dado en \$ (m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Estos datos se obtuvieron de una base de datos sobre mínimos y máximos de las tarifas 2001 por rangos de consumo doméstico, comercial e industrial en las capitales de los estados y en algunas ciudades fronterizas y turísticas (ver anexo 7).

**Doméstico (D).**- Se refiere al tipo de consumo, en este caso el uso doméstico hace referencia al agua que se ocupa en los hogares, sean particulares o en condominios.

**Comercial (C).**- Se refiere al tipo de consumo, en este caso el uso comercial hace referencia al agua que se ocupa para el riego.

**Industrial (I).**- Se refiere al tipo de consumo, en este caso el uso industrial hace referencia al agua que se ocupa en fábricas y otros similares.

Primeramente, fue necesario cuantificar el agua que ingresa a los mantos acuíferos en las zonas aledañas a los humedales, para ello se utilizó el método de APLIS – por sus siglas Altitud, Pendiente, Litología, zonas de Infiltración y Suelo – (López-Geta *et al*, 2005). Este método determina la tasa de recarga media en acuíferos, expresada como porcentaje de la precipitación. Una vez teniendo esta cantidad se comparó con la base de datos de tarifas por rango de consumo en el Distrito Federal para el año 2001 (CNA/UPRPS/Sistema Nacional de Información; CNA, 2005; ver anexo 7), donde cita valores monetarios en función al volumen de agua consumida. Por último se actualizó el valor económico al año 2005 con la formula del Valor Actual Neto (VAN).

La tasa de recarga para mantos acuíferos media anual se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$R = (A+P+3L+2I+S)/0.9$$

Donde:

- R = La tasa de recarga media en acuíferos (% de la precipitación)
- A = Altitud (m.s.n.m)
- P = Pendiente (%)
- L = Litología
- I = Zonas de infiltración preferente
- S = Suelo

Para cada variable han sido establecidos una serie de categorías o intervalos, que alcanzan valores comprendidos entre 1 (mínima influencia en la recarga) y 10 (máxima influencia; ver anexo 6).

**Tasa de recarga media en acuíferos (R).**- Se refiere a un porcentaje obtenido del total de la precipitación. Dicho porcentaje representa una fracción de agua proveniente de la precipitación que logra ingresar al manto acuífero.

**Altitud (A).**- Es una posición de elevación de un punto geográfico con respecto al nivel del mar, por lo que su unidad de medida son los metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

**Pendiente (P).**- Corresponde al grado de inclinación de un paraje. Esta expresada en porcentaje.

**Litología (L).**- Es el tipo de rocas.

**Zonas de Infiltración preferente (I).**- Se refiere a las formas naturales existentes que favorezcan o no a la infiltración o acumulación de agua.

**Suelo (S).**- Es el tipo de suelo definido taxonomicamente de acuerdo a sus características, no debe confundirse con el uso de suelo.

Cuando se obtuvo el valor de R, se relacionó con la cantidad de precipitación total anual de acuerdo al balance hídrico (Cuadro 9). De acuerdo a las características de las zonas aledañas a los humedales se obtuvo los siguientes resultados (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Variables para la recarga de mantos acuíferos.**

VARIABLES CONDICIONANTES DE LA RECARGA Y EL FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA		
Variables	Valores	Puntuación de las variables de acuerdo a López-Geta <i>et al.</i> , 2005
A	2570 m.s.n.m	9
P	≤3 %	10
L	Brechas	3
I	Abundantes	10
S	Histosol	4

Sustituyendo los valores en la formula:

$$R = (A+P+3L+2I+S)/0.9$$

$$R = \{9+10+ [3(3)]+ [2(10)]+4\}/0.9$$

$$R = 57.7$$

Por lo que de 894.925 mm de la precipitación total anual sólo el 57.7% es la cantidad de agua que va hacia la recarga de mantos acuíferos, esto es, 516.371 mm (0.516371 m<sup>3</sup>) de recarga de mantos acuíferos anualmente (una cifra aproximada a la suma de la recarga del suelo más el sobrante del agua de acuerdo al balance hídrico de la cuenca Alta de Lerma, basado en el diagrama de zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdridge (Cuadro 9).

Ahora, de acuerdo a los volúmenes de agua subterránea extraídos por actividad en los valles de Toluca e Ixtlahuaca, la proporción es la siguiente (DGCOH, 1992; Cuadro 12):

**Cuadro 12. Volúmenes de agua subterránea extraídos por actividad en los valles de Toluca e Ixtlahuaca.**

ACTIVIDAD	PORCENTAJE
Domestico (potable)	89.27
Comercial (riego)	5.67
Industrial	5.06
Total de agua subterránea extraída	100

DGCOH, 1992.

Suponiendo que de los 0.516371 m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> de agua, que va hacia la recarga de mantos acuíferos, contribuyan a estos tres tipos de actividades, se tendría la siguiente proporción (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Volúmenes de agua subterránea extraídos por actividad con base a la capacidad de las zonas aledañas a los humedales.**

ACTIVIDAD	VOLUMEN (M <sup>3</sup> AÑO <sup>-1</sup> )
Domestico (potable)	0.4609
Comercial (riego)	0.0292
Industrial	0.0261
Total	0.516371

Estos volúmenes se compararán con valores económicos –por actividad, mínimos y máximos– de tarifas del Distrito Federal para el año del 2001 (ver anexo 7; CNA, 2005), obteniendo los siguientes resultados:

**Cuadro 14. Valoración económica del servicio ambiental de recarga de mantos acuíferos, por el método del bien afín con el enfoque del sucedáneo directo.**

ACTIVIDAD	TARIFA	VOLUMEN A CALCULAR (M <sup>3</sup> AÑO <sup>-1</sup> )	VALORACIÓN ECONÓMICA, 2001 [\$ (M <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ]	VALORACIÓN ECONÓMICA, 2005 [\$ (M <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> ]
<i>Domestico (potable)</i>				
Rango (m <sup>3</sup> )	1	0.4609	0.5530	0.8701
Costo (pesos)	1.2			
<i>Comercial (riego)</i>				
Rango (m <sup>3</sup> )	1	0.0292	0.2014	0.3169
Costo (pesos)	6.9			
<i>Industrial</i>				
Rango (m <sup>3</sup> )	1	0.0261	0.1800	0.2832
Costo (pesos)	6.9			
Total		0.516371	0.9344	1.4702

CNA, 2005

## 7.2.4 Costos a través del método de los daños evitados

### 7.2.4.1 Control de inundaciones

Si los humedales se desecarán tarde o temprano la naturaleza reclamaría el lugar, volviéndose a inundar, causando pérdidas económicas – de las zonas agrícolas o urbanas que se hayan instalado así como de los beneficios que hubieran reportado –. Así, de esta manera, las estimaciones de los daños representan una mediada de valor, este valor es la valoración económica del servicio ambiental de control de inundaciones.

#### Daños evitados en cultivos

El método de los costos obtiene el valor económico anual del servicio ambiental de control de inundaciones a través de los daños evitados en cultivos por medio de la siguiente formula:

$$CT_{dec} = \sum \{ (S * V)_{\text{tipo de cultivo 1}} + \dots + (S * V)_{\text{tipo de cultivo n}} \}$$

Donde:

- $CT_{dec}$  = Costo total (o valor económico de los daños evitados en cultivos, \$ año<sup>-1</sup>)  
 $S$  = Superficie de cosecha (ha)  
 $V$  = Valor (\$ ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

**Superficie de cosecha (S).**- Es el área acotada por un tipo de cultivo. Se tomó este valor suponiendo que todo lo sembrado, en el mejor de los casos, se recupera en el momento de la cosecha, en otras palabras, se está considerando que no existan pérdidas de la inversión. Es necesario efectuar una selección de los tipos de cultivos más representativos y no cuantificar todos los que existan en la zona, para no sobreestimar el valor económico de este servicio ambiental.

**Valor (V).**- Es el valor económico de la cosecha o la cantidad monetaria de utilidades que se obtiene por la inversión, en este caso se utilizó el valor de la producción agrícola nacional por tipo de cultivo, el cual involucra la superficie sembrada y la cosechada de acuerdo al Sector alimentario en México, INEGI (ver anexo 11).

Para la valoración económica del servicio ambiental de control de inundaciones a través de los costos de los daños evitados se utilizó el siguiente procedimiento.

PRIMERO. Se obtuvo las zonas de influencia por hectáreas de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, trazando una circunferencia, sobre un Sistema de Información Geográfica (Arc View 3.2 GIS), con un punto de origen en el centro de cada humedal hasta obtener un diámetro que cubrió a todo el humedal y sus zonas aledañas. El diámetro de la circunferencia fue el mismo para los tres humedales. La circunferencia se tomó haciendo posible captar la mayor proporción de diferentes zonas de cada humedal, pero sin que sea demasiado grande que abarque a un segundo o tercer humedal.

Las zonas de influencia obtenidas fueron las siguientes:

**Cuadro 15. Zonas de influencia a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, por hectáreas.**

ZONA	SUPERFICIE (HA)			
	Humedal norte	Humedal centro	Humedal sur	TOTAL
Urbana	2'889.01	6'926.98	5'453.43	15'269.43
Cultivo	5'784.30	4'101.24	4'533.65	14'419.19
Bosque	1'751.96	986.69	1'922.86	4'661.51
Rural	1'632.72	0.02	0	1'632.73
Industrial	190.16	0	0	190.16
Humedal <i>(valores ajustados)</i>	265.68	1'910.76	846.68	3'023.12
<b>TOTAL</b>	<b>12'513.83</b>	<b>13'925.68</b>	<b>12'756.63</b>	<b>39'196.15</b>

Adaptado de García, 2004.

SEGUNDO. Para la valoración económica de este servicio ambiental se eligieron las zonas de cultivos. Así, las estimaciones de los daños que se pudieran llevar a cabo en las nuevas zonas de cultivos instaladas representan una mediada de valor. La zona de bosque, urbana, rural e industrial se omitieron para no sobreestimar el valor económico de este servicio ambiental.

TERCERO. Para saber la tendencia de como se encuentran distribuidos – en cantidad de hectáreas – las zonas de cultivo alrededor de cada humedal, se obtuvo porcentajes de la siguiente manera:

- A. Se obtuvo las sumatorias de las zonas de influencia en hectáreas, para cada humedal y el total por cada humedal represento una proporción del 100%.
- B. De acuerdo a los valores obtenidos en el cuadro 15 de cada tipo de zona, se obtuvo otra proporción en porcentaje para la zona de influencia de cultivos para cada humedal (si en el humedal del norte tiene una totalidad de zonas de influencia de 12'513.83 *ha* que representan al 100 %, entonces, 5'784.30 *ha* de cultivos representan un 46.22%).

**Cuadro 16. Zonas de cultivo con influencia a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en porcentajes.**

ZONA	SUPERFICIE (%)			
	Humedal norte	Humedal centro	Humedal sur	TOTAL
Cultivo	46.22	29.45	35.53	111.2

De esta manera se obtuvo un aproximado del porcentaje de áreas de cultivo que podrían distribuirse dentro de cada humedal si éstos se desecaran, de acuerdo a la proporción de zonas de cultivos que se encuentran alrededor de cada humedal. Ya que no son las mismas zonas de influencia ni la misma cantidad de hectáreas de cultivo para el humedal del norte, sur o centro.

CUARTO. Obtenido los porcentajes de zonas de cultivos que podrían instalarse en cada humedal, se distribuyeron en las 3'023 *ha* (según el Decreto de Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México) de los humedales. Para saber a cuantas hectáreas de cultivo le corresponde a cada humedal (si el humedal del sur tiene una totalidad 596 *ha* que representa a un 100%, y las zonas de cultivo representan a un 35.53 %, entonces, se tienen 211.75 *ha* de cultivos en el humedal del sur).

**Cuadro 17. Zonas de cultivo dentro de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en hectáreas.**

ZONA	SUPERFICIE (HA)			
	Humedal sur	Humedal centro	Humedal norte	TOTAL
Humedal	596	2'081	346	3'023
Cultivo	211.75	612.85	159.92	984.52

QUINTO. Se identificaron los tipos de cultivos que se llevan a cabo en las zonas aledañas a cada humedal. Para esto se consultó el Atlas Ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma, Tomo III, 1997 (Aguilar *et al*, 1997).

**Cuadro 18. Cultivos en zonas de influencia a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.**

CULTIVO	PRODUCCIÓN (T HA <sup>-1</sup> AÑO <sup>-1</sup> )			
	Humedal sur	Humedal centro	Humedal norte	TOTAL
Maíz	6	7	7	20
Trigo	2	2	5	9
Avena	6	3	5	14
Papa	5	5	30	40
Coliflor	5	7	30	42
Brócoli	5	7	30	42
Zanahoria	1	7	5	13
Betabel	5	5	5	15
TOTAL	35	43	117	195

Fuente: Atlas Ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma, Tomo III, 1997 (Aguilar *et al*, 1997).

SEXTO. Selección de los cultivos más representativos: maíz, trigo y papa.

Para saber la tendencia de como se encuentran distribuidos – en cantidad de hectáreas – los cultivos de maíz, trigo y papa alrededor de cada humedal, se obtuvo de la siguiente manera:

- A. Se obtuvo las sumatorias de cada humedal por el total de la producción de los diferentes cultivos por hectárea y por año (Cuadro 18).
- B. Para cada humedal se hizo la relación de toneladas totales producidas por hectárea y el área total de cultivos. Si para el humedal del sur se tienen 211.75 *ha* para cultivo y su total de cultivos (maíz, trigo, avena, papa, coliflor, brócoli, zanahoria y betabel) asciende a 35 toneladas por hectárea al año, entonces se tiene que para 6 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de maíz equivale a 36.3 *ha* de maíz dentro de la posible área seca del humedal del sur.

**Cuadro 19. Zonas de cultivo afectadas por inundación, en caso de establecer cultivos en las áreas que ocupaban los humedales.**

CULTIVO	SUPERFICIE COSECHADA, O SUPERFICIE ‘AFECTADA’ (HA)			
	Humedal sur	Humedal centro	Humedal norte	TOTAL
Maíz	36.3	99.76	9.56	145.62
Trigo	12.1	28.50	6.83	47.43
Papa	30.25	71.26	41	142.51
TOTAL	78.65	199.52	57.39	335.56

De esta manera se obtuvo un aproximado de hectáreas de cultivo que podrían distribuirse dentro de cada humedal si éstos se desecaran, de acuerdo a la proporción de zonas de cultivos que se encuentran alrededor de cada humedal.

SÉPTIMO. Se buscaron los valores económicos por hectárea de cada tipo de cultivo. Para esto se tomó el dato de superficie cosechada en hectáreas y su valor económico (valor de la producción agrícola nacional, en pesos), de acuerdo a INEGI, 2004, “El sector alimentario en México” (ver anexo 11).

**Cuadro 20. Valor económico de cultivos por hectáreas cosechadas en México para el año 2003.**

CULTIVO	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	VALOR (PARA EL AÑO 2003 EN PESOS, MONEDA NACIONAL)
Maíz	7'520'918	33'495'114'000
Trigo	604'659	3'850'858'000
Papa	65'344	7'273'885'000

INEGI, 2004. El sector alimentario en México.

Con estos datos se realizó una interpolación para poder saber el valor económico de una hectárea cosechada por cada tipo de cultivo (si el valor económico de 7'520'918 *ha* cosechadas de maíz es de 33'495'114'000 pesos, entonces una hectárea de maíz cosechada vale 4'453.5938 pesos para el año 2003). Después se actualizó el valor al año del 2005 por medio de la fórmula del Valor Actual Neto (VAN).

**Cuadro 21. Valor económico de cultivos por hectárea cosechada en México, 2003 y 2005.**

CULTIVO	VALOR (PARA EL AÑO 2003, \$ HA <sup>-1</sup> )	VALOR (PARA EL AÑO 2005, \$ HA <sup>-1</sup> )
Maíz	4'453.5938	5'586.5881
Trigo	6'368.6441	7'988.8271
Papa	111'316.8003	139'635.7943

INEGI, 2004. El sector alimentario en México.

OCTAVO. Se integró la información obtenida en el cuadro 19 y 21 de los pasos sexto y séptimo respectivamente, para poder obtener el valor económico (si se tiene que para el humedal del sur existe la perspectiva de tener 36.3 hectáreas de cultivo de maíz y el costo de una hectárea cosechada de maíz es de 5'586.5881 pesos para el año del 2005, entonces el valor de las hectáreas del cultivo de maíz es de 202'793.14 pesos), es decir, si se perdieran por inundaciones estas cosechas, entonces, estas estimaciones de daños representan una mediada de valor, este valor es la valoración económica del servicio ambiental de control de inundaciones.

**Cuadro 22. Valoración económica de las hectáreas 'afectadas' por cultivo.**

CULTIVO	DAÑOS PARA EL AÑO 2005 (\$)			
	Humedal sur	Humedal centro	Humedal norte	TOTAL
Maíz	202'793.14	557'318.02	53'407.78	813'518.94
Trigo	96'664.80	227'681.57	54'563.68	378'910.05
Papa	4'223'982.77	9'950'446.70	5'725'067.56	19'899'497.03
TOTAL	4'523'440.71	10'735'446.29	5'833'039.02	21'091'926.02





**Fotografía 27.** Áreas de cultivo dañadas por inundaciones.

## 7.2.5 Costos a través del método de costo de reemplazo

### 7.2.5.1 Biorremediación (para el tratamiento de aguas residuales)

El servicio ambiental de tratamiento de aguas incluye forzosamente a otros servicios, tales como la retención de sedimentos y nutrientes, por lo que la cuantificación de estos dos últimos no se llevó a cabo por separado, sino que mas bien, vienen incluidos en esta valoración.

El método de costo de reemplazo o también conocido como costos de reposición o de sustitución, obtiene el valor económico anual del servicio ambiental de biorremediación para el tratamiento de aguas residuales por medio de la siguiente formula:

$$CT_b = A_{FQ} + M + E_E$$

Donde:

- $CT_b$  = Costo total (o valor económico de biorremediación de aguas residuales, \$ año<sup>-1</sup>)  
 $A_{FQ}$  = Agentes físicos y químicos, (\$ año<sup>-1</sup>)  
 $M$  = Materiales, (\$ año<sup>-1</sup>)  
 $E_E$  = Energía eléctrica, (\$ año<sup>-1</sup>)

**Agentes físicos y químicos ( $A_{FQ}$ ).**- Se refiere a gastos por elementos requeridos para el tratamiento de agua. Los agentes físicos son sistemas (pueden incluir mecánicos) como los que se ocupan para el reposo del agua con el fin de la precipitación o sedimentación de materiales sólidos contaminantes. Y en los agentes químicos se incluyen a compuestos ocupados para la evaluación de calidad y para eliminar olores de agua contaminada, entre otros.

**Materiales (M).**- Tiene que ver con los gastos hechos por los materiales necesarios, no incluidos en los agentes físicos y químicos, para poder realizar el servicio de suministro de agua. En su mayor proporción figuran los gastos por materiales de administración, sin considerar las remuneraciones de los empleados.

**Energía eléctrica ( $E_E$ ).**- Es el pago que se hace a la Compañía de Luz y Fuerza por el acceso a la energía necesaria para llevar a cabo el suministro de agua. Aquí se incluye la energía eléctrica necesaria para la preparación y manutención de los agentes físicos y químicos, así como la energía eléctrica necesaria para las actividades de administración (en oficinas).

Para la cuantificación de este servicio ambiental no se tomó en consideración el volumen de agua tratado por los humedales, ya que no se ha calculado el volumen de agua total por cada humedal -mucho menos el volumen de agua tratado-. Aunque podría tomarse el volumen de recarga de mantos acuíferos, aun así la base de datos consultada tiene valores por gastos de diferentes variables por cantidad de organismos operadores (122 Estado de México) para el y por el periodo de un año, sin mencionar en momento alguno el volumen de agua tratado.

Por lo que se realizó una proporción de cada variable solicitada, con el objeto de saber cuanto es el monto del pago que realizan 3 organismos operadores, simulando que cada humedal funciona como un organismo operador que lleva a cabo las funciones del tratamiento de las aguas.

Los precios y variables utilizados para la valoración económica de este servicio ambiental fueron tomados conforme al cuadro AGNA 09 (ver anexo 5) de la base de datos del 1° Censo de captación, tratamiento y suministro de agua, censos económicos 1999, (INEGI, 2001). Donde se manifiesta, entre otros valores, gastos de organismos operadores que proporcionan el servicio de suministro de agua, en el Estado de México para el año 1998, después se actualizó el valor económico para el año 2005 conforme a la formula del Valor Actual Neto (VAN).

La base de datos cita un cuadro, AGNA 09 (Cuadro 23) sobre los gastos para el servicio de suministro de agua, en parte señala lo siguiente (ver anexo 5):

**Cuadro 23. Gastos para el servicio de suministro de agua.**

	VALORES ECONÓMICOS PARA 122 ORGANISMOS OPERADORES EN EL ESTADO DE MÉXICO, 1998. (MILES DE PESOS)
Agentes físicos y químicos, reactivos e insumos similares	15'080
Materiales y suministros	84'181
Energía eléctrica	120'127
Total	219'388

INEGI, 2001. 1° Censo de captación, tratamiento y suministro de agua, censos económicos 1999.

Estos valores económicos se proporcionaron para 3 organismos operadores, simulando el que se tratara de los tres humedales, obteniendo los siguientes resultados, junto con la actualización monetaria para el año del 2005 a través de la formula del Valor Actual Neto (VAN), cuadro 24:

**Cuadro 24. Valoración económica del servicio ambiental de biorremediación por tratamiento de aguas residuales, por el método de costos de reemplazo.**

	VALORES ECONÓMICOS PARA 3 ORGANISMOS OPERADORES	
	Para el año 1998 (miles de pesos)	Para el año 2005 (miles de pesos)
Agentes físicos y químicos, reactivos e insumos similares	370.8196	819.7639
Materiales y suministros	2'070.0245	4'576.1646
Energía eléctrica	2'953.9426	6'530.2259
<b>Total</b>	<b>5'394.7867</b>	<b>11'926.1544</b>

INEGI, 2001. 1° Censo de captación, tratamiento y suministro de agua, censos económicos 1999.

Sustituyendo los valores en la formula  $CT_b = A_{FQ} + M + E_E$

$$CT_b = 819.7639 + 4576.1646 + 6530.2259$$

$$CT_b = 11'926.1544 \text{ miles de pesos}$$

Al multiplicarlo por 1000 se obtiene el valor económico en pesos.

$$CT_b = 11'926'154.4 \text{ pesos}$$

## 7.2.6 Mercados contruidos a través del método de valoración contingente

### 7.2.6.1 Conservación de la biodiversidad

Para la valoración económica de este servicio ambiental se siguieron los modelos establecidos por Echeverría (2005), Barry (1995) y de acuerdo a las recomendaciones de la National Oceanic and Atmospheric Administration (Kenneth *et al*, 2001) y Pérez (1998) para la aplicación de encuestas.

Este método obtiene el valor económico anual del servicio ambiental de conservación de la biodiversidad por medio de la siguiente formula:

$CT_{cb} = [(\sum Tv) * P_{dc}] / E$
--------------------------------------

Donde:

$CT_{cb}$  = Costo total (o valor económico de la conservación de la biodiversidad, \$ año<sup>-1</sup>)

$\sum Tv$  = Sumatoria de las tasas de visitación

$P_{dc}$  = Promedio de la disposición a contribuir, (\$ año<sup>-1</sup>)

$E$  = Número de entrevistas

**Sumatoria de las tasas de visitación ( $\sum Tv$ ).**- Se refiere a la suma de todas las tasas de visitación obtenidas de cada lugar de procedencia. Cada tasa de visitación se obtiene de dividir el: *Número de visitas al sitio* (por

lugar de procedencia); entre el *Total de la población* que corresponda al lugar de procedencia; después este último valor se multiplica por 1000 para obtener la Tasa de visitación (Tv) por cada 1000 habitantes de acuerdo a la población de la zona de procedencia (Cuadro 5).

**Promedio de la disposición a contribuir** ( $P_{dc}$ ).- Es la cantidad monetaria obtenida por un promedio ponderado, que la personas de diferentes lugares de procedencia estarían dispuestas a donar anualmente para la conservación de un área recreativa en común que visitan.

**Número de entrevistas** (E).- Es el número de las personas entrevistadas, se debe de incluir también a las personas que no tienen la disponibilidad o no quieren cooperar monetariamente a la conservación de ese lugar.

Las variables utilizadas fueron tomadas directamente de la información sobre el dinero que los visitantes (en este caso turistas nacionales) estarían dispuestos a contribuir anualmente para la conservación del lugar de recreación así como de su propia satisfacción.

Antes de llegar a hablar de números se les explicó de manera sencilla la importancia ecológica del lugar y del como se realizarían los pagos, como también la manera en que estos ingresos serían administrados, incluyendo el nuevo panorama de este lugar con sus ingresos. Después de darles esta información se tomó un referéndum, escogiendo cantidades aleatoriamente entre 100 y 1000 pesos por cada entrevistado hasta llegar a lo más que estaría dispuesto a contribuir.

La encuesta se realizó en el humedal del sur, en Almoloya del Río (Laguna Chignahuapan) ya que esta área es la que más visitan con fines recreacionales. Se aplicó personalmente, lo que quiere decir que el encuestador preguntó uno a uno cada reactivo del cuestionario y por ningún motivo se dejó el cuestionario al informante para que él no lo contestará por sí solo. Las letras en cursivas sirvieron para guiar al encuestador y no se le dio lectura frente al informante (ver anexo 1). Además se repartió a cada entrevistado un tríptico con información general sobre la importancia de los humedales (ver anexo 14).

Los resultados obtenidos son los siguientes (Cuadro 25):

---

**Cuadro 25. Disposición a pagar para la conservación de la laguna Chignahuapan (humedal del sur).**

Número de personas entrevistadas	Contribución anual para la conservación (\$)
6	0
1	20
2	50
4	100
3	200
1	300
1	400
5	500
1	600
3	800
4	1000
1	5000
1	6000
2	10000
SUMA	42'320.00
Promedio	3'022.85
TOTAL (promedio ponderado para 35 personas)	1'209.14

$$\begin{aligned} \sum T_v &= 205 \\ P_{dc} &= 1'209.14 \text{ \$ año}^{-1} \\ E &= 35 \end{aligned}$$

Sustituyendo valores en la formula:

$$CT_{cb} = [(\sum T_v) * P_{dc}] / E$$

$$CT_{cb} = [(205) * 1'209.14 \text{ \$ año}^{-1}] / 35$$

$$CT_{cb} = 7'082.10 \text{ \$ año}^{-1}$$

### 7.2.7 Indicadores económicos ambientales para los humedales del Área Natural Protegida “Ciéneas del Lerma”, Estado de México

A partir de los resultados obtenidos en las secciones 7.2.1 a 7.2.6 se compusieron las cuentas ambientales para la valoración económica de servicios ambientales que suministran los humedales (Cuadro 26 al 28).

**Cuadro 26. Valoración económica total de servicios ambientales suministrados por los humedales del Área Natural Protegida “Ciéneas del Lerma”, Estado de México.**

SERVICIO AMBIENTAL	MÉTODO DE VALORACIÓN	VALOR ECONÓMICO PARA EL AÑO 2005 (3'023 HA) <sup>§</sup>	
		Pesos (Moneda Nacional)	Salarios Mínimos <sup>1</sup>
Recreación	Mercados sustitutos: costo de viaje <sup>2 3 4 5</sup>	10'829.66	245.84
Caza de patos	Precios de mercado <sup>6</sup>	195'000.00	4'426.78
Captura de carbono en los humedales	Precios de mercado <sup>6 7 6</sup>	25'695.00	583.31
Captura de carbono en la cuenca Alta del Lerma	Precios de mercado <sup>8 9 10 6</sup>	1'089'338.00	24'729.58
Regulación de metano en los humedales	Bien afín: enfoque del sucedáneo directo <sup>7 11 8 9 10 11 6 17</sup>	140'290.50	3'184.80
Regulación de metano en la cuenca Alta del Lerma	Bien afín: enfoque del sucedáneo directo <sup>7 12 8 9 10 11 6 17</sup>	5'947'777.50	135'023.32
Biorremediación (tratamiento de aguas residuales, incluye el servicio de retención de nutrimentos y sedimentos )	Costos: reemplazo <sup>12 6</sup>	11'926'154.40	270'741.30
Recarga de mantos acuíferos	Bien afín: enfoque del sucedáneo directo <sup>13 14 15 16</sup>	1.47	0.03
Control de inundaciones (cultivos: maíz, trigo y papa)	Costos: daños evitados <sup>17 18 19 6</sup>	21'091'926.02	478'817.84
Conservación de la biodiversidad	Mercados construidos: valoración contingente <sup>3 6</sup>	7'082.10	160.77
<b>TOTAL</b>		<b>40'434'094.65</b>	<b>917'913.61</b>
<sup>§</sup> El cálculo fue realizado bajo el supuesto que los tres humedales son similares en cuanto a calidad ambiental y por lo tanto presentan el mismo nivel de eficiencia para proporcionar servicios ambientales.			

<sup>1</sup> El salario mínimo tabulado corresponde a los salarios mínimos para Toluca. Un salario mínimo para Toluca, Estado de México equivale a 44.05 pesos por día, de acuerdo al área C, según el Consejo de representantes de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CNSM) vigente a partir del 2005. Para el Distrito Federal (área A), el salario mínimo es de 46.8 pesos por día (SAT, 2005).

<sup>2</sup> Echeverría, 2005.

<sup>3</sup> Kenneth , *et al* 2001.

<sup>4</sup> Pérez, 1998.

<sup>5</sup> Radoslav, 2002.

<sup>6</sup> Diario Oficial de la Federación, Miércoles 24 de noviembre de 2004 (Segunda Sección).

<sup>7</sup> Bergkamp y Orlando, 1999.

<sup>8</sup> Holdrige, 1967.

<sup>9</sup> Tosi, 1997.

<sup>10</sup> SMN, 2005.

<sup>11</sup> Cubillos y Wellenstein, 2005.

<sup>12</sup> INEGI, 2001.

<sup>13</sup> López-Geta, *et al* 2005.

<sup>14</sup> CNA, 2005.

<sup>15</sup> DGCOS, 1992.

<sup>16</sup> Barbier, *et al* 1997.

<sup>17</sup> García, 2004.

<sup>18</sup> Aguilar, *et al* 1997.

<sup>19</sup> INEGI, 2004.

El cuadro 26 muestra el monto económico para el año 2005 y también se pasó a su precio sombra, por medio del número de salarios mínimos equivalentes ya que sólo así se puede ajustar el precio y eliminar distorsiones causadas por políticas o por imperfecciones de mercado de forma que se refleje el verdadero valor económico a través del tiempo.

Después, se distribuyó el valor económico para cada uno de los humedales, de acuerdo a su proporción en hectáreas, para obtener el precio – por decirlo así – de cada humedal (Cuadro 27 y 28).

**Cuadro 27. Valoración económica total de servicios ambientales, por cada humedal del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en pesos, para el año 2005.**

SERVICIO AMBIENTAL	VALOR ECONÓMICO PARA EL AÑO 2005 (PESOS, MONEDA NACIONAL)			TOTAL (3'023 HA) §
	Humedal Sur (596 ha)	Humedal Centro (2'081 ha)	Humedal Norte (346 ha)	
Recreación	2'135.12	7'455.01	1'239.51	10'829.66
Caza de patos	38'445.25	134'235.85	22'318.88	195'000.00
Captura de carbono en los humedales	5'065.90	17'688.15	2'940.94	25'695.00
Captura de carbono en la cuenca Alta del Lerma	214'768.59	749'888.31	124'681.09	1'089'338.00
Regulación de metano en los humedales	27'658.99	96'574.43	16'057.06	140'290.50
Regulación de metano en la cuenca Alta del Lerma	1'172'634.92	4'094'384.71	680'757.86	5'947'777.50
Biorremediación (tratamiento de aguas residuales, incluye el servicio de retención de nutrientes y sedimentos )	2'351'302.68	8'209'833.71	1'365'018.00	11'926'154.40
Recarga de mantos acuíferos	0.28	1.01	0.16	1.47
Control de inundaciones (cultivos: maíz, trigo y papa)	4'523'440.71	10'735'446.29	5'833'039.02	21'091'926.02
Conservación de la biodiversidad	1'396.27	4'875.23	810.58	7'082.10
<b>TOTAL</b>	<b>8'336'848.75</b>	<b>24'050'382.75</b>	<b>8'046'863.15</b>	<b>40'434'094.65</b>

§ El cálculo fue realizado bajo el supuesto que los tres humedales son similares en cuanto a calidad ambiental y por lo tanto presentan el mismo nivel de eficiencia para proporcionar servicios ambientales.

**Cuadro 28. Valoración económica total de servicios ambientales, por cada humedal del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, en precio sombra (número de salarios mínimos).**

SERVICIO AMBIENTAL	VALOR ECONÓMICO PARA UN AÑO (NÚMERO DE SALARIOS MÍNIMOS <sup>20</sup> )			TOTAL (3'023 HA) <sup>§</sup>
	Humedal Sur (596 ha)	Humedal Centro (2'081 ha)	Humedal Norte (346 ha)	
Recreación	48.47	169.23	28.13	245.84
Caza de patos	872.76	3'047.35	506.67	4'426.78
Captura de carbono en los humedales	115.00	401.54	66.76	583.31
Captura de carbono en la cuenca Alta del Lerma	4'875.56	17'023.57	2'830.44	24'729.58
Regulación de metano en los humedales	627.89	2'192.38	364.51	3'184.80
Regulación de metano en la cuenca Alta del Lerma	26'620.54	92'948.57	15'454.20	135'023.32
Biorremediación (tratamiento de aguas residuales, incluye el servicio de retención de nutrimentos y sedimentos )	53'378.04	186'375.34	30'987.92	270'741.30
Recarga de mantos acuíferos	0.00	0.02	0.00	0.03
Control de inundaciones (cultivos: maíz, trigo y papa)	102'688.77	243'710.47	132'418.59	478'817.84
Conservación de la biodiversidad	31.69	110.67	18.40	160.77
<b>TOTAL</b>	<b>189'258.76</b>	<b>545'979.17</b>	<b>182'675.66</b>	<b>917'913.61</b>

<sup>§</sup> El cálculo fue realizado bajo el supuesto que los tres humedales son similares en cuanto a calidad ambiental y por lo tanto presentan el mismo nivel de eficiencia para proporcionar servicios ambientales.

### 7.3 RELACIÓN ENTRE LOS SERVICIOS AMBIENTALES CUANTIFICADOS CON LOS ACTUALES PROGRAMAS DE PAGO

En este trabajo se citó el marco legal internacional y nacional que han hecho posible la implementación de mecanismos para la protección del medio ambiente, entre estos mecanismos están los programas de pago por servicios ambientales.

El mecanismo para el pago y cobro por servicios ambientales en México, se muestra en la figura 16, el cual señala al Ejecutivo Federal como principal patrocinador de dichos programas, ya que suministra recursos financieros a la Comisión Nacional Forestal y al Fondo Forestal Mexicano.

<sup>20</sup> El salario mínimo tabulado corresponde a los salarios mínimos para Toluca. Un salario mínimo para Toluca, Estado de México equivale a 44.05 pesos por día, de acuerdo al área C, según el Consejo de representantes de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CNSM) vigente a partir del 2005. Para el Distrito Federal (área A), el salario mínimo es de 46.8 pesos por día (SAT, 2005).





**Figura 16.** Mecanismo para el pago y cobro por servicios ambientales en México (Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004).

La Comisión Nacional Forestal es la que se encarga de diseñar los programas de pago por servicios ambientales, evaluar proyectos y determinar montos que serán asignados a los participantes de estos programas (beneficiarios), así como la revisión periódica de sus reglas de operación. Y el Fondo Forestal Mexicano es quien se encarga de promover la conservación, impulsando proyectos que contribuyan a la integración y competitividad de la cadena productiva, y desarrollando los mecanismos de cobro y pago de bienes y servicios ambientales. (Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004).

Ambas instituciones inciden directamente sobre los beneficiarios (los ejidos, comunidades, pequeños propietarios, legítimos poseedores de recursos forestales y las asociaciones que se formen entre sí, que reciban los pagos del programa de pago por servicios ambientales con base en las Reglas de Operación establecidas por dicho programa).

A su vez los beneficiarios, al tener conocimiento de los anteriores mecanismos, presentan sus proyectos para poner en oferta sus servicios ambientales. Si son aceptados, se les hace también cobros a los demandantes, donde puede ser la misma Comisión Nacional Forestal, hasta a turistas o empresas interesadas en el cuidado del medio ambiente. Así de esta manera, los propietarios de recursos naturales que hacen posible los servicios ambientales por mantener en buen estado sus ecosistemas, reciben incentivos económicos, aunque también no se descarta la idea de recibir incentivos en especie como alimentos, materiales para construcción de casas o escuelas o pavimentación de sus caminos, o la adquisición de diferentes bienes, servicios o derechos.

Algunos programas gubernamentales de subsidio actúan ya en el campo: PRONARE (Programa Nacional de Reforestación), Empleo Rural, PRODEFOR, éstos como una etapa de arranque de los proyectos de pago por servicios ambientales. Por ejemplo, los subsidios transferidos para el pago de jornales y el suministro de plantas y alambre en las reforestaciones han sido importantes para el proyecto de captura de carbono del Fondo BioClimático.

Para el 3 de octubre de 2003 se publicó en el Diario Oficial de la Federación un Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos por el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos. Y para el 24 de noviembre de 2004 publicó el Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales. Ambos programas a cargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

Una de las posibles limitaciones para poder hacer valer el cobro y pago de estos programas para el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, y específicamente para sus humedales es que en las reglas de operación de estos programas se especifica que son para promover la conservación, incremento, aprovechamiento sustentable y restauración de los *recursos forestales, agrícolas y agroforestales*. Aunque también hace referencia a sus recursos asociados, aquí es donde se podrían incluir a los humedales naturales, como un recurso principal asociado para la manutención de recursos forestales, agrícolas y agroforestales, pero esto depende del Comité Técnico del Programa de la CONAFOR.

Otras de las viables restricciones se encuentran en el programa para el otorgamiento de pagos del programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono, ya que dentro de sus criterios se encuentra que los proyectos deberán demostrar un potencial de captura anual adicional de entre 4'000 y 8'000 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (*e*), o hasta 40'000 toneladas de captura distribuida en un periodo de cinco años. En este trabajo se obtuvo un total de 513.91 toneladas de carbono almacenado para los tres humedales en un año, por lo que por esta cantidad no entraría al programa.

Por otro lado, en lo que concierne a la captura de carbono en el curso Alto de la cuenca atribuido a los humedales se cuantificó 21'786.76 toneladas de carbono almacenado anualmente, que es un dato que sobrepasa la cantidad estipulada en las reglas de operación.

Para los servicios ambientales hidrológicos que enmarca el Acuerdo del 3 de octubre de 2003, se podrían tomar los valorados en este trabajo, tal es el caso del servicio ambiental de biorremediación (el mantenimiento de la calidad de agua), recarga de mantos acuíferos (capacidad de recarga de los mantos acuíferos) y el control de inundaciones (reducción del riesgo de inundaciones). El problema sería que especifica que sólo este programa es para los *recursos forestales, bosques y selvas* (con un monto para bosque mesófilo de montaña (bosque nublado) de \$400 pesos ha<sup>-1</sup> y para otros bosques o selvas \$300 pesos ha<sup>-1</sup>). Y dado que los humedales son diferentes ecosistemas no entran en este programa, a pesar de brindar los mismos servicios ambientales. El Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos promueve la conservación, incremento, aprovechamiento sustentable y restauración de los recursos forestales, agrícolas y agroforestales, haciendo también referencia a sus recursos asociados, aquí es donde se podrían incluir a los humedales naturales, como un recurso principal asociado para la manutención de recursos forestales, agrícolas y agroforestales, pero esto depende del Comité Técnico del Programa de la CONAFOR.

Un tipo de incentivo que ya se ocupa en las zonas aledañas a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, es que no pagan impuestos sobre el consumo de agua ya que se llegó a un Acuerdo de que se estaría extrayendo agua de sus mantos acuíferos cercanos a estos humedales para abastecer de este recurso a la ciudad de México.

De hecho hay otros servicios ambientales que no tienen programas de retribución económica, tal es el caso del servicio ambiental de la recreación, la caza deportiva de patos y la regulación del metano, que aunque para los primeros dos si hay un cobro para los demandantes, estos ingresos no se distribuyen equitativamente para las personas que hacen posible la manutención del lugar ni mucho menos se destinan a obras de conservación de estas zonas. Ante esta situación cabe mencionar que es necesaria una revaloración de los servicios ambientales que brindan los humedales y lo que se esta haciendo gubernamentalmente para proteger estos ecosistemas. Esto depende del Consejo de cuenca Lerma Chapala, Ejecutivo Federal y de la propia Convención de Ramsar.

Por si fuera poco, el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, no cuenta con un Plan de Manejo y hace falta una mejor coordinación del Consejo de cuenca de esta región (Consejo de cuenca Lerma Chapala, instalado a partir del 28 de enero de 1993, cuya región administrativa es la VIII Lerma-Santiago-Pacífico) para estar familiarizado con programas de manejo sustentable y así poder acceder a incentivos económicos y a la protección de sus recursos naturales. El Consejo de cuenca debe de hacer una solicitud al Ejecutivo Federal (si estuviera dentro de sus atribuciones) para formular e instalar un Comité Técnico para la elaboración de un Plan de Manejo para esta Área Natural Protegida.

## **8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Las variables utilizadas en este trabajo, para establecer el valor económico de los servicios ambientales de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, son independientes de cada método utilizado. Algunas se basan en métodos ya elaborados y con claros ejemplos de aplicación, mientras que otras son propuestas, pero respetando las bases teóricas de valoración, como opción emergente para contar con información necesaria para la cuantificación de servicios ambientales proporcionados por humedales.

El cálculo fue realizado para los tres humedales en conjunto, bajo el supuesto que son similares en cuanto a calidad ambiental y por lo tanto presentan el mismo nivel en eficiencia para suministrar servicios ambientales. Sin embargo, de acuerdo a Mariaca y colaboradores (2005) estos tres humedales “presentan diferente calidad física, química y biológica” (evaluada con parámetros de calidad del agua: pH, conductividad eléctrica, sólidos sedimentables, O<sub>2</sub> disuelto, temperatura, profundidad y transparencia, color, grasas y aceites, fenoles, sustancias activas al azul de metileno, DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes totales y coliformes fecales, nitratos, fósforo total y metales pesados: Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Cr<sup>6+</sup>).

En conformidad con su investigación los humedales norte (laguna Chiconahuapan) y sur (laguna Chignahuapan) presentan una calidad buena del agua y el del centro (laguna Chimaloapan) está altamente impactado. Este impacto hace que los servicios ambientales disminuyan y que se tenga un mayor costo económico para recuperarlos. Desde un punto de vista económico sobre la oferta y la demanda, si escasean o disminuyen, entonces debe aumentar su precio para tratar de mantenerlo constante y ofrecerlo así a altos demandantes y en el mejor de los casos, con ese monto económico invertir para su protección y recuperación. Por lo que la valoración económica obtenida de servicios ambientales para el humedal del centro debería ser mayor a la calculada en este trabajo.

En cuanto a otros trabajos realizados sobre valoración económica se muestra el siguiente cuadro (Cuadro 29) de lo que se ha hecho alrededor del mundo.

**Cuadro 29. Principales trabajos de valoración económica de servicios ambientales, realizados alrededor del mundo (1979-2002).**

Ecosistema	Servicio ambiental evaluado	Métodos de valoración ocupado	Año de evaluación	Lugar	Resultado de la valoración	autor
Humedales costeros	Amenidad	N.E.	1979	Estados Unidos de América	Entre 1'992 y 23'848 dólares	Shabman y Bertelson
Manglar	Filtrado de nutrientes	Costos: reemplazo	1989	Fiji	106'000 dólares por hectárea	Lal
Recursos naturales	Investigación y educación	N.E.	1990	Tailandia	Entre 38'000 y 77'000 dólares por hectárea, para ese año	Dixon y Sherman
Tierras bajas, humedales y pantanos	Valor de existencia	N.E.	1990	Escocia y Reino Unido	300 dólares por hectárea	Barbier y colaboradores
Humedales	Recreación y amenidad	N.E.	1993	Estados Unidos de América	Entre 101 y 210 dólares por visitante	Bateman y colaboradores
Manglares	Filtrado de aguas residuales. Hábitat crítico de especies en peligro de extinción.	Precios de mercado. Costos: oportunidad. Valoración contingente.	1995	México, Campeche	7'530.40 pesos. (Moneda Nacional) para una hectárea	Lara-Domínguez y colaboradores
Humedales	Control de inundaciones.	Costos: daños evitados.	1997	Melaleuca de Viet Nam y Tailandia	17 millones de dólares anuales	Barbier, Ramsar y Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos
Pantanos	Tratamiento de detritos, la purificación del agua y otra serie de funciones.	Costos: reemplazo.	1997	Melaleuca de Viet Nam y Tailandia	400'000 dólares por hectárea	Barbier y Ramsar
Ecosistemas	Diversos servicios N.E.	N.E.	1997	Mundo	33 trillones de dólares	Barbier y Ramsar
Humedales	Diversos servicios N.E.	N.E.	1997	Mundo	4.9 trillones de dólares	Barbier y Ramsar
Bosque	Turismo	Valoración contingente. Costo de viaje.	1997	México, Michoacán	Entre los 579.77 pesos y los 1'711.85 pesos (Moneda Nacional) por visitante	Pérez
Bosque Nuboso	Turismo y captura de carbono.	Costo de viaje. Valoración contingente.	2000	Costa Rica	Entre los 76 y 102 dólares por hectárea y por año.	Herrador y Dimas
Lago	Diversos, incluyendo al valor de existencia	Diferentes métodos N.E. incluyendo valoración contingente.	2000	Guatemala	63 millones de dólares anuales.	Herrador y Dimas
Bosque	Captación de Agua	Costos: oportunidad.	2002	Corredor Biológico Mesoamericano	40'265 dólares anuales	Radoslav
Humedales	Diversos servicios N.E.	N.E.	2004	Mundo	3.4 billones de dólares anuales	CIUP y Ramsar

N.E. = No especificado

Resulta importante destacar que apenas se han realizado dos trabajos de valoración económica de servicios ambientales para México (Campeche y Michoacán) reportados en literatura estandarizada en un periodo de 23 años (1979-2002).

Los trabajos donde se ha realizado valoración económica de servicios ambientales, sólo presentan de uno a máximo tres métodos de valoración, para evaluar de uno a dos servicios ambientales, de los cuales los más utilizados son el método de valoración contingente y del método del costo de viaje. Los servicios ambientales que más se han evaluado son los de turismo, biorremediación (para el tratamiento de aguas) y valor de existencia de los recursos naturales. Los resultados obtenidos están dados generalmente en unidades monetarias por año, aunque existen otros proporcionados en hectáreas o por visitante. Los ecosistemas que se han evaluado son bosques y humedales. Hasta el momento el valor más alto lo ha presentado Barbier y colaboradores (1997) junto con Ramsar para la cuantificación del servicio de tratamiento de detritos, la purificación del agua y otra serie de funciones en los pantanos de Melaleuca de Viet Nam y Tailandia con una cifra de US \$ 400'000 dólares americanos por hectárea.

Para la cuantificación de ocho servicios ambientales que suministran los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, (recreación, caza de patos, captura de carbono, regulación de metano, biorremediación, recarga de acuíferos, control de inundaciones y conservación de la biodiversidad) se ocuparon seis métodos de valoración económica (costos de reemplazo y el de daños evitados, mercados sustitutos a través del costo de viaje, precios de mercado, bien afín a través del enfoque del sucedáneo directo, y mercados construidos a través del método de valoración contingente). Los resultados obtenidos están dados para el año 2005 para los tres humedales en conjunto, también se desglosa su valor económico por cada humedal en pesos (Moneda Nacional) y salarios mínimos (para Toluca, Estado de México). Este último, también conocido como precio sombra se determinó con la finalidad de que al pasar los años se puedan seguir ocupando estos resultados, ajustándolos únicamente con el valor del salario mínimo correspondiente para el año que se trate.

El valor más alto calculado lo ocupa el servicio ambiental de control de inundaciones, calculado con el método de los costos a daños evitados para los cultivos de maíz, trigo y papa, obteniendo una cifra de \$ 21'091'926.02 pesos. El siguiente valor en orden decreciente es la cantidad de \$ 11'926'154.40 pesos, obtenido por el servicio ambiental de biorremediación que trata sobre el tratamiento de aguas residuales, incluyendo la retención de nutrimentos y sedimentos, calculándose a través del método de costos de reemplazo. Y el valor más pequeño es el que se obtuvo por medio del método de bien afín con el enfoque de sucedáneo directo, el cual evaluó el servicio de recarga de mantos acuíferos obteniendo una cantidad de \$ 1.47 pesos. El siguiente valor en orden creciente es la cantidad de \$ 7'082.10 pesos, obtenido por el servicio ambiental de conservación de la biodiversidad, calculándose a través del método de valoración contingente.

Para poder cruzar la información y realizar el análisis de resultados, fue necesario obtener equivalencias necesarias para ajustar las unidades obtenidas de este trabajo y así poder hacer la comparación de los resultados con trabajos anteriores.

Los resultados que pudieron compararse fueron los obtenidos por la valoración económica de servicios ambientales de recreación, biorremediación (tratamiento de aguas residuales, incluye el servicio de retención de nutrimentos y sedimentos), control de inundaciones (daños evitados a cultivos de maíz, trigo y papa) y conservación de la biodiversidad. Los métodos utilizados de valoración económica en los trabajos previos, son los mismos para este trabajo, salvo aquéllos que no están especificados. Sin embargo, se aprecia que los resultados obtenidos en este trabajo son menores a los anteriores, por lo que no fue necesario actualizar sus resultados al año del 2005 para su comparación. Una excepción se encuentra en la valoración del servicio ambiental de recreación, ya que sus resultados son similares, aunque también un poco menores (Cuadro 30).

Esta aparente infravaloración de los servicios ambientales evaluados en este trabajo se puede justificar, ya que los resultados de las valoraciones por Bateman *et al* y Barbier *et al*, son estimaciones del valor de uso directo para recursos naturales en países desarrollados.

**Cuadro 30. Comparación de resultados con los principales trabajos de valoración económica de servicios ambientales, realizados alrededor del mundo (1979-2002).**

SERVICIO AMBIENTAL	RESULTADOS PARA TIERRAS BAJAS, MANGLARES, HUMEDALES Y PANTANOS					
	Otros trabajos				Tesis (García, 2005)	
	Método	Valor	Autor	Año	Método	Valor
Recreación	N.E.	Entre 101 y 210 dólares por visitante	Bateman <i>et al</i>	1993	Costo de Viaje	Entre 0.1451 y 132.6305 dólares por visitante
Biorremediación (tratamiento de aguas residuales, incluye el servicio de retención de nutrimentos y sedimentos )	Costos de Reemplazo	106'000 dólares ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Lal	1989	Costos de Reemplazo	370.8952 dólares ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
		400'000 dólares ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Barbier y Ramsar	1997		
Control de inundaciones	Costos de los Daños evitados	17'000'000 dólares ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Barbier, Ramsar y Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos	1997	Costos de los Daños evitados a cultivos de maíz, trigo y papa	1'982'920.24 dólares ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
Conservación de la biodiversidad	N.E. (para el valor de existencia)	300 dólares ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Barbier <i>et al</i>	1990	Valoración Contingente	0.2202 dólares ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>

1 dólar americano equivale a 10.6368 pesos mexicanos, para el 14 de diciembre del 2005.  
N.E. = No especificado

Por otro lado, Lal, Barbier y Ramsar, es posible que hayan sido demasiado minuciosos para tratar de abarcar una mayor cantidad de variables para la valoración de un servicio ambiental, o que hayan tenido motivos de fuerza mayor, para la selección de variables que arrojarán resultados elevados. Cabe mencionar que los resultados obtenidos en este trabajo de valoración económica de servicios ambientales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, fueron determinados, seleccionando las variables mínimas necesarias y en caso de utilizar cantidades monetarias ya establecidas, se eligieron las menores, para no sobreestimar los recursos valorados y así poder ganar la credibilidad de los resultados obtenidos.

En la cuantificación del servicio ambiental de recreación sólo se tomó en consideración la cantidad monetaria calculada por el método de costo de viaje, para el humedal del sur, en Almoloya del Río (Laguna Chignahuapan) y se distribuyó ese valor obtenido para los tres humedales (de a cuerdo a la cantidad de hectáreas). Esto se debe a que la laguna de Chignahuapan es la más frecuentemente visitada para fines recreacionales y los otros dos humedales (lagunas de Chimaloapan y Chiconahuapan) son áreas más escondidas y de difícil acceso natural para las personas.

En el método para el cálculo del servicio ambiental de recarga de mantos acuíferos se aplicó el método APLIS (Altitud, Pendiente Litología, zonas de Infiltración preferente y Suelo; López-Geta *et al*, 2005) para obtener el agua que ingresa a los mantos acuíferos en las zonas aledañas a los humedales, sin tomar en consideración a la CCRECEL (Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la cuenca del Río Lerma, 1993). Otra decisión para la elección de este método es la que sólo se encuentran datos para Almoloya del Río de parte de la CCRECEL.

Para el servicio ambiental de recreación, se obtuvo los valores de la demanda y del precio máximo de acuerdo al método de mercados sustitutos a través del costo de viaje. Estos valores son necesarios para explicar con precisión o para predecir conductas futuras a través de regresiones lineales (por medio del método de los mínimos cuadrados). En este caso, la demanda obtenida fue de  $-4.8701$  lo que quiere decir, que esa es la cantidad en pesos que una persona que visita el lugar está en disposición a pagar y así tener acceso. En otras palabras, el valor que representa la relación entre el costo total por año (la cantidad consumida) y la tasa de visitación (los factores que determinan cuanto se consume), es de  $-4.8701$  (la pendiente). Su valor es negativo porque los visitantes buscan lugares menos costosos cuando los precios aumentan. Y en cuanto al precio máximo, \$ 657.0875 pesos (Moneda Nacional), representa la cantidad más alta que desembolsa un visitante para poder llegar al área de recreación. Esa cantidad es la que invierte un menor número de personas, ya que son pocas las personas que vienen a este lugar desde sitios lejanos.

El sistema de pago por servicios ambientales debe estar relacionado con diversas alternativas para las personas que poseen el recurso del cual proporciona el servicio, para así no depender absolutamente del pago por servicios ambientales. El pago por servicios ambientales debe formar parte de una propuesta más grande para poder incidir en la pobreza, medio ambiente, seguridad alimentaria, y resolución de conflictos en el espacio de cuencas hidrográficas. El beneficio de usar instrumentos económicos variará de acuerdo con el tipo de problema que se presente, lugar en donde se aplique y sector económico que lo lleve a cabo. Al hacerlo, se debe reconocer la dificultad de monitorear la contaminación. Para aplicarlos, cada tipo de empresa debe contar con políticas básicas al respecto.

Se debe admitir que hay muchas barreras para utilizar los mecanismos económicos. Una de las más importantes es que a nadie le gusta pagar por algo que antes no pagaba. Se debe empezar por los casos más importantes, en donde se perciban respuestas mayores.

Los mecanismos económicos deben distinguirse de entre las políticas que tienen como objetivo primordial incrementar ingresos y las que se abocan a la conducta de quienes utilizan los recursos naturales y los contaminan. Además, estos mecanismos cooperan con políticas y medidas que ponen un precio a la contaminación o a los recursos naturales utilizados, para que con ese precio y con los mecanismos de mercado se provoque una modificación en la conducta de los contaminadores y usuarios. Dada la experiencia mundial, es recomendable utilizarlos ya que se ha comprobado que hay reducciones substanciales de la contaminación y ahorro en los costos ambientales. Además, el uso de mecanismos económicos da una señal muy clara a los nuevos inversionistas sobre el costo de la contaminación, al tener estas repercusiones en los costos de producción. Esto define el tipo de equipo que se debe instalar para controlar emisiones o descargas. Es más barato hacer estas inversiones antes de que la planta empiece a operar que hacer ajustes y modificaciones en el tiempo.

Por otro lado, se vislumbran lineamientos de política institucional para el pago de servicios ambientales basados en la biodiversidad, por parte de FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido) dentro de los planes rectores para el manejo de microcuencas, y de la Secretaría de Economía, que incorpora el criterio para la inversión en proyectos ecoturísticos, como contraparte, el valor de los recursos naturales hasta en un 70%.

El principio básico es que las personas que se benefician, como los visitantes o grandes industrias situadas en los alrededores del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, así como los que reciben el suministro de agua proveniente de estos lugares, deberían compensar por la provisión de servicios ambientales a quienes posibilitan que se generen tales beneficios, en este caso a los ejidatarios, dueños de estas zonas naturales. Se asume que si los propietarios, usufructuarios o administradores del recurso no son compensados, tendrán pocos incentivos para mantener las prácticas que permiten generar servicios ambientales.



Aunque se hayan establecido programas de pago por servicios ambientales hidrológicos, captura de carbono y los derivados de la biodiversidad por Decreto Federal, aún se tienen muchas restricciones para poder tener acceso a éstos, entre estas restricciones esta el que no se considera que un ecosistema genera más de un servicio ambiental y que hay servicios ambientales que no son únicos de un ecosistema, como en este caso, los humedales presentan entre otros servicios ambientales, los mismos que brindan los bosques. Tampoco se consideran los servicios ambientales que ayudan a mantener a otros servicios ambientales, aunque traten de establecer las relaciones entre ecosistemas, aún no están del todo especificados.

El papel del Estado en la valoración económica de los servicios ambientales también requiere de una plena discusión. Algunos piensan que su papel debe ser sólo regulación y la operación dejarse en manos del mercado. Otras visiones están a favor de que el Estado juegue un papel más protagónico, generando esquemas de incentivos que den mayor reconocimiento y valor a los servicios ambientales y participando como uno de los principales compradores de estos servicios.

## 9. CONCLUSIONES

La valoración económica de servicios ambientales es otra forma de hacer ciencia y por ningún motivo pretende abaratar las ciencias exactas, lo que se pretende es ampliar la investigación a través de un equipo multidisciplinario para dar respuesta a problemas económico ambientales desde diferentes perspectivas. Además permite medir y comparar distintos beneficios de humedales y por ende puede servir de instrumento eficaz para la facilitación y mejoramiento de su uso racional.

En este trabajo se ocuparon los métodos de 1) mercados sustitutos a través del costo de viaje, 2) precios de mercado, 3) bien afín a través del enfoque del sucedáneo directo, 4) costos de reemplazo, 5) costos de los daños evitados y 6) mercados construidos a través de valoración contingente. Los servicios ambientales evaluados fueron los de recreación, caza de patos, captura de carbono, regulación de metano, biorremediación, recarga de acuíferos, control de inundaciones y conservación de la biodiversidad.

La valoración económica obtenida es un instrumento con el que se obtiene un indicador monetario de la importancia que tiene para el Estado de México y para el Ejecutivo Federal los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México,. La cantidad de 917’913.61 salarios mínimos anuales para Toluca, Estado de México, revela una aproximación al verdadero costo del uso y escasez de estos recursos, permitiendo aprovechar el potencial económico de los mismos desde una base sustentable.

Es decir, a partir de un adecuado manejo de la valoración económica se puede lograr un uso más eficiente de estos humedales, debido a que éstos generarían los recursos financieros necesarios para asegurar su sostenibilidad. Por lo anterior, la valoración económica de estos servicios ambientales es una herramienta potencial de conservación de los recursos naturales y de desarrollo sustentable para las comunidades locales.

Los servicios ambientales cuantificados en este trabajo no pueden ingresar a los actuales programas de pago por servicios ambientales. Aunque para las zonas aledañas a los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, sí se tiene el incentivo de no pagar impuestos sobre el consumo de agua, todavía falta mucho por hacer para poder retribuir de manera adecuada a los habitantes de esta zona, ya sea más retribuciones para estar libres de pago de impuestos, retribuciones monetarias o en especie, o la obtención de nuevos derechos.

Los beneficios de los pagos por servicios ambientales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, deben ser acotados y no se deben diluir en el mundo de necesidades de las comunidades aledañas a esta zona.

## 10. RECOMENDACIONES

Debido a que la valoración económica de servicios ambientales para el humedal del centro (laguna Chimaloapan) debería ser mayor, por estar altamente impactado, sería necesario tomar en cuenta su calidad física, química y biológica y reflejarlo de manera diferencial con respecto a los otros humedales. Esto podría realizarse a través de un índice que proporcionara información cuantitativa con respecto a los otros dos (laguna de Chignahuapan y Chiconahuapan). Para obtener este índice podrían tomarse en cuenta los parámetros que evalúan la calidad del agua y que tienen relación con la eficiencia para el suministro de servicios ambientales.

Es necesario desarrollar una base de datos actualizada, consistente, sistemática, continua y confiable sobre información biofísica y socioeconómica de los humedales sobre los beneficios que éstos brindan a la sociedad. Lo anterior facilitará la implementación de un sistema de vigilancia ambiental, que de cuenta periódica sobre el estado de conservación del medio natural y poder analizar su evolución. Esto ayudará en la evaluación oportuna de los daños ambientales que se presenten dado que brindará la información de la condición inicial del recurso (antes del daño) que será comparada con la condición final del recurso que se evaluará particularmente cuando se presente el daño.

Para la elección de los métodos de valoración económica así como de sus variables y la elección de los servicios ambientales a evaluar, es necesario tener en cuenta la realidad de las comunidades que impactan esta región, así como tener una amplia visión y creatividad. Durante la cuantificación de los servicios ambientales y antes de proponer mecanismos para su pago, es necesario tomar en cuenta la realidad de las poblaciones donde se encuentran los recursos naturales en cuestión, y de ser posible debe de convocarse a las comunidades o sus representantes para obtener una valoración económica que esté acorde a sus necesidades y conciencia. Debe de tenerse especial cuidado cuando se deseen llevar propuestas de programas de pago por servicios ambientales a comunidades que posean tenencia de tierras de tipo ejidal.

De nada sirve obtener una valoración económica de servicios ambientales si no se da a conocer y mucho menos, si no se obtiene resultados tangibles para la protección del medio ambiente y desarrollo socioeconómico de las comunidades, que tienen a su resguardo recursos naturales importantes para ellos y para la humanidad en general. Por lo que debe conocerse y sesionar ante instituciones gubernamentales y no gubernamentales para demostrar la importancia económica y ecológica de la preservación y conservación de los recursos naturales y así poder negociar la apertura de nuevos programas de pago a diferentes ecosistemas y/o ampliar la gama de incentivos económicos que ya se estén suministrando. Por el momento se identifican al Comité Técnico del Plan de Manejo del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México, (en caso de que exista en este momento) y al Consejo de cuenca Lerma-Chapala de la región administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico.

Es conveniente hacer una revisión a la Ley de Aguas Nacionales (sobre las atribuciones de los Consejos de cuenca) y a la Ley Agraria (sobre el tipo de tenencia de tierras de tipo ejidal), así como una revisión del reglamento para las Áreas Naturales Protegidas (para la administración y vigilancia de áreas naturales protegidas), para dar seguimiento de la propuesta de nuevos pagos por servicios ambientales, en el Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.

Reducir la contaminación, evitar su desecación, impedir la extracción de plantas y proteger su diversidad biológica son actividades conducentes a mantener e incrementar la capacidad de recuperación y adaptación de estos ecosistemas de forma que continúen prestando servicios ambientales bajo distintas condiciones climáticas. Otra estrategia importante de adaptación es prevenir su fragmentación ya que, desde un punto de vista biológico, la conexión entre ecosistemas hace posible la migración de especies en respuesta al cambio climático y por ende el mantenimiento de vías migratorias. El mantenimiento del caudal de los ríos, incluido el caudal de estiaje, representa también un enfoque importante para mantener ecosistemas de humedales.

## 11. LITERATURA CITADA

1. Acreman, M.C. y G. E., Hollis. (Compiladores), 1996. Water management and wetlands in sub-Saharan Africa. UICN, Gland (Suiza).
2. Acuerdo Nacional para el Campo. Por el Desarrollo de la Sociedad Rural y la Soberanía y Seguridad Alimentarias. Lunes 28 de abril, 2003.
3. Aguilar, S. A., G. G. Arevalo., Torres A. E. 1997. Atlas ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma. Tomo III. Gobierno del Estado de México. Comisión coordinada para la recuperación ecológica de la cuenca del río Lerma. Comité editorial del Gobierno del Estado de México.
4. Agüero, M. 1996. Elaboración de los Términos de Referencia del Estudio: Valoración Económica y Social de los Recursos Naturales e Impactos Ambientales. Santiago de Chile.
5. Amat, C. y L.; E. Galarza; Gómez, R.; B. Seminario y La Serna C., 2004. Economía y ambiente. *Boletín del área de economía de los recursos naturales y del ambiente*. Centro de investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP). Octubre 7(34):1-4.
6. Aylward, B. 2002. Markets Mechanisms and Environmental Services: A Conceptual Approach and Review of International Experience. Proyecto MIRNA, Guatemala.
7. Baker, C.J. y E. Maltby. 1995. Nitrate removal by river marginal wetlands: factors affecting the provision of a suitable denitrification environment. En: Hughes, J. M. R. y Heathwaite, A.L. (Compiladores). Hydrology and hydrochemistry of British wetlands, John Wiley and Sons, Chichester (Reino Unido), pp. 291- 313.
8. Barbier, E. B. Duncan, K. y M. Acreman 1997. Valoración Económica de los Humedales: Guía para decisores y planificadores. *Oficina de la Convención de Ramsar* [En línea]: <[http://www.Ramsar.org/lib\\_val\\_s\\_intro.htm](http://www.Ramsar.org/lib_val_s_intro.htm)> [Consulta: 24 de marzo, 2000].
9. Barbier, E.B. 1994. Valuing Environmental Functions: Tropical Wetlands. *Land Economics*. 70 (2): 155-73.
10. Barbier, E.B. 1993. Valuing Tropical Wetland Benefits: Economic Methodologies and Applications. *Geographical Journal*. Part 1 (59): 22-32.
11. Barbier, E. B., W.M. Adams y K. Kimmage. 1991. Economic valuation of wetland benefits: the Hedejia- Jama'are floodplain, Nigeria. LEEC Paper DP 91-02, London Environmental Economics Centre, Londres.
12. Barbier, E. B. 1989. The Economic Value of Ecosystems: 1 - Tropical Wetlands. LEEC Gatekeeper Series 89-02. London Environmental Economics Centre, Londres.
13. Barry. F.C. 1995. Economía Ambiental. Una introducción. 1ª Ed. McGraw Hill Interamericana, S.A. Colombia.
14. Bartlett, K.B. y R.C. Harris, 1993. Review and assessment of methane emissions from wetlands. *Chemosphere*, 26: 261 - 320.
15. Bergkamp, G. y B. Orlando. 1999. La Convención sobre los Humedales: Los humedales y el cambio climático. [En línea]: <<http://www.Ramsar.org>> [Consulta: 27 de octubre, 1999].
16. Bateman, I. J., I. H. Langford, K. G. Willis, R. K. Turner y G. D. Garrod. 1993. The Impact of Changing Willingness to Pay Question Format in Contingent Valuation Studies: An Analysis of Open-Ended, Iterative Bidding and Dichotomus Choice Formats. CSERGE Working Paper GEC 93-05, Centre for Social and Environmental Research on the Global Environment, University of East Anglia, Norwich and University College, Londres.
17. Bishop, J. 1999. Valuing Forests: A Review of Methods and Applications in Developing Countries. International Institute for Environment and Development. London.
18. Burstein, J. 2003. Consideraciones sobre Oportunidades y Retos Relacionados a la Introducción de Esquemas de Servicios Ambientales en la Economía Campesina. "Foro sobre Desarrollo Rural Sustentable".
19. Burstein J.; G. Chapela y Mendoza; Aguilar J.; E. de León. 2002. Informe sobre la Propuesta de Pago por Servicios Ambientales en México (realizado en el marco del proyecto "Pago por Servicios Ambientales en Las Américas" auspiciada por la Fundación FORD y ejecutado por Fundación PRISMA)
20. Burnstein, J. 2000. Informe sobre la propuesta de Pago por servicios Ambientales en México. Proyecto Pago por servicios ambientales en las Américas. PRISMA. Chiapas, México.
21. CCRECRL, 1993 (Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la cuenca del Río Lerma). Atlas Ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma. Gobierno del Estado de México. México.
22. Chapela y Mendoza, G. 1998. Unir Esfuerzos: Armonización de Políticas Públicas y Desarrollo Sustentable Rural; SEMARNAP.
23. Chilton, S. M. y G.W. Hutchinson, 1999. Some Further Implications of Incorporating the Warm Glow of Giving into Welfare Measures: A Comment on the Use of Donation Mechanisms by Champ *et al*, *Journal of Environmental Economics and Management* (37): 202–209.

24. CIUP, 2004. (Centro de investigación de la universidad del pacífico). Humedales: fuentes de vida y aprovechamiento. Economía y ambiente. Boletín del área de economía de los recursos naturales y del ambiente. año VI, No. 34 octubre 2004.
25. CMMC, 1992. (Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación). Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources. Chapman & Hall, Londres.
26. CNA, 2005. (Comisión Nacional del Agua) Mínimos y máximos de las tarifas 2001 por consumo. <http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Publicaciones/Subsector2001/anexo1a.pdf> Fecha de consulta 19 septiembre 05.
27. CNM, 2003. (Centro Nacional de Metrología) El Sistema Internacional de Unidades. Publicación técnica, CNM-MMM-PT-003. <http://www.cenam.mx/default.asp>
28. CONABIO, 2005. (Comisión Nacional para el conocimiento y el uso de la Biodiversidad). <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/C-11.html>
29. CONANP, 2005. (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) [www.conanp.gob.mx](http://www.conanp.gob.mx)
30. Cubillos, F.y A. Wellenstein, 2005. Mercado del carbono, Visión actual y Futura, Tendencias y Oportunidades. Cd. De México. [www.carbonofinance.org](http://www.carbonofinance.org)
31. Coppin, L. 1992. Ecoturismo y América Latina: una aproximación al tema. Revista Estudios y Perspectivas en Turismo, Vol. 1, No. 1. Centro de Investigaciones y Estudios en Turismo. Argentina.
32. DGCOH, 1992. (Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica). Estudio hidrológico regional de los Valles de Toluca e Ixtlahuaca. Estado de México.
33. Diario Oficial de la Federación. Miércoles 24 de noviembre de 2004 (Segunda Sección). Reglas de operación para el otorgamiento de pagos del programa para desarrollar el mercado de servicios ambientales por captura de carbono y los derivados de la biodiversidad y para fomentar el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales (PSA-CABSA).
34. Diario Oficial de la Federación. Viernes 03 de octubre de 2003. SEMARNAT. Reglas de operación para el otorgamiento de pagos del programa de servicios ambientales hidrológicos.
35. Diario Oficial de la Federación. Miércoles 27 de noviembre de 2002 (Primera Sección). Declaración de área natural protegida con el carácter de área de protección de flora y fauna la región conocida como Ciénegas del Lerma, ubicada en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac en el Estado de México, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas.
36. Dixon, J. A. y P. B. Sherman. 1990. Economics of Protected Areas. *AMBIO* 20 (2): 68-74.
37. Dugan, P.J., 1990. Wetland Conservation: A review of current issues and required action. UICN, Gland (Suiza).
38. Durán, J.J., B. Andreo., Vías, J., J.A. López-Geta., Carrasco, F. y P. Jiménez. 2004. Clasificación de acuíferos carbonáticos de la Cordillera Bética según la tasa de recarga. *Bol Geol. y Minero*, 115, 2.
39. Echeverría, J. 2005. Curso de Valoración de los Servicios Ambientales: Metodologías de aplicación. Centro Científico Tropical de Costa Rica (CCT), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Región Pacífico-Sur, (CONANP), Desarrollo Rural Alternativo S.C. y Comisariado de Bienes Comunales San Pablo Etla, Oaxaca. 7 al 11 de marzo del 2005.
40. Esteller, M.V; Quentin, E y Díaz-Delgado, C. 2002. II Seminario-taller. protección de acuíferos frente a la contaminación: caracterización y evaluación. Ciudad de La Habana, Cuba.
41. Fisher, A.C. y M.W. Hanemann, 1987. Quasi-Option Value: Some Misconceptions Dispelled. *Journal of Environmental Economics and Management*. (14):183-90.
42. Freeman, A.M. III. 1984. The Sign and Size of Option Value. *Land Economics*. (60):1-13.
43. García G. A. E. 2004. Ponencia: Caracterización del paisaje asociado a las Ciénegas del Lerma, Estado de México. XXIII Foro de Investigación Escolar de la Carrera de Biología. 19 de enero de 2004. Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
44. GACGC, 1998 (German Advisory Council on Global Change). The accounting of biological sinks and sources under the Kyoto Protocol: A step forwards or backwards for Global Environmental Protection? (Consejo Consultivo Alemán sobre los Cambios Mundiales), Special Report, Bremerhaven.
45. Gimete, L. J. R. 2005. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) Balderas 71 1er. piso, Col. Centro. Tel. 55.12.83.31 ext. 7463, 7506. [jorge.gimete@inegi.gob.mx](mailto:jorge.gimete@inegi.gob.mx)
46. Google, 2005. Google Earth Sat, Digital Globe. [www.google.com.mx](http://www.google.com.mx)
47. Gorham, E. 1991. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climate warming. *Ecol. Appl.*(1): 182 - 195.
48. Hawkins K. 2003. Economic Valuation of Ecosystem Services. University of Minnesota. October.

49. Herman, R., S. Kandel., Dimas, L., Cuéllar, N., E. Méndez. 2004. Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales. Lecciones de las Américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA), Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. México, D.F.
50. Herrera, M. E. y Z. J. L. Sánchez, 1994. Estratificación y Recursos Minerales del Estado de México. Memoria y mapas. Gobierno del Estado de México. Secretaria de Desarrollo Económico.
51. Holdrige, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2000. Mapa de cobertura de la tierra (versión preliminar). SIG-IMN. San Jose Costa Rica.
52. Honorio, R. J. y H. F. Hernández, 1982. Origen, estratigrafía y petrología de la cuenca de México y sierras circunvecinas. Tesis profesional. IPN-ESIA-México.
53. IIED, 1994 (Instituto Internacional para el Medioambiente y el desarrollo). Economic Evaluation of Tropical Forest Land Use Options (Borrador). Environmental Economics Programme, Londres.
54. INEGI, 2004 (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). El sector alimentario en México. [http://www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/SAM/2004/SAM-2004-Archivo1.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/SAM/2004/SAM-2004-Archivo1.pdf)
55. INEGI, 2001 (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). Actividades de producción de bines. Censos económicos, 1999. Minería y extracción de petróleo. Manufacturas. Electricidad. Captación, Tratamiento y Suministro de Agua. I Censo de captación, tratamiento y suministro de agua, censos económicos 1999. [http://www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/economicos/1999/suministro\\_de\\_agua/rdagua.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/economicos/1999/suministro_de_agua/rdagua.pdf). Fecha de consulta 19 septiembre 05.
56. IPCC, 1996 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 1995 - Impacts, Adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.
57. Kasimir-Klemedtsson, E., Klemedtsson, L., Berglund, K., Martikainen, P., Silvola, J. y Oenema, O. 1997. Greenhouse gas emissions from farmed organic soils, a review. Soil Use and Management. (13): 245 - 250.
58. Kenneth, A., R. Solow., Portney P. R., E. E. Leamer., Radner y R., H. Schuman. 2001. Report of the NOAA (National Oceanic and Admospheric Adminsitration) Panel on Contingent Valuation. <http://www.darp.noaa.gov/library/pdf/cvblue.pdf>
59. Kusler, J., M. Brinson., Niering, W., J. Patterson., Burkett, V. y D. Willard. 1999. Wetlands and climate change: scientific knowledge and management options. White Paper Institute for Wetland Science and Public Policy, Association of State Wetland Managers / Wetlands International.
60. Lal, P. N. 1989. Ecological economic analysis of mangrove conservation: a case study from Fiji. UNDP/UNESCO Regional Mangroves Project RAS/86/120. Mangrove ecosystems occassional papers. (6).
61. Lara-Domínguez, A. L., A. Yáñez-Arancibia y J.C. Seijo. 1998. Valuación económica de los servicios de los ecosistemas. Estudio de caso de los manglares en Campeche. Presentado en el libro: Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México. Hesiquio Benítez Díaz, Eduardo Vega López, Arturo Peña Jiménez y Sophie Ávila Foucat, editores. CONABIO y SEMARNAP a través del INE.
62. López-Geta J. A. , B. Andreo, J. Vías, J.J. Durán, F. Carrasco y P. Jiménez. 2005. Aproximación metodológica para evaluar la recarga en acuíferos carbonáticos. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Y Facultad de Ciencias. Departamento de Geología. Universidad de Málaga, Madrid.
63. Mäler, K.G. y C.C. Perrings, 1992. The Ecology and Economics of Biodiversity Loss: The Research Agenda. *AMBIO* (21):201-211.
64. Maltby, E. y C. P. Immerzy, 1993. Carbon dynamics in peatlands and other wetland soils: regional and global perspectives. *Chemosphere*. (27): 999 - 1023.
65. Mariaca, M. E., J. A. Valdivia y J. O. Cardenas. 2005. Evaluación del grado de contaminación para realizar pruebas de biodegradabilidad aeróbia rápida en las Ciénegas del Lerma, estado de México. Tesis de licenciatura en biología. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, FES-Z. Octubre, 2005, asesorada por la Biól. Maricela Arteaga Mejía (jefa de la carrera de biólogo en la FES-Z).
66. Mitsch, W.J. y J.G. Gosselink, 1993. Wetlands. 2a. edición. Van Nostrand Reinhold, Nueva York.
67. Mitchell, R. C. y T. Carson, 1989. Using surveys to value public goods: The contingent valuation method. Resources for the Future, Washington DC.
68. OECD, 1999. (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico). Cultivating Rural Amenities: An Economic Development Perspective. Paris.
69. Patterson, J. 1999. Wetlands and climate change. Feasibility investigation of giving credit for conserving wetlands as carbon sinks. Wetlands International Special Publication.
70. Pearce, D.W. 1993. Economic Values and the Natural World. London: Earthscan Publications.

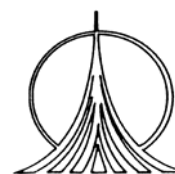
71. Pérez, S. G. 1998. Turismo en las áreas naturales protegidas: valuación económica de los beneficios recreativos del Santuario El Campanario. Publicado en la Gaceta Ecológica (48). INE-SEMARNAP. Nueva época. Publicación Trimestral. México.
72. Pérez, S. G. 1997. Turismo en las áreas naturales protegidas: valuación económica de los beneficios recreativos del Santuario El Campanario. Tesis de licenciatura en economía. Instituto Tecnológico Autónomo de México, ITAM. 1997, asesorada por el Dr. Haynes Goddard (profesor de la Universidad de Cincinnati, U.S.A).
73. Radoslav, B. 2001. Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de la biodiversidad de Nicaragua y sus aportes a la economía nacional. Proyecto estrategia nacional de biodiversidad. MARENA/PNUD. Managua, Nicaragua.
74. Radoslav, B. 2002. Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Corredor Biológico Mesoamericano. Serie técnica: 04. Proyecto para la consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. Managua, Nicaragua.
75. Radoslav, B. 2002. Valoración económica integral de los bienes y servicios ambientales de la Reserva del Hombre y la Biosfera de Río Platano Corredor Biológico Mesoamericano CBM Tegucigalpa, Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales de la RHBRP. Proyecto de manejo de la Reserva del Hombre y la Biosfera de Río Platano Corredor Biológico Mesoamericano (CBM).
76. Ramsar, 2005. The List of Wetlands of International Importance 16 September 2005. The Secretariat of the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971). e-mail: ramsar@ramsar.org <http://www.ramsar.org/sitelist.pdf>
77. Richards, M. 1999. Internalizing the Externalities of Tropical Forestry: A Review of Innovative Financing and Incentive Mechanism. Overseas Development Institute. Londres.
78. Sahagian, D. y J. Melack. (Compiladores). 1998. Global wetland distribution and functional characterization: Trace gases and the hydrologic cycle. IGBP report. Pp. 46, 92.
79. Shabman, L. y M. K. Bertelson, 1979. The Use of Development Value Estimates for Coastal Wetland Permit Decisions. *Land Economics*, 55(2): 213-222.
80. SAT, 2005 (Servicio de Administración Tributaria). Salarios mínimos. [http://www.sat.gob.mx/sitio\\_internet/asistencia\\_contribuyente/informacion\\_frecuente/salarios\\_minimos/](http://www.sat.gob.mx/sitio_internet/asistencia_contribuyente/informacion_frecuente/salarios_minimos/) Fecha de consulta 19 septiembre 05.
81. SAT, 2005 b (Servicio de Administración Tributaria). Cobro de derechos dentro de Áreas Naturales Protegidas, tarifas establecidas por el Servicio de Administración Tributaria, 5 (SAT-5) [http://www.conanp.gob.mx/derechos/proced\\_de\\_llenado.php](http://www.conanp.gob.mx/derechos/proced_de_llenado.php) Fecha de consulta 3 de octubre 2005.
82. SECTRA, 1998. Ministerio de planificación y cooperación. Manual para la evaluación ambiental de proyectos de infraestructura aeroportuaria. Chile.
83. Scodari, P.F. 1990. Wetlands Protection: the Role of Economics. Environmental Law Institute Monograph, Washington, D.C.
84. Smith, V.K. 1983. Option Value: a Conceptual Overview. *Southern Economic Journal*. (50): 654-668.
85. SMN, 2005 (Unidad del Servicio Meteorológico Nacional). Normales climatológicas, 1961-1990, Estado de México. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Estaciones Climatológicas del Sistema CLICOM. <http://smn.cna.gob.mx/productos/normales/estacion/catalogos/catalolomex.html>
86. Tosi, J. A. Jr., Ph. D. 1997. An ecological model for the prediction of carbon off sets by terrestrial biota. Tropical Science Center. Occasional Paper Series No. 17. San Jose Costa Rica.
87. Vega, L. E. 1998. Economía Ambiental. Lecciones de América Latina. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. Pp 213-228.

## 12. ANEXOS

### ANEXO 1. ENCUESTA PARA LA VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS HUMEDALES DEL ANP “CIÉNEGAS DEL LERMA”, ESTADO DE MÉXICO



#### Encuesta para la valoración económica de servicios ambientales de los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México



Fecha: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_.

Lugar de la encuesta: \_\_\_\_\_

Encuestador: \_\_\_\_\_

#### MÉTODO DEL COSTO DE VIAJE

Estoy colaborando en una encuesta de opinión para el desarrollo de una tesis profesional sobre la importancia de estas áreas naturales. Su cooperación es esencial para llevar a cabo el proyecto, por lo que le pido de la manera más atenta, colaborar con responder al siguiente cuestionario, diseñado para determinar como usted, el visitante, valora estas áreas de esparcimiento. La información que usted me proporcione es para propósitos estadísticos y será tratada con estricta confidencialidad.

1. ¿Cuál es su **lugar de procedencia**? (*País, Estado, Localidad*).  
\_\_\_\_\_  
*Población (número de habitantes):* \_\_\_\_\_
2. ¿Cuántas veces viene por año? (*número de visitas por año*). \_\_\_\_\_
3. ¿Cuanto **tiempo** tarda en llegar a la zona de recreación, desde su lugar de procedencia? (*preferentemente en horas*). \_\_\_\_\_
4. ¿Cuánto **gasta en transporte** desde su lugar de procedencia al lugar de recreación? (*en pesos; asegurarse de incluir el costo del boleto de avión o el costo de gasolina, según corresponda*). \_\_\_\_\_
5. ¿Cuánto **gasta en el lugar** de recreación y zonas aledañas? (*por visita; en pesos; asegúrese de incluir los gastos por comida, noches de hospedaje y compra de regalos; no olvidar que aunque este viajando con más personas, sólo debe registrarse los gastos monetarios personales*).  
\_\_\_\_\_
6. ¿Cuál es su **ocupación**?<sup>1</sup> \_\_\_\_\_
  
7. ¿Podría indicar cual de las siguientes categorías describe mejor su **ingreso** mensual? (*marcar una sola opción; obtener la proporción para una hora*).  
\_\_\_\_\_

<sup>1</sup> Se pueden omitir las preguntas 8 y 9 si se especifica y conoce claramente la ocupación del entrevistado. O también, si se prefiere o dependiendo de la disponibilidad del entrevistado, se pueden hacer las preguntas 8 y 9 pero no la 7.



- a. Menos de 1'000 pesos al mes
- b. Entre 1'000 y 2'500 pesos al mes
- c. Entre 2'500 y 5'000 pesos al mes
- d. Entre 5'000 y 7'500 pesos al mes
- e. Más de 7'500 pesos al mes

8. ¿Cada cuantos meses le dan vacaciones? (son los **meses que trabaja** antes de salir de vacaciones).  
\_\_\_\_\_.

9. ¿Cuanto **tiempo** le dan **de vacaciones** sin recibir salario? (preferentemente en **meses**, de lo contrario, especificar el número de días, para posteriormente obtener su proporción a meses). \_\_\_\_\_.

### MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE

Las Áreas Naturales Protegidas, como este lugar, suministran importantes funciones ecológicas necesarias para la vida de los seres humanos y de otros seres vivos. Actualmente ha disminuido el número de estas áreas.

Para las siguientes preguntas es necesario que **piense en su propia satisfacción** de conocer y hacer uso de estos lugares. Considere cuantos recursos monetarios son necesarios para protegerlos y conservarlos. Suponga que la única manera de proteger estos lugares es a través del dinero que se recolecta por concepto del boleto de entrada a este lugar.

Descrito el panorama anterior....

10. ¿**Contribuiría** usted con la cantidad de \_\_\_\_\_ (escoger aleatoriamente una cantidad de **entre \$100 a \$1000**) **anuales** para ayudar a la recuperación de este lugar? (marcar una de las siguientes dos opciones).

a. **SI. Yo contribuiría con esta cantidad. De hecho donaría hasta \_\_\_\_\_ pesos anuales**

b. **NO. Yo no contribuiría con esta cantidad. ¿Por qué no?**

- **La cantidad es muy alta, pero donaría \_\_\_\_\_ pesos anualmente** (escribir la mayor cantidad que pagaría)

11. Si no contribuyera anualmente... ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar **por el boleto** de entrada a este lugar? (marcar una sola opción).

- a. 0 pesos
- b. 20 pesos
- c. 50 pesos
- d. Más de 50 pesos
- e. Por favor, indique lo máximo que estaría dispuesto a pagar \_\_\_\_\_ pesos.

### Agradecimiento

Muchas gracias por su tiempo y cooperación. Cualquier sugerencia o comentario adicional es bienvenido; por favor menciónelo (anotar lo más breve posible).  
\_\_\_\_\_.

Cuestionario basado en Kenneth et al, 2001; Pérez, 1998; SAT, 2005 b; y el Diario Oficial de la Federación. Miércoles 27 de noviembre de 2002 (Primera Sección); adaptado por García, 2005.

- ✓ Kenneth, A., R. Solow., Portney P. R., E. E. Leamer., Radner y R., H. Schuman. 2001. Report of the NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Panel on Contingent Valuation. <http://www.darp.noaa.gov/library/pdf/cvblue.pdf>
- ✓ Pérez, S. G. 1998. Turismo en las áreas naturales protegidas: valuación económica de los beneficios recreativos del Santuario El Campanario. Gaceta Ecológica No. 48 INE-SEMARNAP. Nueva Época. Publicación Trimestral. México.
- ✓ SAT, 2005 b (Servicio de Administración Tributaria). Cobro de derechos dentro de Áreas Naturales Protegidas, tarifas establecidas por el Servicio de Administración Tributaria 5 (SAT-5) [http://www.conanp.gob.mx/derechos/proced\\_de\\_llenado.php](http://www.conanp.gob.mx/derechos/proced_de_llenado.php)
- ✓ Diario Oficial de la Federación. Miércoles 27 de noviembre de 2002 (Primera Sección). Declaración de área natural protegida con el carácter de área de protección de flora y fauna la región conocida como Ciénegas del Lerma, ubicada en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac en el Estado de México, con una superficie total de 3,023-95-74.005 hectáreas.
- ✓ García, G. A., 2005. Valoración económica de servicios ambientales en humedales del Área Natural Protegida: “Ciénegas del Lerma”, Estado de México. Tesis de licenciatura para obtener el título de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.



## ANEXO 2. EXISTENCIAS Y FLUJOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LOS HUMEDALES

En el cuadro *a* se señala la cantidad apreciable de carbono almacenada en suelos turbosos, particularmente los suelos turbosos tropicales, y en la biomasa. En el cuadro *b* se destaca la descarga de metano de los humedales naturales y los cultivos de arroz. En el cuadro *c* se ilustra la cantidad considerable de emisiones de CO<sub>2</sub> de los pantanos y ciénegas de resultas de la desecación y conversión para destinar las tierras a la agricultura.

Debido a su carácter anaeróbico y a la baja disponibilidad de nutrientes, las existencias de carbono de los humedales aumentan de forma continua. Coincidiendo con los datos del cuadro *a*, Gorham (1991), estima que las ciénegas son sumideros de gases de efecto invernadero en todo el mundo y que absorben cerca de 0,1 Gt C (Giga tonelada de carbono) por año.

Sin embargo, cuando las turberas se desecan, la mineralización genera emisiones considerables, que oscilan entre 2,5 y 10 t C (toneladas de carbono) por hectárea y año. La desecación de bosques tropicales palustres puede generar hasta 40 t C por hectárea y año. Coincidiendo con lo señalado en el cuadro *c*, Maltby y Immirzy (1993), estiman que las emisiones totales de carbono de la conversión de humedales en tierras agrícolas oscila entre 0,05 y 0,11 Gt C por año.

Para evaluar correctamente el potencial de los humedales naturales como fuentes y sumideros y la conversión de humedales hay que tener en cuenta los flujos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Los humedales y arrozales producen hasta el 40% de las fuentes de emisiones de metano descargadas en la atmósfera de resultas de las condiciones anóxicas reinantes en sus suelos anegados y su elevada producción primaria (Bartlett Harriss, 1993). Los humedales boreales y tropicales son otra fuente importante de emisiones de metano. Cuando se convierten humedales en tierras agrícolas, se liberan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, en tanto que las emisiones de metano se reducen fuertemente (GACGC, 1998). Kasimir-Klemedtsson y colaboradores (1997) demostraron que los humedales de Europa septentrional acumulan entre 0,16 y 0,25 t C por hectárea y año, pero si se toman en cuenta las emisiones de metano estos humedales se convierten en una fuente neta de 0,43 a 1,1 t C por hectárea y año.

<b>a. Existencias y flujos de carbono de las turberas</b>					
	Depósitos de carbono (t C por ha) Suelo	Biomasa	Absorción de carbono (t C por ha año <sup>-1</sup> )		
Todo el mundo	1.181–1.537	no se dispone de datos	0,1–0,35		
Trópico	1.700–2.880	500	No se dispone de datos		
Regiones boreales/ templadas	1.314–1.315	120	0,17–0,29		
<b>b. Descarga de metano de los humedales naturales y los cultivos de arroz, expresada en su equivalente de dióxido de carbono(CO<sub>2</sub>)</b>					
	Emissiones de metano (t C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Emissiones de CO <sub>2</sub> equivalentes (t C )			Región
		Potencial de calentamiento de la tierra PCT (factor / horizonte de tiempo en años)			
Emissiones de metano	0,05–0,21	2,8–4,4	1,1–4,4	0,3–1,4	Todo el mundo
De humedales naturales	0,26–0,28	14,6–15,7	5,5–5,9	1,7–1,8	Trópico
Emissiones de metano	0,08–0,15	4,5–8,4	1,7–3,2	0,5–1	Regiones boreales/ templadas
De los cultivos de arroz	0,13–0,89	7,3–49,8	2,7–18,7	0,85–5,8	Todo el mundo
<b>c. Emissiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la conversión de humedales (pantanos y ciénagas únicamente)</b>					
	Emissiones de CO <sub>2</sub>				
	Desecación [t C por ha año <sup>-1</sup> ]	Uso agrícola [t C por ha año <sup>-1</sup> ]			
Todo el mundo	0,23–0,26	1–10			
Regiones boreales/ templadas	0,1–0,32	1–19			

Adaptado por Bergkamp y Orlando, 1999 (GACGC, 1998).

### ANEXO 3. MONTOS PARA EL OTORGAMIENTO DE PAGOS PARA EL PSA-CABSA

Categoría y Subcategoría	Monto del pago
<b>I.</b> Elaboración del Proyecto.	Hasta 400 mil pesos por Proyecto. Este monto se asignará en dos pagos, 60% al iniciar y 40% cuando el Comité apruebe el proyecto debidamente documentado en formatos impreso y digital.
<b>II.</b> Ejecución del Proyecto.	La Ejecución del Proyecto se apoyará con cinco pagos anuales hasta por cinco ocasiones.
1) Captura de carbono.	A partir de la línea base se monitorea la adicionalidad en toda la superficie del Proyecto. Se determina la cantidad a pagar, tomando como referencia la tabla del Anexo 4 de estas Reglas, que se aplicará sobre la base de 50 pesos por tonelada de CO <sub>2</sub> e, más 1.19 pesos por punto acumulado.

2) Protección de la biodiversidad.	Hasta 500 mil pesos por Proyecto por año, que deberá incluir la asistencia técnica, conforme al Anexo 5 de estas Reglas.
3) Reconversión a Sistemas Agroforestales.	Hasta mil pesos por hectárea por año en un Proyecto (ver Anexo 6 de estas Reglas).
4) Mejoramiento de sistemas agroforestales existentes de cultivos agrícolas bajo sombra.	Hasta cuatrocientos pesos por hectárea por año por Proyecto o hasta quinientos pesos por hectárea por año por Proyecto en caso de que el beneficiario acredite producción orgánica certificada (ver Anexo 7 de estas Reglas).
<b>III.</b> Los destinados al acompañamiento para la ejecución de los Proyectos.	Podrán destinarse cinco pagos anuales para el acompañamiento de la ejecución, siempre y cuando se solicite con proyecto anexo en cada Ejercicio Fiscal y el Comité lo autorice. Cada pago anual se aplicará en dos porciones: la primera de 60% y la segunda de 40%. El segundo pago condicionado a la entrega de un reporte a satisfacción del Comité.
1) Verificación y/o evaluación de los servicios ambientales de un proyecto o del cumplimiento de la ejecución de proyectos a que se refiere la Fracción II del Artículo 16 en las presentes Reglas.	Hasta 150 mil pesos por Proyecto.
2) Formación de técnicos comunitarios y profesionales.	Hasta 150 mil pesos por Proyecto (ver Anexo 9 de estas Reglas).
3) Asistencia técnica y de acompañamiento del proyecto.	Hasta 250 mil pesos por Proyecto, excepto para los que tienen que ver con biodiversidad (ver Anexo 10 de estas Reglas).

Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004.

## **ANEXO 4. MÉTODO PARA EL BALANCE HIDRICO, BASADO EN EL DIAGRAMA DE ZONAS DE VIDA NATURAL DEL MUNDO DE L. R. HOLDRIDGE**

### DATOS

- Longitud, latitud (° ' ") y altitud (m.s.n.m).
- Temperatura promedio por mes (°C).
- Precipitación promedio por mes (mm).

### PROCEDIMIENTO

#### 1. BIOTEMPERATURA

$$T_{\text{mes}} \geq 25 \text{ °C} \longrightarrow B_{\text{mes}} = ( T_{\text{mes}} - \left[ \frac{3 * (a+b)}{60} \right] / 100 ) * (T_{\text{mes}} - 24)^2$$

$$T_{\text{mes}} < 25 \text{ °C} \longrightarrow B_{\text{mes}} = T_{\text{mes}}$$

#### 2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

$$ETP_{\text{mes}} = [(B_{\text{mes}} * 58.93) / 365] * \text{días del mes}$$

3. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL / RELACIÓN

$$ETP_{relación} = (\sum ETP_{mes}) / (\sum P_{mes})$$

4. SUELO A CAPACIDAD DE CAMPO

$$CC = (\sum P_{mes}) * 0.10$$

5. TENSIÓN DE AGUA

$$TA = CC * ( \{-0.2885 * [LN (ETP_{relación})] \} + 0.5 )$$

6. Llenar los datos por columna (por mes), después del mes con mayor precipitación.

EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL

$$ETR_{del\ mes\ próximo\ siguiente\ al\ mes\ de\ mayor\ precipitación} = ETP_{mes}$$

$$(AA_{ma} + Rec. S_{ma}) < TA \begin{cases} \text{No} \longrightarrow ETR_{mes} = ETP_{mes} \\ \text{Si} \longrightarrow ETR_{mes} = (P_{mes} + AA_{ma}) / 2 \end{cases}$$

7. SOBRANTE DEL AGUA

$$P_{mes} < ETR_{mes} \begin{cases} \text{No} \longrightarrow SA_{mes} = P_{mes} - ETR_{mes} \\ \text{Si} \longrightarrow SA_{mes} = 0 \end{cases}$$

8. RECARGAMIENTO DEL SUELO

Dividir el balance hídrico en dos etapas: 1) la que procede de un mes después al mes con mayor precipitación, hasta el último mes del año, diciembre. 2) inicia desde enero y termina con el mes de mayor precipitación.

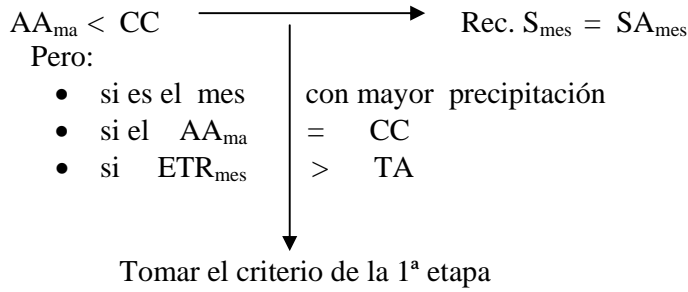
Para la 1ª etapa:

$$P_{mes} < ETR_{mes} \begin{cases} \text{No} \longrightarrow Rec. S_{mes} = CC - AA_{ma} \\ \text{Si} \longrightarrow Rec. S_{mes} = 0 \end{cases}$$

$$AA_{del\ mes\ con\ mayor\ precipitación} = CC$$

Este criterio se usa también en el primer movimiento de la segunda etapa (tomando los valores de diciembre para el cálculo del Rec. S<sub>mes</sub> de enero).

Para la 2ª etapa:



## 9. RESTADO DEL SUELO

$$Res. S_{mes} = ETR_{mes} - P_{mes}$$

## 10. AGUA ALMACENADA EN EL SUELO AL FINAL DEL MES

$$AA \text{ del mes próximo siguiente al mes de mayor precipitación} = CC - Res. S_{mes}$$

$$P_{mes} < ETR_{mes} \begin{cases} \text{Si} \rightarrow AA_{mes} = AA_{ma} - (ETR_{mes} - P_{mes}) \\ \text{No} \rightarrow Res. S_{mes} = 0 \begin{cases} \text{No} \rightarrow AA_{mes} = AA_{ma} - Res. S_{mes} \\ \text{Si} \rightarrow AA_{mes} = AA_{ma} + Res. S_{mes} \end{cases} \end{cases}$$

## 11. ESCORRENTIA TOTAL

$$ET_{mes} = SA_{mes} - Rec. S_{mes}$$

$$ET \text{ del mes con mayor precipitación} = P_{mes} - ETR_{mes} - Rec. S_{mes}$$

## 12. COMPROBACIÓN DEL BALANCE

$$\sum ETR_{mes} + L = \sum P_{mes}$$

$$\sum AA_{mes} = \sum P_{mes}$$

$$\sum ET_{mes} = L$$

$$L = \sum P_{mes} - \sum ETR_{mes}$$

## 13. BIOMASA

$$BIO = (\sum ETR_{mes}) * 0.027$$

#### 14. CARBONO ALMACENADO

$$CA = \text{BIO} / 2$$

#### 15. REACARGA ANUAL DE MANTOS ACUÍFEROS

$$\text{Rec. } S_{\text{Total anual}} + SA_{\text{Total anual}}$$

#### NOTAS

- Durante el ejercicio habrá operaciones que den como resultado números negativos, para estos casos, deberá de apuntarse como resultado, cero, (0).
- Se recomienda el redondeo de cifras.

$T_{\text{mes}}$	=	Temperatura del mes, °C
$B_{\text{mes}}$	=	Biotemperatura del mes, °C
a	=	Longitud oeste, ° ' ”
b	=	Latitud norte, ° ' ”
$ETP_{\text{mes}}$	=	Evapotranspiración potencial del mes, mm
$ETP_{\text{relación}}$	=	Evapotranspiración potencial relación
ET	=	Escorrentia total
$P_{\text{mes}}$	=	Precipitación del mes, mm
CC	=	Suelo a capacidad de campo
TA	=	Tensión de agua, mm
LN	=	Logaritmo natural
$ETR_{\text{mes}}$	=	Evapotranspiración real del mes, mm
$AA_{\text{ma}}$	=	Agua almacenada en el suelo al final del mes, de un mes anterior, mm
$SA_{\text{mes}}$	=	Sobrante de agua, mm
$\text{Rec. } S_{\text{mes}}$	=	Recargamiento del suelo, mm
$\text{Res. } S_{\text{mes}}$	=	Restado del suelo, mm
$AA_{\text{mes}}$	=	Agua almacenada en el suelo al final del mes, mm
L	=	Lamina (mm)
BIO	=	Biomasa, $t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$
CA	=	Carbono almacenado, $t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$
$\Sigma$	=	Sumatoria

**ANEXO 5. GASTOS DE LOS ORGANISMOS OPERADORES QUE PROPORCIONAN EL SERVICIO DE SUMINISTRO DE AGUA, SEGÚN ENTIDAD FEDERATIVA. DATOS REFERENTES A 1998. CUADRO AGNA 09**

ENTIDAD FEDERATIVA	GASTOS											
	DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD									NO DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD		
	TOTAL	PAGO POR SUMINISTRO DE AGUA EN BLOQUE	AGENTES FISICO-QUIMICOS, REACTIVOS E INSUMOS SIMILARES	MATERIALES Y SUMINISTROS	PAGOS POR DERECHOS DE EXPLOTACION	PAGOS POR DERECHOS DE DESCARGA	ENERGIA ELECTRICA	OTROS CONCEPTOS	TOTAL	INTERESES SOBRE CREDITOS Y/O PRESTAMOS FINANCIEROS	OTROS CONCEPTOS	
MILES DE PESOS												
TOTAL NACIONAL	2 356	6 670 627	1 152 628	281 076	792 003	416 209	14 734	2 085 590	1 928 227	1 218 252	522 443	695 009
AGUASCALIENTES	11	191 133	--	1 315	46 496	8 942	4	51 345	83 029	12 960	7 211	5 739
BAJA CALIFORNIA	5	279 568	34 261	9 885	24 721	20 889	--	84 980	104 832	70 013	63 362	6 651
BAJA CALIFORNIA SUR	*	101 891	--	945	9 252	2 948	6 580	20 225	61 941	5 806	3 290	2 516
CAMPECHE	11	29 576	237	8 257	1 422	791	--	12 692	6 177	154	--	154
COAHUILA DE ZARAGOZA	39	237 136	493	49 226	38 826	24 163	--	78 059	46 347	16 887	13 870	3 017
COLIMA	10	32 480	--	926	1 745	2 375	4 809	16 148	6 455	5 831	4 992	839
CHIAPAS	109	80 055	18	6 334	11 974	1 566	578	30 109	29 476	3 442	3 018	424
CHIHUAHUA	67	254 637	--	7 086	59 576	1 773	--	102 988	83 212	34 144	7 409	26 735
DISTRITO FEDERAL	*	1 520 028	735 591	25 950	86 941	177 051	--	314 407	179 586	1 146	--	1 146
DURANGO	39	53 833	1 120	623	10 256	79	--	30 280	11 595	2 783	2 069	714
GUANAJUATO	44	209 606	--	3 797	43 017	250	6	105 715	56 821	34 545	28 261	6 284
GUERRERO	75	136 471	12	5 115	16 501	744	40	65 372	48 687	17 726	13 082	4 644
HIDALGO	86	87 775	2 758	5 754	10 328	6 131	98	44 633	18 073	2 280	670	1 610
JALISCO	125	407 422	204	31 431	44 386	50 518	424	153 219	127 240	628 150	165 003	463 147
MEXICO	122	863 795	361 323	15 080	64 181	349	16	120 127	302 719	41 112	12 406	28 706
MICHOACAN DE OCAMPO	113	110 202	1 758	6 271	17 908	3 143	194	54 451	26 477	14 206	11 245	2 963
MORELOS	33	80 258	13	1 506	6 659	7	--	27 428	24 645	385	--	385
NAVARRIT	19	32 140	2	995	3 843	196	--	17 986	9 118	1 085	133	932
NUEVO LEON	51	538 990	--	20 307	35 432	51 981	--	151 634	279 636	92 851	86 628	6 223
OAXACA	513	51 969	47	4 921	10 633	51	27	26 080	10 230	930	133	797
PUEBLA	226	162 734	10	7 122	29 354	19 924	3	62 147	44 174	18 769	13 951	4 816
QUERETARO DE ARTEAGA	19	86 355	714	1 555	13 190	49	--	48 694	22 153	10 923	9 567	1 356
QUINTANA ROO	8	117 761	--	2 311	7 766	13 937	149	40 246	53 352	107 934	5 809	102 125
SAN LUIS POTOSI	58	101 119	4 376	2 888	19 076	586	1	50 173	24 029	2 874	2 579	295
SINALOA	18	148 440	--	9 641	41 066	2 651	570	53 057	41 455	26 317	17 117	9 200
SONORA	72	211 796	2 297	10 982	45 413	12 034	10	96 480	44 580	31 679	27 342	4 337
TABASCO	17	92 185	--	13 450	17 138	30	--	35 011	26 556	2 394	--	2 394
TAMAULIPAS	41	172 606	5 724	13 252	30 671	1 617	32	62 848	58 462	18 637	13 582	5 055
TLAXCALA	60	24 488	34	273	2 374	366	549	16 045	4 627	217	3	214
VERACRUZ LLAVE	196	161 000	1 101	10 341	34 789	2 156	582	46 562	65 479	7 059	5 836	1 223
YUCATAN	107	47 607	--	2 726	3 194	906	--	24 827	16 262	3 397	3 307	90
ZACATECAS	56	65 211	735	823	3 983	7 376	62	41 632	10 600	1 644	568	1 076

(INEGI, 2001. 1º Censo de captación, tratamiento y suministro de agua, censos económicos 1999.)

**ANEXO 6. EL MÉTODO APLIS. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PARA EVALUAR LA RECARGA EN ACUÍFEROS CARBONÁTICOS**

APLIS es un método para determinar la tasa de recarga media en acuíferos carbonáticos, expresada como porcentaje de la precipitación, utilizando las siguientes variables: Altitud (A), Pendiente (P), Litología (L), zonas de Infiltración preferente (I) y Suelo (S). Ya que cada una de estas variables condicionan la recarga y el flujo del agua subterránea (Durán *et al*, 2004).

Para cada variable han sido establecidos una serie de categorías o intervalos, que alcanzan valores comprendidos entre 1 (mínima influencia en la recarga) y 10 (máxima influencia), expresados en un Sistema de Información Geográfica. La superposición de las capas correspondientes a cada variable permite obtener el mapa de distribución espacial de la tasa de recarga y su valor medio para el conjunto del acuífero, a partir de la siguiente ecuación:  $R = (A+P+3L+2I+S)/0,9$ . El método propuesto ha sido ensayado con éxito en ocho acuíferos piloto de la Cordillera Bética (Sur de España), representativos del conjunto de cordilleras alpinas circummediterráneas, debido a su amplio rango de características climáticas, geológicas, geomorfológicas, topográficas, edafológicas e hidrogeológicas (López-Geta *et al*, 2005).

Dado que se conoce bien la tasa media de recarga anual de los acuíferos seleccionados y se dispone de las capas de información correspondientes a las variables intrínsecas que condicionan la recarga, se ha desarrollado un sistema de puntuaciones para crear el mapa de cada variable (Tablas 1 a 5).



Las puntuaciones varían entre 1 y 10, siguiendo una progresión aritmética de diferencia 1, con el objetivo de que se puedan equiparar fácilmente a porcentajes de recarga del acuífero. El valor 1 indica mínima incidencia de los valores de esa variable en la recarga del acuífero, mientras que el valor 10 expresa la máxima influencia en la recarga. Siempre que ha sido posible se han establecido 10 clases, cada una de ellas con una puntuación.

Altitud (m)	P
≤ 300	1
(300-600]	2
(600-900]	3
(900-1200]	4
(1200-1500]	5
(1500-1800]	6
(1800-2100]	7
(2100-2400]	8
(2400-2700]	9
> 2700	10

Tabla 1. Puntuación del parámetro altitud

Pendiente (%)	P
≤ 3	10
(3-8]	9
(8-16]	8
(16-21]	7
(21-31]	5
(31-46]	4
(46-76]	3
(76-100]	2
> 100	1

Tabla 2. Puntuación del parámetro pendiente

Litología	P
Calizas y dolomias karstificadas	10, 9
Calizas y dolomias fracturadas, algo karstificadas	8, 7
Calizas y dolomias fisuradas	6, 5
Arenas y gravas, coluviones	4
Brechas y conglomerados	3
Rocas plutónicas y metamórficas	2
Esquistos, pizarras, limos, arcillas	1

Tabla 3. Puntuación del parámetro litología

Infiltración-absorción preferencial	P
Abundantes formas de infiltración preferencial	10
Escasas formas de infiltración preferencial	1

Tabla 4. Puntuación del parámetro infiltración

Suelo	P
Leptosoles	10
Arenosoles álbicos y Xerosoles cálcicos	9
Regosoles calcáreos y Fluvisoles	8
Regosoles eútricos, districos y Solonchaks	7
Cambisoles cálcicos	6
Cambisoles eútricos	5
Histosoles eútricos y Luvisoles órticos y cálcicos	4
Luvisoles crómicos	3
Planosoles	2
Vertisoles crómicos	1

Tabla 5. Puntuación del parámetro suelo

Los valores de Altitud se han agrupado en intervalos de 300 m y a partir de 2700 m se ha estimado que las diferencias en la recarga son inapreciables (Tabla 1). Los valores de Pendiente se han agrupado en nueve clases irregulares (Tabla 2). La asignación de valores a las distintas Litologías se ha efectuado en función de criterios hidrogeológicos (Tabla 3); en particular, las puntuaciones entre 5 y 10 se atribuyen según el grado de fisuración y karstificación. La puntuación asignada a las zonas de Infiltración preferencial presenta dos clases porque no se ha dispuesto de cartografías geomorfológicas de detalle en todos los acuíferos (Tabla 4): valor 10 para las áreas preferenciales de absorción y valor 1 para el resto. En el caso del Suelo, las distintas clases se han agrupado según las características generales de espesor y textura que predominan en sus horizontes, de acuerdo con el Sinamb-A (Sistema de Información Ambiental de la Junta de Andalucía). Así, en suelos poco evolucionados como los leptosoles (Tabla 5), generalmente con escaso espesor y textura muy gruesa, la recarga es máxima (puntuación 10), mientras que en suelos que suelen ser potentes y arcillosos (vertisoles crómicos), la recarga es mínima (puntuación 1).

La ponderación de cada variable en la expresión anterior trata de responder a la importancia que ejerce cada una de ellas sobre la recarga, de acuerdo con los resultados del análisis previo de las variables que influyen en la misma (Durán *et al*, 2004). Al dividir por 0'9, se obtienen valores de la tasa de recarga que varían entre un mínimo de 8'88 % y un máximo de 88'8 % de la lluvia sobre el acuífero; es decir, siempre hay algo de recarga y nunca la recarga es del 100% de la precipitación. El valor medio de la tasa de recarga (R) en cada acuífero se ha obtenido como la media de los valores de R correspondientes a cada una de las unidades espaciales del mapa de recarga. La tasa media de recarga anual se representa agrupada en cinco intervalos regulares, a cada uno de los cuales se le asigna una categoría (Tabla 7).

Clase de recarga	Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
Intervalos de Recarga (% P) Método APLIS	≤ 20 %	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80

Tabla 7. Intervalos y clases de recarga según el método APLIS

**ANEXO 7. MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE LAS TARIFAS 2001 POR RANGOS DE CONSUMO DOMÉSTICO, COMERCIAL E INDUSTRIAL EN LAS CAPITALES DE LOS ESTADOS Y EN ALGUNAS CIUDADES FRONTERIZAS Y TURÍSTICAS (m<sup>3</sup> y pesos).**

Capital	Doméstico				Comercial				Industrial			
	Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo	
	Rango	Costo	Rango	Costo	Rango	Costo	Rango	Costo	Rango	Costo	Rango	Costo
AGUASCALIENTES, AGS.	11 a 20	4.3	76 a 100	66.9	11 a 20	10.7	50 a 100	58.9	0 a 10	16.0	51 a 100	66.9
MEXICALI, B. C.	5 a 10	1.2	>60	7.0	5 a 40	12.2	> 10000	17.3	5 a 40	12.2	> 10000	17.3
TECATE, B.C.	0 a 25	3.6	>50	14.4	5 a 30	9.7	>100	17.2	5 a 30	8.8	>100	15.7
TIJUANA, B.C.	0 a 10	5.2	>60	20.5	0 a 30	20.5	>1000	21.5	0 a 30	20.5	>1000	21.5
LA PAZ, B. C. S.	0 a 17	2.6	>500	26.0	0 a 17	6.4	>500	30.3	36 a 50	10.2	>500	32.5
SAN JOSE DEL CABO, B.C.S.	0 a 30	1.2	>100	8.3	0 a 35	2.6	>1000	11.5	0 a 35	2.6	>1000	11.5
SALTILLO, COAH.	11 a 15	2.9	>201	13.7	11 a 15	4.2	>201	13.5	11 a 15	4.2	>201	13.5
MANZANILLO, COL.	0 a 30	2.0	>101	5.9	0 a 25	5.8	>126	13.5	0 a 30	7.7	>301	13.7
TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.	0 a 15	1.1	>250	4.9	0 a 15	3.9	>251	5.9	16 a 40	4.2	>251	6.9
CHIHUAHUA, CHIH.	1 a 20	4.2	500	14.9	0 a 30	8.8	500	14.9	0 a 30	8.8	500	14.9
CIUDAD JUAREZ, CHIH.	0 a 23	1.3	>150	7.7	0 a 33	2.0	>2000	14.4	0 a 33	2.0	>2000	14.4
DISTRITO FEDERAL, D.F.	0 a 10	1.2	>1500	31.5	0 a 30	6.9	>1500	33.2	0 a 30	6.9	>1500	33.2
DURANGO, DGO.	0 a 10	1.5	91 a 100	1.6	50 a 70	1.0	0 a 10	2.0	50 a 70	2.0	0 a 10	3.9
GUANAJUATO, GTO.	14 a 20	3.9	>191	11.1	14 a 20	5.1	>191	14.2	0 a 100	12.4	>101	15.0
CHILPANCIÑO, GRO.	0 a 10	2.3	> 100	16.4	0 a 15	5.1	> 100	18.8	0 a 15	6.6	> 100	21.6
ACAPULCO, GRO.	0 a 10	2.5	> 200	7.0	0 a 25	9.2	> 2500	24.4	0 a 25	9.2	> 2500	24.4
GUADALAJARA, JAL.	0 a 17	1.0	>250	16.5	0 a 19	1.0	>50000	68.9	0 a 19	1.0	>50000	68.9
PUERTO VALLARTA, JAL.	31 a 60	1.5	>150	7.7	0 a 30	7.7	>1500	14.3	31 a 60	10.2	>1500	14.3
MORELIA, MICH.	0 a 15	0.9	>91	1.5	0 a 15	8.2	> 2000	12.3	0 a 15	11.1	> 2000	13.0
CUERNAVACA, MOR.	0 a 60	1.2	>2000	4.6	0 a 60	2.4	>2000	9.1	0 a 60	3.6	>2000	13.7
TEPIC, NAY.	0 a 20	2.6	>21	3.0	0 a 15	4.0	>21	6.0				
MONTERREY, N. L.	1 a 10	0.3	191 a 200	28.2	0 a 25	5.2	>200	15.6	0 a 25	5.2	>200	15.6
OAXACA, OAX.	0 a 15	1.3	> 61	1.8	0 a 15	2.3	> 91	3.2	0 a 15	3.0	401 a 500	4.9
PACHUCA, HGO.	0 a 15	3.7	> 15	6.1	0 a 15	3.3	> 251	18.3	13 a 25	0.7	51 a 250	9.1
PUEBLA, PUE.	0 a 15	2.3	40 a 50	6.3	0 a 10	3.9	>50	9.7	0 a 10	3.9	>50	9.7
QUERÉTARO, QRO.	0 a 10	0.7	201 a 300	31.4	0 a 30	5.1	200 a 300	63.4	0 a 100	2.1	201 a 300	55.7
CHETUMAL, Q. ROO.	0 a 20	1.1	>61	23.6	0 a 10	3.3	>201	40.0	0 a 10	2.0	>1000	50.2
CANCUN, Q. ROO.	0 a 20	1.1	>61	23.6	0 a 10	3.3	>201	40.0	0 a 10	2.0	>1000	50.2
COZUMEL, Q. ROO.	0 a 20	1.1	>61	23.6	0 a 10	3.3	>201	40.0	0 a 10	2.0	>1000	50.2
SAN LUIS POTOSÍ, SLP.	0 a 15	1.3	>125	13.7	0 a 50	5.4	>125	18.8	0 a 50	7.5	>125	18.8
CULIACÁN, SIN.	0 a 20	2.3	> 500	7.2	0 a 25	4.2	> 1501	8.4	0 a 25	5.4	> 3001	10.3
HERMOSILLO, SON.	0 a 14	1.9	>76	15.1	0 a 14	8.8	>15	12.4	0 a 14	8.8	>15	12.4
VILLA HERMOSA, TAB.	0 a 40	0.3	>81	2.4	0 a 20	1.8	>241	3.5	0 a 80	2.8	>481	3.9
CD. VICTORIA, TAMPS.	11 a 20	1.9	> 250	4.3	0 a 10	2.7	> 250	6.4	0 a 30	3.8	> 250	7.7
TLAXCALA, TLAX.	0 a 30	2.4	> 501	18.0	0 a 30	3.5	> 500	21.9	0 a 30	9.5	>500	37.3
XALAPA, VER.	0 a 20	1.6	>250	3.3	0 a 10	3.8	>250	7.5	0 a 10	4.2	>250	8.4
MÉRIDA, YUC.	0 a 20	1.8	>600	5.6	0 a 30	2.8	>2250	6.0	0 a 30	2.7	>2250	5.1
ZACATECAS, ZAC.	0 a 15	3.0	> 100	11.0	16 a 20	6.3	> 100	19.5	0 a 30	10.2	50 a 100	42.5

Fuente: CNA/UPRPS/Sistema Nacional de Información

CNA, 2005

## ANEXO 8. DEPENDENCIAS MÁS IMPORTANTES PARA LA POLÍTICA AMBIENTAL

DEPENDENCIA	CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS/ EFECTO AMBIENTAL
SEMARNAP desde 2001, SEMARNAT).  Dirección Forestal.  Dirección de Suelos.  Dirección General de Reforestación.	Desarrollo regional con enfoque ambiental.  Dir. Forestal: incluye aprovechamiento no-maderable.	Incluye la gestión de los recursos naturales, en particular la conservación de suelos, la reforestación y la gestión de los aprovechamientos forestales maderables en las zonas áridas.
Subdirección General de Consejos de cuenca, Comisión Nacional del Agua.	Formación y apoyo a consejos ciudadanos de cuencas.	Introducen consciencia de limitaciones del recurso hídrico e instrumentos ambientales para su cuidado.
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).	Estudio del conocimiento y usos de la biodiversidad; pequeños apoyos a proyectos piloto de aprovechamiento.	Incluye atención a la Convención de Biodiversidad.
Dirección General de Vida Silvestre, (Instituto Nacional de Ecología, INE).	Gestión del aprovechamiento mediante las Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA).	Ofrece servicios a comunidades campesinas comprometidas con la biodiversidad, incluyendo el cuidado sustentable y venta de especies.
Dirección General de Áreas Naturales Protegidas, INE.	Atención a bioreservas y otras áreas protegidas.	Un poco más de 1% del territorio está ya protegido; las Áreas (ANP) reconocen derechos limitados de habitantes pre-existentes.
Alianza para el Campo.	Empleo, Equipamiento, establecimiento de praderas, mecanización; Fondos aplicados por reembolso .	Difícil acceso a los productores pobres y los habitantes de las áreas marginadas con mayor importancia ambiental.
PROCEDE	Certificación de parcelas y solares para mayor certidumbre y responsabilidad patrimonial.	En la mayoría de los casos, un mayor sentido de responsabilidad sobre la tierra; en otros casos, concentración, que permite resolver limitaciones de escala y viabilidad; inducción de desmontes, especialmente en el Sureste.
PRONARE (Programa Nacional de Reforestación).	Reforestación: producción de Plantaciones principalmente y apoyo a campesinos.	Proporciona plantas, financia aspectos de la revegetación. Criterios de focalización a veces restringe la participación social.
BANRURAL, FOCIR (apoyo a exportación).	El crédito prácticamente es inexistente desde 1995 y no se diferencian la banca comercial de la de fomento. Se han desatendido las iniciativas de financiamiento comunitario.	Escasez de recursos financieros para el desarrollo de actividades productivas sustentables.
Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR, ahora SAGARPA)	Financiar y promover prácticas y obras de conservación.	<i>Ibid.</i>

SINDER	Fondos para contratación de técnicos empadronados.	Existen deficiencias en la preparación de los técnicos en una orientación sustentable
PROCAMPO	Es el instrumento de apoyo al campesinado con la mayor cobertura. Ofrece pago directo acordado en US\$100 de 1993 por <i>ha</i> , que en 2000 valen aprox. US\$80	Después de presionar el avance de la frontera agrícola al momento de la confección del padrón de usuarios, se ha estabilizado o aún tiende a la baja. Una regla obliga a los productores a mantener roturada su tierra. Pero un “Procampo-Ecológico” pretende remediar en parte el sesgo anti-conservacionista.
PRODEFOR	Apoyos para realizar los estudios requeridos para la obtención de permisos de aprovechamiento.	Incorpora a esquemas rentables y legales, superficies arboladas.
PROCYMAF (Prog. de Conservación y Manejo Forestal)	Dar asesoría y ayuda económica para planes de manejo forestal y estudios de mercado para productos no-maderables (incluyendo ecoturismo, hongos, etc.)	Promueve participación local y regional, incluyendo coordinación con las instancias de planeación del desarrollo municipales
PRODEPLAN	Reembolsos para plantaciones comerciales con una bolsa mayor específica para producción celulósica y otra para otros fines.	La complejidad de las gestiones, diseñadas para grandes operaciones, restringe el acceso a pequeños propietarios.

Fuente: Chapela, G. 1998

## ANEXO 9. CRITERIOS PARA LA CAPTURA DE CARBONO

El pago por servicios de captura de carbono para la mitigación del cambio climático, se inicia en 2004, para pagar por la producción de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> e) adicional a lo largo de los 5 años del programa.

La aprobación del pago para la ejecución del proyecto de servicios ambientales por captura de carbono, deberá aplicarse a Proyectos de pequeña escala, y sujetarse a los siguientes criterios:

- 1) La formulación de proyectos deberá apegarse a los lineamientos, modalidades y procedimientos del Fondo Prototipo de Carbono del Banco Mundial, o a los sancionados por la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de Naciones Unidas, conforme a los términos de referencia que la CONAFOR de a conocer en su página de Internet.
- 2) Los proyectos deberán demostrar un potencial de captura anual adicional de entre 4000 y 8000 toneladas de CO<sub>2</sub> e, o hasta 40,000 toneladas de captura distribuida en un periodo de cinco años.
- 3) La superficie de cada Proyecto podrá integrar diferentes sistemas de producción forestal y/o agroforestal, incluyendo áreas de restauración y/o reforestación, a menos que éstos ya reciban algún pago del Ejecutivo Federal por la prestación de otro servicio ambiental.
- 4) Los pagos anuales se realizarán con base a los resultados del estudio del potencial de captura por encima de la línea base presentados en el Proyecto. Se harán cuatro pagos anuales equivalentes al 20% de la captura adicional total estimada en los cinco años, y un pago de finiquito que estará en función de la captura adicional verificada al final del quinto año. Cada pago deberá ser instruido por el Comité. Al finalizar el periodo contratado en la carta de adhesión, se realizará la verificación de captura de carbono total alcanzada en el periodo de cinco años, a partir de la cual se realizará un ajuste final de los cuatro pagos realizados cada año, con la finalidad de balancear la correspondencia entre pagos realizados y existencias de carbono adicional con respecto a la línea base.
- 5) Las superficies bajo manejo para el aprovechamiento de recursos maderables en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, podrán ser elegibles únicamente en sus áreas de aprovechamiento en estado de reposo durante al menos los próximos siete años, lo cual deberá demostrarse con el respectivo Programa de Manejo autorizado por la SEMARNAT.

- 6) El pago por tonelada se determinará en función del cumplimiento de criterios ambientales y sociales que además de constituirse en parámetros de calificación de solicitudes, ayudarán a determinar un precio base, el cual otorgará valoración diferenciada que refleje las preferencias del mercado. Por cada punto acumulado con base en la tabla siguiente, se pagarán \$1.19 pesos M.N. adicionales al precio base de \$50 pesos M.N. por tonelada de CO<sub>2</sub> e, de tal manera que se pagará un mínimo de 50 y máximo de \$100 pesos M.N. por tonelada de CO<sub>2</sub> e.

Las solicitudes serán evaluadas por el Comité según el marco de calificación siguiente:

<b>CONCEPTOS PARA LA VALORACION DIFERENCIADA DE LOS PROYECTOS</b>	<b>PUNTAJE (mínimo 1; máximo 3):</b>
a) Proyectos en terrenos con pendiente promedio mayor a 20%:	3
b) Que el proyecto especifique al menos dos actividades que tengan un impacto positivo sobre su cuenca hidrológica	1
c) Ubicado en zonas dentro de una Area Natural Protegida (ANP) u otro tipo de zona de conservación	3
d) Que el proyecto especifique al menos dos actividades que tengan un impacto positivo sobre un Area de Importancia para la Conservación de Aves (AICA)	2
e) Que el proyecto especifique al menos dos actividades que tengan un impacto positivo sobre un sitio Ramsar (Humedales de importancia mundial)	1
f) Proyecto que favorece hábitat de especies en la NOM-059-Semarnat-2001. Al menos una especie en peligro de extinción: Al menos una especie amenazada: Al menos una especie sujeta a protección especial:	2 1 2
g) Terrenos del Proyecto dentro de la poligonal geográfica del Programa de Manejo Sustentable de Ecosistemas de Montaña de la CONAFOR	3
h) Proyectos que propongan un manejo agroforestal sustentable	1
i) Utilización de especies forestales nativas	3
j) Proyectos forestales cuyo aprovechamiento sustentable se destine a usos estructurales (industria de la construcción, artesanal o mueblera), lo que garantizaría la no emisión de Bióxido de Carbono	3
. k) Proyectos que incluyan la optimización del uso de dendroenergía, sustituyendo el consumo de combustibles fósiles	3
l) Que los solicitantes cuenten con esquemas de organización de productores con niveles de consolidación clara hacia el manejo sustentable y con las características que exige el mercado de servicios ambientales de que se trate	3
m) Si es ejido o comunidad, Asociación o Sociedad	3
n) Ubicado en municipio indígena conforme a INEGI Presencia indígena Mayoría indígena	2 3
o) Equidad de Género El grupo promotor del proyecto incluye mujeres El grupo promotor es de mujeres	1 2
p) Solicitantes de localidades y municipios de marginación según los indicadores del Consejo Nacional de Población. Marginación muy alta Marginación alta Marginación media	3 2 1
q) Solicitudes que involucren a 300 o más personas	2
<b>MAXIMO DE PUNTOS POR SOLICITUD</b>	<b>42</b>

Diario Oficial de la Federación, Acuerdo de PSA-CABSA, 24 de noviembre de 2004.

**ANEXO 10. COMPARACIÓN ENTRE EL PODER DE CALENTAMIENTO DE LOS PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO EN RELACIÓN AL CO<sub>2</sub>**

1 t	CO <sub>2</sub>	=	1	t CO <sub>2</sub> e
1 t	CH <sub>4</sub>	=	21	t CO <sub>2</sub> e
1 t	N <sub>2</sub> O	=	310	t CO <sub>2</sub> e
1 t	CF <sub>4</sub>	=	9,500	t CO <sub>2</sub> e
1 t	HFC <sub>23</sub>	=	11,000	t CO <sub>2</sub> e
1 t	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	=	50,000	t CO <sub>2</sub> e

Cubillos y Wellenstein, 2005.

## ANEXO 11. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. SUPERFICIE SEMBRADA, COSECHADA Y VALOR DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA NACIONAL POR CULTIVO Años agrícolas 1998 a 2003

CUADRO 2.1.1.1  
2a. parte y última

CULTIVO	2001			2002			2003 <sup>P</sup>		
	SUPERFICIE (Ha)		VALOR (Miles de pesos)	SUPERFICIE (Ha)		VALOR (Miles de pesos)	SUPERFICIE (Ha)		VALOR (Miles de pesos)
	SEMBRADA	COSECHADA		SEMBRADA	COSECHADA		SEMBRADA	COSECHADA	
<b>Total</b>	<b>21 607 967</b>	<b>20 032 833</b>	<b>170 850 199</b>	<b>21 664 018</b>	<b>19 318 966</b>	<b>169 584 677</b>	<b>21 754 412</b>	<b>20 118 776</b>	<b>192 420 532</b>
<b>Cíclicos</b>	<b>16 355 922</b>	<b>15 077 281</b>	<b>96 775 563</b>	<b>16 164 531</b>	<b>14 199 971</b>	<b>95 762 983</b>	<b>16 160 585</b>	<b>14 991 470</b>	<b>111 566 412</b>
Ajonjolí	75 038	70 943	212 555	49 543	37 353	104 428	58 308	55 621	193 904
Arroz	58 447	53 232	335 658	54 982	50 457	372 417	63 929	60 044	454 087
Cártamo	136 093	112 945	146 505	82 187	52 758	94 183	158 429	146 597	455 704
Cebada	327 719	310 702	1 240 556	346 430	282 291	1 157 199	373 523	364 494	1 796 553
Fresa	3 881	3 881	641 959	3 615	3 613	738 634	4 092	3 853	879 479
Frijol	1 952 885	1 898 584	6 846 017	2 228 107	2 054 382	9 875 221	2 040 425	1 904 100	7 183 876
Maíz	8 396 879	7 810 847	29 216 396	8 270 939	7 118 918	28 967 498	8 126 821	7 520 918	33 495 114
Sorgo	2 212 777	1 942 783	6 507 346	2 029 879	1 743 521	6 219 117	2 101 543	1 972 821	8 785 925
Soya	75 135	73 726	224 755	60 189	56 474	175 765	71 263	67 880	377 780
Trigo	695 881	667 248	4 012 166	657 948	634 559	3 930 402	623 260	604 659	3 850 858
Chile verde	102 399	99 133	4 829 247	93 215	83 707	4 248 988	93 013	85 767	5 191 584
Jitomate	76 698	74 451	6 552 432	69 814	67 360	6 216 529	70 390	67 644	9 175 721
Papa	68 896	68 272	5 354 930	63 782	62 428	6 528 753	66 953	65 344	7 273 985
Otros	2 173 234	2 070 535	30 856 042	2 154 119	1 952 169	28 143 873	2 308 635	2 071 928	32 481 941
<b>Perennes</b>	<b>5 252 045</b>	<b>4 955 552</b>	<b>74 074 636</b>	<b>5 499 487</b>	<b>5 118 995</b>	<b>73 821 694</b>	<b>5 593 827</b>	<b>5 127 306</b>	<b>80 854 120</b>
Aguacate	94 477	94 148	5 030 864	97 621	93 847	4 039 305	97 787	95 399	5 373 582
Café cereza	777 182	747 416	3 053 170	779 058	724 558	2 748 310	774 850	728 614	2 892 864
Durazno	42 248	39 214	891 224	44 827	38 800	866 859	42 569	28 416	926 450
Fresa	1 855	1 819	149 797	2 288	2 237	296 288	1 425	1 400	154 786
Mango	170 583	162 304	3 088 788	169 483	161 899	3 576 627	171 890	156 098	3 149 035
Manzana	62 395	60 998	1 243 841	61 522	60 887	1 480 583	62 995	54 572	1 652 236
Naranja	340 085	326 580	2 439 199	347 657	333 280	2 821 846	343 843	330 785	3 403 135
Limón agrio	131 837	124 660	2 206 067	135 910	125 512	2 397 959	137 609	130 285	3 048 018
Plátano	76 036	75 703	3 815 921	70 281	68 023	2 643 453	76 358	73 114	2 469 181
Uva	40 529	37 342	2 524 362	39 914	32 904	3 060 203	34 970	30 685	3 584 273
Otros	3 514 839	3 285 370	49 632 404	3 750 987	3 477 247	49 870 280	3 849 531	3 497 987	54 200 761

NOTA: Las sumas pueden no coincidir con los totales debido al redondeo de las cifras.

FUENTE: Para 1998 a 2000: SAGARPA. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON) 1990-2001.

Para 2001 y 2002: SAGARPA. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos (varios años).

Para 2003: SAGARPA. SIAP. Anuarios Dinámicos ([www.siap.sagarpa.gob.mx/ar\\_comagri.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comagri.html)) consultada el 2 de agosto de 2004.

INEGI, 2004. El Sector Alimentario en México.

## ANEXO 12. CODIGO DE PROGRAMACIÓN EN VISUAL-BASIC 6.0 PARA EL MÉTODO DE COSTO DE VIAJE

### A. Captura de datos para la obtención de la tasa de visitación y el costo del viaje por zona de procedencia

Private Sub Command1\_Click()

Dim A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, Ñ, O, P As

Integer

A = Val(Text1.Text)

B = Val(Text2.Text)

D = Val(Text3.Text)

E = Val(Text4.Text)

F = Val(Text5.Text)

G = Val(Text6.Text)

H = Val(Text7.Text)

I = Val(Text8.Text)

J = Val(Text9.Text)

K = Val(Text10.Text)

L = Val(Text11.Text)

C = (A / B) \* 1000

M = F \* G \* H \* I \* J

N = (F \* G \* H \* I) \* K

Ñ = (N \* 100) / M

O = F \* Ñ

P = D + E + O

Label2.Caption = (A / B) \* 1000

Label3.Caption = F \* G \* H \* I \* J

Label4.Caption = (F \* G \* H \* I) \* K

Label5.Caption = (N \* 100) / M

Label6.Caption = F \* Ñ

Label7.Caption = D + E + O

End Sub

Private Sub Form\_Click()

Form1.Caption = Time

End Sub

Private Sub Form\_Load()

Form1.Caption = Time

End Sub

**B. Captura de la tasa de visitación y el costo de viaje por zona de procedencia para la obtención de la demanda y el precio máximo**

```

Private Sub data1_validate(action As Integer, save As Integer)
End Sub
Private Sub Command1_Click()
List1.AddItem (Text1.Text)
List2.AddItem (Text2.Text)
End Sub
Private Sub Command2_Click()
n = List1.ListCount
For i = 1 To n
X = Val(List1.List(i - 1))
Y = Val(List2.List(i - 1))
sx = sx + X
sy = sy + Y
sxx = sxx + X * X
sxy = sxy + X * Y
m = (((n * sxy) - (sx * sy)) / ((n * sxx) - ((sx) ^ 2)))
b = (((sy * sxx) - (sx * sxy)) / ((n * sxx) - ((sx) ^ 2)))
Next i
Label2.Caption = sx
Label3.Caption = sy
Label4.Caption = sxx
Label5.Caption = sxy
Label6.Caption = m
Label7.Caption = b
End Sub
Private Sub Form_Click()
Form1.Caption = Time
End Sub
Private Sub Form_Load()
Form1.Caption = Time
End Sub
Private Sub Command3_Click()

```

```

Dim t, u, v, w, r, s As Integer
t = Val(Text3.Text)
u = Val(Text4.Text)
v = Val(Text5.Text)
w = Val(Text6.Text)
r = (v * t) + w
s = (u - w) / v
Label50.Caption = r
Label51.Caption = s
End Sub
Private Sub Command4_Click()
Dim a, b, c, d As Integer
a = Val(Text7.Text)
b = Val(Text8.Text)
c = Val(Text9.Text)
d = ((a - b) * c) / 2
Label52.Caption = d
End Sub

```



**CALCULO DE LA DEMANDA, PRECIO MÁXIMO Y EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR EN UNA ÁREA DE RECREACIÓN (Método del Costo de Viaje, parte 2-2)**

TASA DE VISITACIÓN COSTO TOTAL (pesos)

Ingresar valores a listas

TASA DE VISITACIÓN COSTO TOTAL (pesos)

Tasa de visitación TOTAL = Precio TOTAL =

Calculo de valores ajustados

(Tasas de visitación)<sup>2</sup> =

Tasas de visitación y precios totales =

DEMANDA (pendiente) =

PRECIO MÁXIMO (ordenada al origen) =

Ingresar el valor de la DEMANDA Ingresar el valor del PRECIO MÁXIMO (pesos)

Intra o Extrapolación de valores

Precio calculado (pesos) =

Tasa de visitación calculada =

Ingresar el valor del PRECIO MÁXIMO (pesos)

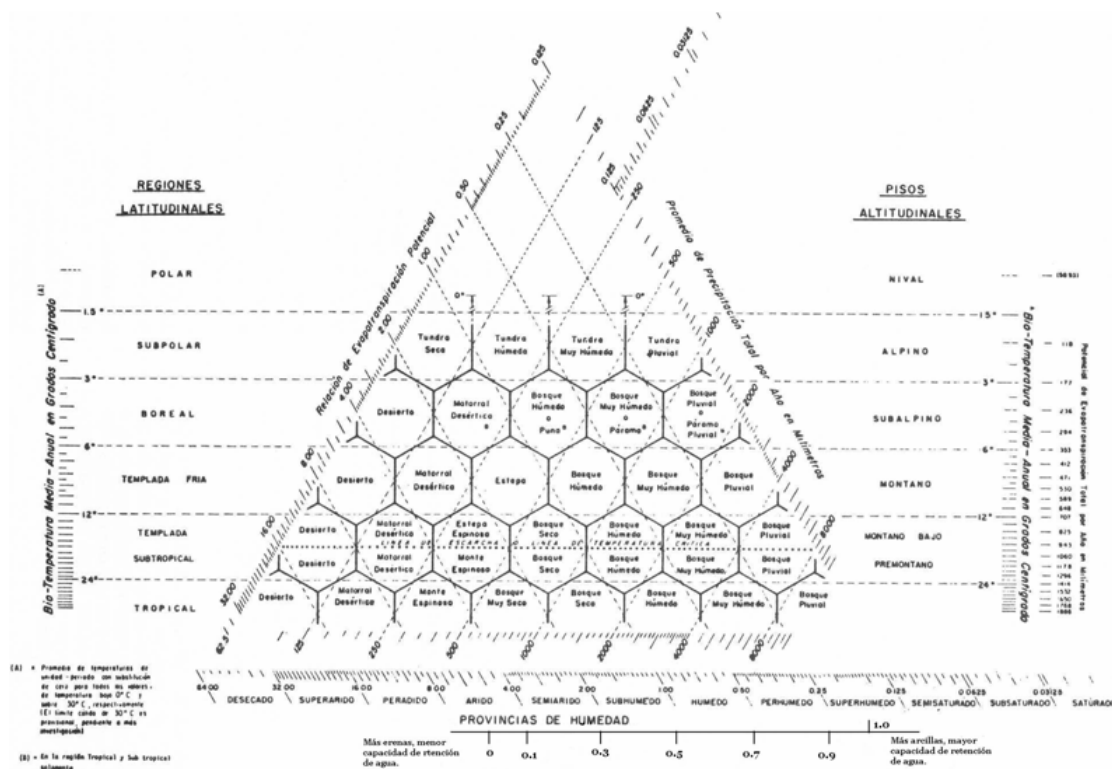
Ingresar COSTO TOTAL

Ingresar TASA DE VISITACIÓN

EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR (beneficio o la ganancia)

Calcular EXCEDENTE DEL CONSUMIDOR

**ANEXO 13. DIAGRAMA DE ZONAS DE VIDA DEL MUNDO NATURAL DE L. R. HOLDRIGE**



## ANEXO 14. TRIPTICO INFORMATIVO SOBRE LA IMPORTANCIA DE LOS HUMEDALES


Este tríptico fue distribuido a las personas durante la valoración económica de servicios ambientales a través del método de Costo de Viaje y el de Valoración contingente en los humedales del Área Natural Protegida “Ciénegas del Lerma”, Estado de México.

### HUMEDALES

A los humedales generalmente se les identifica como áreas que se inundan temporalmente. Hay humedales repartidos por todos los continentes, excepto en la Antártida, y se extienden desde los trópicos hasta la tundra. Dominan una superficie como la de toda Europa.

Con el tiempo se empezó a proteger los humedales por ser lugares que sustentan elevadas concentraciones de aves, además de mamíferos, reptiles, anfibios, peces y especies invertebradas.

Se trata de los ecosistemas más productivos de la tierra por ser fuentes de diversidad biológica, pues aportan el agua y la productividad primaria de la que innumerables especies vegetales y animales dependen para la supervivencia.


Los humedales aportan los siguientes servicios ambientales:

- *Protección contra tormentas y mitigación de inundaciones.*
- *Control de la erosión*
- *Recarga de acuíferos*
- *Purificación de agua mediante la retención de nutrientes, sedimentos y contaminantes*
- *Estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente la precipitación y la temperatura*
- *La regulación de la concentración de oxígeno atmosférico, captura de carbono y regulación de metano.*


También se encuentra el servicio de *la recreación como el turismo y ecoturismo, la belleza escénica, la caza y pesca deportivas.*

A pesar de que aportan estos importantes servicios, también están sujetos al deterioro, principalmente por las modificaciones que hace el hombre en zonas aledañas a estos ecosistemas, como:

- Represas y canalizaciones
- Extracción de agua
- Adición de nutrientes contaminantes o sedimentos que provienen de la agricultura
- Deforestación
- Minería
- Pastoreo
- Desarrollo industrial y urbano
- Descargas de aguas residuales



Aunque actualmente se les está considerando como áreas protegidas todavía queda mucho por hacer, tal es el caso de crear en las comunidades aledañas y de nosotros mismos una cultura conservacionista.



Otra de las estrategias para el uso sustentable de humedales y la conservación de los mismos, implica el compromiso financiero que puede sustentarse con el aprovechamiento de bienes y servicios ambientales.



Es por eso que en la actualidad se promueve el pago de servicios ambientales como mecanismo que permite capitalizar los activos naturales de la sociedad con el fin de ser un elemento más para obtener una concientización conservacionista y para la adecuada planeación económica de los bienes y servicios naturales que nos ofrece la naturaleza.

*Si no se protegen estos ecosistemas, tendríamos que pagar exorbitantes cantidades de dinero para tratar de obtener los mismos servicios ambientales que nos proveen y que ahora obtenemos gratuitamente.*



#### FES ZARAGOZA DIRECTORIO

**Mtro. Juan Francisco Sánchez Ruiz**  
Director

**C. D. Alfredo S. Sánchez Figueroa**  
Secretario General

**Mtro. Luis A. Mora Guevara**  
Secretario Académico

**I. Q. Felipe Sánchez Durzo**  
Jefe de Área de Ciencias Químico Biológicas

#### CARRERA DE BIÓLOGO

**Biól. Maricela Arteaga Mejía**  
Jefa de Carrera, Tel. 5773-6336  
[mam@grupoa2.zaragoza.unam.mx](mailto:mam@grupoa2.zaragoza.unam.mx)

**Biól. Joel Romero Carrera**  
Coordinador de Ciclo Básico

**M. en C. Dolores A. Escorza Carranza**  
Coordinadora de Ciclo Intermedio

**Biól. Rubén Zuharán Rosales**  
Coordinador de Ciclo Terminal

Elaboración:

**M. en C. Eliseo Cantellano de Rosas**

**Biól. Angel Emmanuel García García**  
[biologo\\_angel@yahoo.com.mx](mailto:biologo_angel@yahoo.com.mx)



FACULTAD DE  
ESTUDIOS  
SUPERIORES  
ZARAGOZA

U N A M

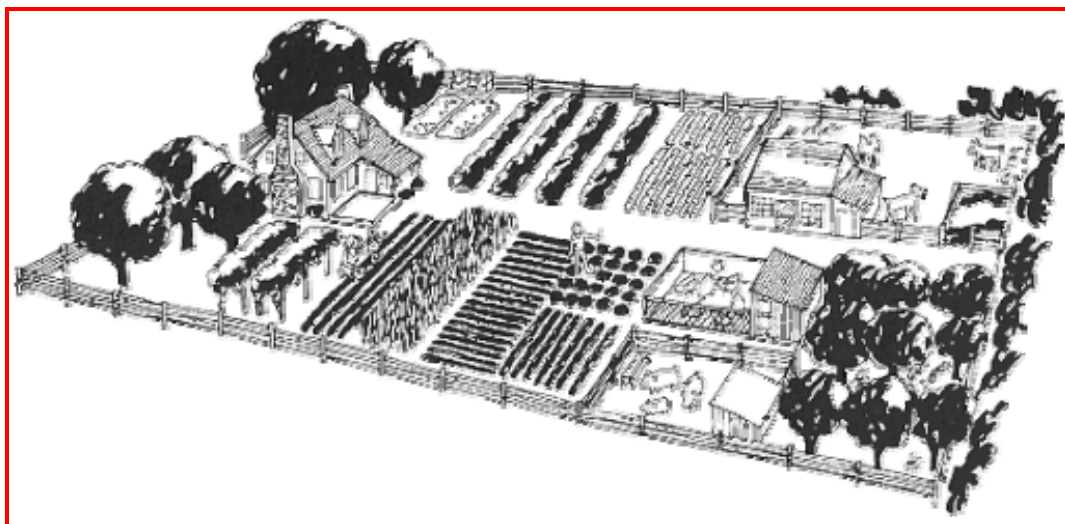
CARRERA DE BIÓLOGO

## EL VALOR ECONÓMICO DE LOS HUMEDALES

2005



## ANEXO 15. ESQUEMA DE UN SISTEMA AGROFORESTAL



### 13. GLOSARIO

**Activo circulante o capital de trabajo:** Bienes y derechos de inmediata disposición, tales como son: cajas y Bancos; adquisición de mercancías, materias primas e insumos y sus fletes; pago de seguros; gastos de operación (salarios, jornales, etc.); cuentas por cobrar; gastos de venta (sueldos, salarios fletes, etc.); gastos de administración (sueldos y honorarios).

**Activo diferido:** Gastos de constitución: constitución de figuras legales; gastos de organización: organización, manual de procedimientos, manual de control interno, sistema de contabilidad, marcas, patentes, gastos de instalación, etc.

**Activo fijo:** Adaptación y rehabilitación: inmuebles; instalaciones (eléctrica, hidráulica, sanitaria); maquinaria y equipo; equipo de oficina; equipo de transporte; invernaderos; sistemas de riego; pastizales, cercos y corrales, entre otros. Construcción de: nave industrial, oficinas, invernaderos, sistema de riego, abrevaderos, corrales y cercos, prueba y arranque.

**Agenda 21:** Plan de acción para el desarrollo sustentable adoptado en la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro, en junio de 1992.

**Agroindustria rural:** Actividad que permite aumentar y retener, en las zonas rurales, el valor agregado de la producción de las economías campesinas, a través de la ejecución de una o más de las tareas de post-producción, tales como selección, lavado, clasificación, almacenamiento, conservación, transformación, empaque, transporte y comercialización, de productos agropecuarios, del mar y del bosque.

**Análisis costo-beneficio:** Evaluación de todos los costos y beneficios derivados de una decisión o un proyecto.

**Análisis del impacto:** Evaluación de los daños o beneficios causados a un ecosistema por un impacto ambiental externo determinado (ej. derrames de petróleo en un humedal costero).

**Área Natural Protegida:** Son las zonas de territorio nacional y aquellas sobre la nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que requieren ser preservadas y restauradas y que quedan sujetas al régimen previsto en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y los demás ordenamientos aplicables.

**Bancos de agua:** Mecanismos para vender o arrendar derechos de agua. La primera ventaja de estos bancos es imponer un precio claro al agua y establecer un mercado para este bien, tan limitado. La simple existencia de un precio y unas posibilidades de compra y venta, estimulan el cuidado, la racionalidad del consumo y el ahorro de este recurso, puesto que lo ahorrado puede venderse. Los bancos de agua no la crean, no aumentan la disponibilidad del recurso, pero conllevan una racionalidad de su consumo.

**Beneficiarios:** Los ejidos, comunidades, pequeños propietarios, legítimos poseedores de recursos forestales y las asociaciones que se formen entre sí, que reciban los pagos del programa de pago por servicios ambientales con base en las reglas de operación establecidas por dicho programa.

**Beneficio:** En el análisis del costo-beneficio, es sinónimo del valor, o el máximo de lo que se está dispuesto a pagar, por bienes y servicios ambientales. El beneficio deriva de unidades monetarias que consumidores están dispuestos a intercambiar con productores.

**Bien público:** Bien o servicio ambiental que puede reportar un beneficio a una persona sin que esto reduzca el beneficio que el mismo bien o servicio es capaz de reportar a otra.

**Bienes ambientales:** Los recursos tangibles que son utilizados por el ser humano como insumo en la producción o en el consumo final, y que se gastan y transforman en el proceso.

**Biodiversidad genética:** La suma de la información genética contenida en los cromosomas de individuos de plantas, animales y microorganismos.

**Bioprospección:** Es la búsqueda de principios activos en la naturaleza (flora y fauna).

**Biotemperatura:** Es un concepto que se utiliza en el diagrama de las zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdrige. Hace referencia a la temperatura para el crecimiento y desarrollo de la vida, oscila entre los 0 y 30°C. El calor excesivo (mayor a los 30°C), detiene los procesos fotosintéticos.

**CEDA:** Comité Estatal para el Desarrollo Agrario.

**Ciénega:** De acuerdo a la Real Academia Española, ciénega es un lugar o paraje lleno de cieno pantanoso.

**Cieno:** De acuerdo a la Real Academia Española, cieno es un lodo blando que forma depósito en ríos, y sobre todo en lagunas o en sitios bajos y húmedos.

**Comercializadora social:** Es la empresa social que se dedica a la comercialización de productos primarios producidos en su localidad o región y que su abasto es mayoritariamente por terceros.

**CONAFOR:** La Comisión Nacional Forestal, fue creada por decreto presidencial el 4 de abril del 2001, es un organismo público descentralizado cuyo objeto es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes y programas, y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable.

**Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD):** Conferencia llevada a cabo en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, donde fueron adoptadas la Agenda 21, el plan para futuras acciones nacionales e internacionales en el campo del medio ambiente y desarrollo, y las Convenciones sobre Cambio Climático y de Diversidad Biológica.

**Conservación:** Gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano de modo que se produzca el mayor y sustentable beneficio actual, asegurando su potencial para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones.

**Convención marco:** Un acuerdo multilateral que establece principios comunes, pero no incluye compromisos vinculantes de acciones específicas.

**Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC):** Suscrito en la conferencia de Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, la CMNUCC es un acuerdo internacional que involucra a 168 gobiernos a trabajar juntos para encarar el problema del cambio climático. El FMAM sirve como mecanismo financiero para la convención.

**Convenio:** Es el acuerdo de voluntades para crear, modificar o extinguir derechos y obligaciones. Incluye compromisos vinculantes de acciones específicas.

**Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB):** Suscrito por los gobiernos en la conferencia de Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, el convenio es un Acuerdo legal vinculante que compromete a los 169 gobiernos a tomar acciones para detener la pérdida mundial de la diversidad biológica. El convenio prevé la conservación de la biodiversidad, contempla el uso sustentable, y promueve una distribución justa y equitativa de los beneficios de los recursos genéticos. El FMAM es el mecanismo de financiamiento interno para el convenio.

**Costo del viaje:** Valor de un viaje a un ecosistema o área recreativa, derivado de su costo, incluido el costo del tiempo que dura.

**Costo de oportunidad:** Valor de lo que se ha de sacrificar para adquirir o conseguir otra cosa. Es la mejor alternativa de uso de los recursos a la que uno renuncia para llevar a cabo un proyecto o actividad en específico.

**Costo de oportunidad indirecto:** Valor del tiempo dedicado a una actividad determinada.

**Costo social:** El costo total de una actividad económica para la sociedad.

**Cuentas ambientales:** Cuantificar el patrimonio natural (stock de recursos) y expresarlo en términos monetarios, para ver su aporte a los distintos sectores y actores de la economía local, regional, nacional hasta internacional.

**Demanda:** Disposición a obtener un bien o servicio, respaldada por el correspondiente poder adquisitivo. Es una función de la relación multidimensional entre la cantidad consumida y los factores que determinan cuanto se consume. En una representación grafica su pendiente es negativa porque los consumidores buscan sustitutos menos costosos cuando los precios aumentan. A la demanda también se le conoce como beneficio marginal.

**Derrama económica:** Es una cascada de efectos económicos directos e indirectos que se derivan de una actividad (comercial u otra donde intervengan las características de mercado).

**Desarrollo sustentable:** Uso adecuado de los recursos que permita la satisfacción de necesidades básicas presentes de los habitantes, pero sin comprometer los recursos de generaciones futuras. Es el proceso de seguir operando el flujo de la economía con insumos y desechos sin dañar al ecosistema.

**Deseconomías:** Impactos negativos (externalidades negativas) provocados por las actividades económicas humanas (incluyendo desastres naturales) y que tienen un costo social.

**Diagrama de zonas de vida natural del mundo de L. R. Holdridge:** Las interacciones específicas entre suelos y variables topográficas y atmosféricas locales [*a*) biotemperatura anual media; *b*) precipitación anual media; y *c*) relación potencial de evapotranspiración], por una parte, y asociaciones vegetales, por otra, demuestran regularidades pronunciadas, habiéndose construido modelos relativos también a estas estructuras. Las tres variables climáticas, están escaladas logarítmicamente y las unidades vegetativas así inscritas están escaladas aritméticamente. La elección de escalas y valores para el modelo, indicada por observaciones de campo preliminares, ha demostrado ser notablemente exacta cuando se medía con datos de campo posteriormente recogidos en una dilatada zona geográfica. Cuando se cuenta con los adecuados datos de estaciones meteorológicas, con gran densidad superficial, la delineación aproximada de las zonas biológicas puede conseguirse mediante su aplicación a diagramas y fórmulas.

**Disposición a pagar:** Suma que una persona está dispuesta a desembolsar para adquirir un bien o servicio, independientemente de si tiene un precio corriente de mercado o es gratuito.

**Diversidad ecosistémica:** Son diferentes hábitat, comunidades bióticas y proceso ecológicos en la biosfera así como la diversidad en los ecosistemas.

**Diversidad de especies:** Población en la cual cada flujo de genes ocurre bajo condiciones naturales.

**Ecología:** Conocimiento de la casa. Es la parte de la biología que trata de entender como funciona la naturaleza, más allá del nivel de organismo.

**Economía:** Administración de la casa. Es la ciencia que estudia la asignación de recursos escasos entre distintas actividades.

**Economía ambiental:** Área de la economía que cuantifica en términos monetarios los flujos de insumos y servicios provenientes de los ecosistemas y los impactos sobre el entorno resultantes de las actividades económicas humanas. Optimización en la explotación de recursos, medios de gestión ambiental e instrumentos para lograr el desarrollo sustentable.

**Economía del bienestar:** Es un campo de la economía que se encarga en el dinero del individuo en relación con su bienestar social, particularmente en los cambios del bienestar que se dan por la aplicación de políticas públicas.

**Economía circular:** A diferencia del enfoque económico tradicional, involucra el análisis económico de bienes y servicios ambientales.

**Eficiencia económica:** Es la asignación de recursos en la economía que generan una ganancia neta a la sociedad, medida mediante la valoración en términos de los beneficios de cada uso menos sus costos.

**Enfoque de equidad de género:** Es la instrumentación de políticas y acciones públicas que aseguren la equidad de oportunidades de empleo, salarios y acceso al crédito para el desarrollo personal, familiar y de la comunidad de las mujeres y personas con capacidades diferentes.

**Estándar ambiental:** Es un mecanismo para disminuir la contaminación a través del control en las cantidades emitidas.

**Esternalidad:** Término económico para impacto ambiental (pueden ser negativos o positivos).

**Fideicomiso:** Es un acto en virtud del cual se entrega a una institución financiera (fiduciaria) determinados bienes para que disponga de ellos según la voluntad del que los entrega (fideicomitente) en beneficio de un tercero, llamado (fideicomisario). Mediante la creación de un fideicomiso, una persona transmite un bien a un tercero con el encargo de que cumpla un fin lícito.

**Financiamiento de proyectos:** El financiamiento de proyectos FMAM proviene de los fondos entregados, a través del Servicio de Formulación y Preparación de Proyectos (SFPP), por 36 países contribuyentes. Estos fondos se distribuyen mediante Donaciones PDF (para planificación), Donaciones para Proyectos de Gran Escala, Donaciones de Tamaño Mediano, Pequeñas Donaciones, Actividades Habilitantes y Medidas a Corto Plazo del FMAM.

**FMAM:** Fondo para el Medio Ambiente Mundial reestructurado y establecido de acuerdo con los propósitos del instrumento del FMAM.

**FONAES:** Fondo Nacional de Apoyos para Empresas en Solidaridad.

**Fondo del ambiente:** Fondo fideicomiso para financiar obras de conservación de bienes y servicios ambientales.

**Función de un humedal:** Conjunto de procesos en que intervienen los distintos componentes biológicos, químicos y físicos, tales como el ciclo de nutrientes, productividad biológica o recarga de acuíferos.

**Funciones ecosistémicas:** Relaciones (flujos energéticos) entre los distintos elementos de un ecosistema.

**Gases de efecto invernadero:** Son moléculas en su estado gaseoso que entre otros procesos provocan el calentamiento del planeta tierra. Los más importantes son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) y hexafloruro sulfúrico (SF<sub>6</sub>).

**Gastos de capacitación:** Pago de estudios de factibilidad, mercado, diseño de marca e imagen, diseño de empaque y embalaje.

**Humedal:** De acuerdo a la Convención Ramsar los humedales pueden definirse como: "Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

**Impactos ambientales (externalidades):** Son el resultado o el efecto de la actividad económica de una persona o grupo de personas sobre el bienestar de otras.

**Imperfecciones en el mercado:** Son elementos que impiden que se lleve a cabo de manera ideal el modelo de mercado. 1) Competencia imperfecta tanto en el mercado de bienes y servicios, como en el mercado de factores productivos: monopolio, oligopolio y monopsonio; rigidez en el mercado de trabajo y capital; existencia de diversas formas de racionamiento en este último; intervención del gobierno a través de impuestos; subsidios, control de precios, etc. 2) Incompletitud de muchos mercados, problemas de falta de información, etc. Y 3) Un conjunto de bienes y servicios que carecen de un mercado donde intercambiarse y por tanto carecen de precios (bienes no transables): los bienes públicos, los recursos comunes y las externalidades.

**Impuesto ambiental:** Es un mecanismo para evitar la contaminación, internalizando los costos ambientales (costos de los impactos negativos), a través del control de los precios de los productos en el mercado.

**Incentivo:** Es una ganancia adicional que influye sobre el comportamiento de las personas (ej. Una persona que esta acostumbrada a tirar desechos de aluminio a la calle, de pronto se da cuenta que le resulta más rentable juntarla y venderla para su reciclaje).

**Indicadores económicos ambientales:** Cuantificación monetaria de los indicadores físicos.

**Indicadores físicos:** Medición cuantitativa y cualitativa física de los recursos naturales.

**Interés:** Suma de dinero cobrada al prestatario por el uso de una suma de dinero tomada en préstamo, calculada generalmente sobre una base porcentual.

**Insumos:** (inputs) son materiales, materia prima, “meter en producción” (ej. El riego).

**Marisma:** Área de tierras bajas, mal drenadas y sujetas a un proceso de eutrofización que se encuentra cerca de la costa, generalmente en torno a la desembocadura de un río.

**Marketing:** Publicidad de mercadeo.

**Medio Ambiente:** Complejo de factores físicos, naturales, artificiales, sociales, culturales, económicos y estéticos que afectan a los individuos y a las comunidades humanas y determinan su forma, carácter, relaciones y sobrevivencia.

**Mecanismo para un desarrollo limpio:** Se encuentra definido en el Artículo 12 del Protocolo de Kyoto. Su propósito es el ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I del Protocolo a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, así como ayudar a las partes incluidas en el Anexo I, a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

**Mecanismo de pago por servicios ambientales:** El instrumento económico a través del cual se garantiza el pago de servicios ambientales (ej. Impuestos ambientales, tarifas, canones, licencias, concesiones, etc.).

**Mercado:** Conjunto de transacciones entre oferentes y demandantes de un bien o servicio dotados de medios de cambio. Cualquier conjunto de transacciones o acuerdos de negocios entre compradores y vendedores. En contraposición con una simple venta, el mercado implica el comercio regular y regulado, donde existe cierta competencia entre los participantes. El mercado surge desde el momento en que se unen grupos de vendedores y compradores y permite que se articule el mecanismo de la oferta y demanda.

**Métodos de valoración económica de bienes y servicios ambientales:** Técnicas económicas y estadísticas que tratan de captar todos los elementos del valor económico total para poder cuantificar los costos y beneficios generados por el uso de bienes y servicios ambientales.

**Métodos de valoración económica directa:** Los que usan precios de mercado existentes para cuantificar los costos y beneficios generados por el uso de bienes y servicios ambientales.

**Métodos de valoración económica indirecta:** Técnicas para valorar bienes y servicios ambientales que no tienen precios de mercado. Generan un mercado hipotético en el cual se crean precios y se cuantifican respectivamente los costos y beneficios relacionados con su uso.



**Microeconomía:** Disciplina de la economía cuyo objeto es el estudio del comportamiento individual de los agentes económicos, principalmente de las empresas y de los consumidores. Se diferencia de la macroeconomía en que ésta se ocupa de estudiar hasta que punto los recursos disponibles están plenamente utilizados, como crecen con el tiempo y otros temas relacionados.

**Núcleo agrario:** Término genérico que designa a los grupos humanos que se apropian de tierras, ya sean agrícolas, forestales o ganaderas y para los asentamientos humanos de manera colectiva; es decir, a los ejidos y comunidades. Es el ejido o comunidad constituido legalmente mediante: 1) Resolución agraria administrativa; 2) Resolución jurisdiccional o, 3) Acuerdo de voluntades, de conformidad con lo establecido en los artículos 90 y 91 de la Ley Agraria.

**Oferta:** Conjunto de bienes y servicios ofrecidos a la venta.

**Organización:** Agrupación social, civil, no gubernamental, u organización de la sociedad civil, debidamente constituida y registrada ante las autoridades competentes de conformidad con la legislación vigente, que puede representar a los sujetos objeto del programa de pago por servicios ambientales.

**Pago por servicios ambientales:** Es una manera de sufragar el costo para las obras de conservación o preservación. Es el pago que hace la humanidad a la naturaleza para garantizar la regeneración del recurso.

**Paisaje:** Es un ecosistema acotado espacialmente a nivel de mesoescala, de naturaleza heterogénea y que presenta una estructura inherente, la cual esta conformada por parches homogéneos en sus características edáficas (suelos), litológicas (rocas), y topográficas, así como biológicas (vegetación u otros organismos estructural o funcionalmente importantes).

**País en desarrollo:** País que no ha alcanzado aún la etapa de desarrollo económico caracterizada por el auge de la industrialización ni un nivel de renta nacional que baste para generar el ahorro interno necesario para financiar las inversiones requeridas para impulsar un crecimiento todavía mayor.

**Pantano o pantanal:** Término aplicado a un área desprovista de árboles en la que la capa freática está al mismo nivel que el suelo, o justo por encima o por debajo de él; la vegetación dominante es de gramíneas, cañas, juncos y carrizo.

**PIB (Producto Interno Bruto o PBI):** El producto interno es valor de todos los bienes y servicios finales producidos por un país en un determinado periodo. Comprende el valor de los bienes producidos, como viviendas, comercio, servicios, gobierno, transporte, etc. Cada uno de estos bienes y servicios se valora a su precio de mercado y los valores se suman para obtener el PBI. Los desastres naturales provocan, entre otros factores, el descenso del PBI.

**Plan de negocio:** Son el conjunto de acciones que una empresa plantea ejecutar en el corto, mediano y largo plazo, a partir del diagnóstico de situación actual en que esté el proyecto que implementa, para superar o consolidar su actividad, estableciendo tiempos y acciones concretas, medibles y evaluables que permitan el avance de la empresa o la toma de decisiones. Para FONAES sirve, además, como herramienta de planeación sobre futuras inversiones que el proyecto que desarrolla la empresa pueda necesitar.

**Precio de mercado:** Comprende impuestos indirectos, como sobre las ventas y sobre consumos específicos, por lo que no es igual que el precio que cobra el vendedor de los bienes. El precio neto, que es el precio de mercado menos los impuestos indirectos, es el coste de los factores, que es la cantidad que reciben los factores de producción que produjeron el bien.

**Precio de mercado sustitutivo:** Precio de mercado de un bien o servicio afín empleado para valorar usos no comerciales de ecosistemas.

**Precio sombra:** Precio ‘ajustado’ para eliminar cualesquiera distorsiones causadas por políticas o imperfecciones del mercado de forma que refleje la verdadera disposición a pagar (se puede usar el número de salarios mínimos). Es un valor intrínseco de un insumo.

**Preservación:** Manutención de las condiciones originales de recursos naturales y del ambiente en general, reduciendo al mínimo o eliminando la intervención humana. No se debe confundir con el concepto de conservación.

**PROCEDE:** El Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares.

**Programa de ministraciones:** Es la forma calendarizada que FONAES acuerda con los beneficiarios para la entrega de recursos que solicitan, para la ejecución de su proyecto o para la realización de un servicio.

**Protocolo:** Un acuerdo multilateral que provee compromisos específicos y detallados ligados a una convención. Es sinónimo de convenio.

**Protocolo de Kyoto:** Protocolo para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático suscrito en diciembre de 1997, que establece objetivos y cronogramas para que los países industrializados en el período 2008-2012, reduzcan las emisiones de seis gases de efecto invernadero a un nivel de al menos cinco por ciento más bajo que el de 1990, así como otras provisiones. El protocolo entró en vigor el día 16 de febrero del año 2005, 90 días luego de la ratificación de 125 países, incluyendo a las partes industrializadas responsables de por lo menos 55 por ciento del total de las emisiones de dióxido de carbono en relación a 1990. Es un compromiso de apoyo a programas de conservación, aprovechamiento sustentable de recursos naturales y para el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

**Protocolo de Montreal relativo a Sustancias que Agotan la Capa de Ozono:** Suscrito en 1987, el Protocolo de Montreal es un Acuerdo internacional legalmente vinculante que compromete a más de 160 Gobiernos a eliminar gradualmente las sustancias claves que agotan la capa de ozono con el fin de protegerla.

**Proyecto productivo:** Documento en el que se definen con claridad y precisión los objetivos y los atributos técnicos, financieros y operativos, que favorecen la realización de una actividad productiva rentable. Documento que contenga las estimaciones financieras y técnicas requeridas para la generación de bienes o servicios que se traduzcan en un beneficio directo a favor de quienes lo desarrollan.

**Ramsar:** La Convención se firmó en la ciudad de Ramsar, Irán, en 1971, y entró en vigor en 1975. Al 1° de agosto de 2003, contaba con 137 estados miembros. Para el 16 de septiembre de 2005 México cuenta con 58 sitios Ramsar, distribuidos en 58 estados de la República con un total de 5'118'904 *ha*. Es el único convenio medioambiental que se ocupa de un ecosistema específico, a saber, los humedales.

**Receptores elegibles:** Los ejidos, comunidades, pequeños propietarios, legítimos poseedores de recursos forestales, las asociaciones que formen entre sí sin distinción de género, raza, condición socioeconómica o cualquier otra causa que implique discriminación y se encuentren ubicados dentro de las zonas de elegibilidad, con base en los criterios técnicos que establecen las reglas de operación para el otorgamiento de pagos del programa de pagos de servicios ambientales.

**Reglas de operación:** El Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pagos del programa de servicios ambientales.

**Servicios ambientales:** Son las funciones ecosistémicas que utiliza la humanidad (y otros seres vivos) y al que en parte, generan beneficios económicos. No se gastan y no se transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad para el consumidor. Los servicios que brindan los ecosistemas forestales de manera natural o por medio del manejo sustentable de los recursos forestales, tales como: la provisión del agua en calidad y cantidad; la captura de carbono, de contaminantes y componentes naturales; la generación de oxígeno; el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; la modulación o regulación climática; la protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y formas de vida; la protección y recuperación de suelos; el paisaje y la recreación, entre otros.

**Servicios ambientales hidrológicos:** Los servicios que brindan los bosques y selvas que inciden directamente en el mantenimiento de la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, el mantenimiento de la calidad de agua, la reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo, la reducción de las corrientes durante los eventos extremos de precipitación, la conservación de manantiales, el mayor volumen de agua superficial disponible en época de secas y reducción del riesgo de inundaciones.

**Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México (SCCM):** Es una cuenta satélite del medio ambiente elaborada como una extensión del Sistema de Contabilidad Nacional, con la intención de ampliar funcionalmente las estadísticas económicas y ambientales integradas, sin sobrecargar el marco central; con el propósito fundamental de generar y proveer información con la mayor eficiencia y confiabilidad sobre el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente, vinculados a las principales variables macroeconómicas del país. Asimismo permite determinar el monto de los costos por el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente, a fin de obtener el Producto Interno Neto Ajustado Ambientalmente (PINE). El SCCM esta a cargo del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), donde su desarrollo y resultados alcanzados le han valido a México ser considerado no sólo pionero a nivel mundial, sino continuar ocupando un lugar de vanguardia en la formulación y difusión de cuentas satélite del medio ambiente.

**Sumideros de carbón:** Son áreas verdes que a través de la fotosíntesis son capaces de capturar bióxido de carbono, como medida de mitigación.

**Tipo de descuento:** Porcentaje de minoración aplicado a una suma de capital para calcular su valor actual.

**Transferencia de beneficios:** La práctica de estimar el valor de un ecosistema teniendo en cuenta los valores estimativos de otro.

**Turba:** Dentro de sus componentes, aunque predomina el carbón, sólo contiene menos del 50%. Es un tipo de carbón moderno, con formación incluso actual. Tiene una textura normalmente fibrosa y presenta en su interior restos apreciables de vegetales, su densidad es baja. Es un amasajo de raíces, bastante endurecido, de color negro o pardo negruzco, con el que se puede pintar en un papel. Se emplea como sustrato en floricultura.

**Turbera:** Tierra pantanosa en la que la materia orgánica se produce a mayor velocidad que la que se descompone. El resultado de este proceso es la acumulación de materia vegetal parcialmente descompuesta. A esta materia se le denomina turba.

**Valor:** Utilidad de un bien o servicio, que suele medirse teniendo en cuenta lo que se esta dispuesto a pagar en unidades monetarias por él.

**Valor actual neto (VAN):** Valor descontado que una suma de dinero tendrá en el futuro como resultado de minoraciones durante varios años (ej. Por concepto de intereses). Su formula general es:  $\sum \{(\text{beneficio}_i - \text{costo}_i) * (1 + \text{tasa de descuento})^{-\text{tiempo}}\}$ . De esta formula se obtienen otras dos, una para traducir una cantidad de dinero del futuro al presente:  $[\$ * (1 + \text{tasa de descuento})^{-\text{tiempo}}]$ . Y una formula para traducir el dinero del pasado en dinero del presente:  $[\$ * (1 + \text{tasa de descuento})^{\text{tiempo}}]$ . La tasa de descuento generalmente es de 0.12 (12%), aunque se puede ocupar cualquiera de: 3%, 4.5%, 6.3%. El tiempo esta dado en el número de años transcurridos.

**Valoración:** Cuantificación de los valores de un bien o servicio.

**Valoración contingente:** Valoración con ayuda de un método de encuesta basado en entrevistas personales para estimar la disposición de las personas a pagar.

**Valoración parcial:** Evaluación de dos o más usos alternativos de un ecosistema.

**Valor económico total:** Valoración de las aportaciones económicas totales (o beneficios netos) de un ecosistema a la sociedad incluyendo bienes y servicios ambientales, (ej. Para contabilizar la renta nacional o determinar su valor como área protegida), en otras palabras, es la sumatoria de valor de uso directo, valor de uso indirecto, valor de opción y valor de existencia generando así, el valor económico total de un recurso. Es el costo de oportunidad del recurso si se explota sin un aprovechamiento óptimo.

**Valor de existencia:** El valor estético de algún recurso que uno no consume directamente pero el conocimiento de su existencia genera satisfacción moral, psicológica y espiritual.

**Valor de uso directo:** Valor derivado de la utilización directa de recursos y servicios de un ecosistema para la satisfacción de las necesidades humanas, (ej. El valor de las capturas de peces, o de alguna interacción directa con ellos; madera, leña, agua).

**Valor de uso indirecto:** Protección y apoyo indirectos prestados a la actividad económica o a bienes materiales por las funciones naturales de ecosistemas o servicios de regulación ambiental, como la mitigación de inundaciones. El valor económico que tienen los bienes y servicios ambientales por algunos usos no observables que dificultan una cuantificación inmediata del beneficio (control de erosión, fijación de carbono, prevención de inundaciones, etc.).

**Valor intrínseco:** Utilidad inherente a alguna cosa, independientemente de si sirve para satisfacer necesidades y aspiraciones del ser humano.

**Valor de no uso:** Valor que no depende del uso actual directo o indirecto de un ecosistema (ej. En su carácter de patrimonio cultural).

**Valor de opción:** El uso potencial en el futuro o alternativo del recurso.

**Zona de vida:** Una bioregión altitudinal o latitudinal con características distintivas de fauna y flora. Éstas son áreas de paisajes naturales homogéneas en cuanto a clima. En América Latina, y en algún grado en el Caribe, los mapas de zonas de vida se han desarrollado en base al sistema Holdridge. Éstas son áreas que tienen divisiones de calor, precipitación y humedad equivalentemente ponderadas. El calor se expresa como biotemperatura, que es una medida de calor efectivo en el crecimiento de la planta (0-30 grados Celsius); la precipitación es la precipitación total anual y la humedad efectiva es una combinación de biotemperatura y precipitación. Todas las principales zonas de vida pueden tener una presentación gráfica.