



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

Valoración de servicios ecosistémicos de la comunidad de San  
Bartolomé Loxicha, Oaxaca, México

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A:**

**JAIME SANTIAGO MARISCAL**

Director: Dr. José Antonio Benjamín Ordóñez Díaz

MÉXICO, D.F. 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## Hoja de datos del jurado

### 1. Datos del alumno

Santiago  
Mariscal  
Jaime  
jhsjsm@gmail.com  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
403020557

### 2. Datos del tutor

Dr.  
José Antonio Benjamín  
Ordóñez  
Díaz

### 3. Datos del sinodal 1

Dr.  
Carlos  
Gay  
García

### 4. Datos del sinodal 2

Dra.  
María de Jesús  
Ordóñez  
Díaz

### 5. Datos del sinodal 3

Ecol.  
Antony Charles Bartram  
Challenger  
Jones

### 6. Datos del sinodal 4

M. en C.  
Manuel  
Hernández  
Quiroz

### 7. Datos del trabajo escrito

Valoración de los servicios ecosistémicos en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca, México.  
P 60  
2010

## DEDICATORIA

A mis padres

**Tomas y Teresa**

Porque sin duda la ciencia inicia desde la niñez, gracias por enseñarme lo maravilloso que es el mundo.

A mis hermanos

**Tomas**

**Cuitlahuac**

**Cuauhtémoc**

A mis sobrinas

**Yessica e Itandehui**, al que viene en camino.

A mis tíos

**Epifanio y Martiniana.**

Y ESPECIALMENTE A **GLORIA PONCE GARCIA**, POR QUE ME HAS RECORDADO, EL PORQUE INICIE ESTA MARAVILLOSA CARRERA E IMPULSARME A SEGUIR. Gracias por todo, amor.

**TE AMO**

## AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Carlos Gay por la revisión del presente documento.

Al Doctor José Antonio Benjamín Ordoñez por convertirte en una de las personas que me enseñó a volar con cada uno de los sueños.  
Gracias por tu tiempo, tu apoyo y enseñanza.

A la Doctora María de Jesús Ordoñez Díaz por tus consejos, nunca dejes de dármelos, gracias Marichu.

Al Maestro Manuel Hernandez Quiroz por todo tu apoyo y comprensión.

A Anthony Challenger porque tu trabajo es una de las cosas que me motivó a estudiar esta hermosa carrera. Gracias por tus comentarios.

A SAO, la gente que labora, al equipo de trabajo y a los técnicos comunitarios. Porque nuestras raíces son las más orgullosas que tenemos. Felicidades por la Apertura del mercado voluntario de Carbono.

A PRONATURA MÉXICO, gracias a todos, por recibirme con tanto afecto. Felicidades por la apertura del mercado voluntario de Carbono.

Al cubículo de la Doctora Isolda Luna: Dra. Isolda, Al M. en C. Othon Alcántara, al Dr. Raúl Contreras, gracias por enseñarme la importancia y la belleza del bosque mesófilo, además de recibirme durante un año de incertidumbre.

A la maestra Aida Téllez por enseñarme el maravilloso mundo de las orquídeas y al Dr. Abisai García por ser un ejemplo como mixteco y oaxaqueño, del cual me siento orgulloso de ser.

A la Nena y a toda la familia Ordoñez Díaz, gracias por su apoyo, por dejarme ser parte de ustedes.

A la familia Ponce Garcia, por abrirme las puertas de su hogar, dejarme compartir sus momentos y acompañarme desde entonces.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	1
Índice de cuadros .....	3
Índice de figuras .....	4
RESUMÉN .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1 ¿Qué son los servicios de los ecosistemas? .....	7
1.2 Tipos de servicios ecosistémicos .....	10
1.3 Valoración de los servicios ecosistémicos .....	11
1.4 Pago por servicios ambientales .....	15
1.4.1 Servicios ambientales: captura de carbono forestal .....	17
1.4.1.1 Captura de carbono en ecosistemas forestales .....	19
1.4.2 Servicios ambientales: Servicios hidrologicos .....	19
1.4.2.1 Servicios hidrologicos en México .....	21
1.4.3 Servicios ambientales: Conservación y mantenimiento de la biodiversidad .....	22
1.4.3.1 Valoracion economica de la conservacion y mantenimiento de la biodiversidad .....	22
1.4.4 Servicios ambientales: belleza escénica .....	24
1.5 El marco legal .....	24
2. OBJETIVOS .....	28
2.1 General .....	28
2.2 Particulares .....	28
3. AREA DE ESTUDIO .....	29
3.1 Descripción del area de estudio .....	29
3.1 Cobertura y uso de suelo .....	32
3.2 Ordenamiento territorial .....	33
4. MÉTODO .....	35
4.1 Valoración economica de la captura de carbono forestal .....	35
4.2 Valoración economica del servicio hidrico .....	39
4.3 Valoración economica de la conservación y mantenimiento de la biodiversidad .....	40
5. RESULTADOS .....	42
5.1 Valor economico de la captura de carbono forestal .....	42
5.2 Valor economico del servicio hidrologico .....	46
5.3 Valor economico de la conservacion y mantenimiento de la biodiversidad .....	47
6. DISCUSIÓN .....	49
6.1 Servicio captura de carbono forestal .....	49
6.2 servicio ambiental hidrico .....	50

6.3 Conservacion y mantenimiento de la Biodiversidad .....	50
7. CONCLUSIÓN .....	52
8. BIBLIOGRAFIA .....	56

## Índice de cuadros

### Capítulo 1

Cuadro 1.1 Categorías y tipos de servicios ecosistémicos. . . . .	9
Cuadro 1.2 Técnicas de valoración ambiental. . . . .	14
Cuadro 1.3 Instrumentos legales para la construcción de políticas de pagos de servicios ambientales. . . . .	26

### Capítulo 3

Cuadro 3.1 Localidades del Municipio de San Bartolomé Loxicha, ubicación y población total. . . . .	32
Cuadro 3.2 Programa de Manejo del Ordenamiento Territorial en la Comunidad de San Bartolomé Loxicha, Oaxaca, México. . . . .	34

### Capítulo 4

Cuadro 4.1 Procedimiento para la estimación de carbono almacenado ( $m^3$ ). . . . .	37
Cuadro 5.2 Metodología para el cálculo de incrementos ( $m^3$ ). . . . .	38

### Capítulo 5

Cuadro 5.1 Existencias reales totales, en base a la existencia real por hectárea estimado en $m^3$ . . . . .	41
Cuadro 5.2 Total del carbono almacenado, por hectárea y por predio, en base a la biomasa almacenada en pinos y en latifoliadas . . . . .	42
Cuadro 5.3 $CO_2$ equivalente potencial total, en base al ICA. . . . .	42
Cuadro 5.4 Captura de carbono en el predio de manejo de zona cafetalera. . . . .	43
Cuadro 5.5 Precio de la tonelada de carbono bajo varios escenarios. . . . .	44
Cuadro 6.5 Superficie elegible para el servicio ambiental hídrico para la comunidad de San Bartolomé Loxicha. . . . .	45
Cuadro 5.7 Precio potencial estimado en base a los tipos de ecosistemas, las hectáreas y el monto de apoyo en salarios mínimos vigentes para el distrito federal para el año 2008. . . . .	46
Cuadro 5.8 Criterios de prelación de la CONAFOR para el servicio conservación de la biodiversidad. . . . .	47
Cuadro 5.9 Puntuación total de los criterios de prelación de la CONAFOR para el servicio conservación y mantenimiento de la biodiversidad	48

## Índice de figuras

### Capítulo 1

Figura 1.1 Función de los ecosistemas y organización ..... 7

Figura 1.2 Tarifas domesticas (en pesos, M. N.) de aguas en algunas ciudades (tarifa para un consumo de 30 m<sup>3</sup>/mes). ..... 21

### Capítulo 3

Figura 3.1 Localización de San Bartolomé Loxicha. .... 30

Figura 3.2 Tipos de suelo de San Bartolomé Loxicha. .... 31

### Capítulo 5

Figura 5.1 Superficie de captura de carbono de San Bartolomé Loxicha, considerando el área de bosque y el manejo de captura de carbono en zonas de cafetales ..... 44

Figura 5.2 Superficie elegible del servicio ambiental hídrico, según CONAFOR 2008. 47

## Resumen

### Valoración de los servicios ecosistémicos en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca, México

Daily (1997) ha definido a los servicios ecosistémicos como las condiciones y procesos de los ecosistemas que benefician a las personas; reconoce cuatro categorías (aprovisionamiento, regulación, cultural y de soporte) y destaca a los servicios hidrológicos, la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad, y la belleza escénica, como los más importantes. La valoración económica mide la demanda del consumo de los bienes o servicios ambientales, en términos monetarios. El pago por los servicios ambientales (Engel *et al.*, 2008), es una transacción voluntaria de un servicio adquirido por un comprador, de un proveedor de servicios ecosistémicos que asegura el aprovisionamiento de los mismos, por un tiempo determinado. El presente estudio se llevo a cabo en San Bartolomé Loxicha, perteneciente al distrito de San Pedro Pochutla, en Oaxaca. El objetivo de este trabajo consiste en identificar y realizar la valoración económica de los servicios ambientales (captura de carbono, servicios hidrológicos y conservación y mantenimiento de la biodiversidad) que el territorio de San Bartolomé Loxicha brinda. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), determina los sitios susceptibles de pago por servicios ambientales y establece precios de referencia diferenciales, de acuerdo al tipo de servicio a pagar, la cobertura vegetal presente en cada sitio y la extensión que abarca cada cobertura (CONAFOR, 2008). San Bartolomé Loxicha cubre una extensión de 1,440 ha, están cubiertas por cinco comunidades vegetales (bosque mesófilo de montaña, bosque de Pinus, bosque de Quercus, selva baja caducifolia y pastizal). Se identificaron los servicios ambientales que ofrecen cada una de las cuatro comunidades forestales y se hizo la valoración económica de los mismos tomando como base los precios establecidos por CONAFOR, PRONATURA y el mercado internacional. Para el caso de Captura de carbono se toma como referencia el marco del IPCC, en el caso de los otros dos servicios se establecen los de CONAFOR 2008.

Palabras claves: Servicios ambientales, pago por servicios ambientales, captura de carbono, valoración económica, San Bartolomé Loxicha, ordenamiento territorial, CONAFOR, PRONATURA.

# 1 INTRODUCCIÓN

Todas las sociedades humanas independientemente del grado de avance tecnológico alcanzado, su sobrevivencia depende directamente de la de la naturaleza, de los sistemas que mantienen el planeta. Es decir, de los complejos procesos biológicos y no biológicos; de las interacciones de sistemas de plantas, animales y demás factores que hacen que el planeta sea habitable (MA, 2005a).

La humanidad, depende por completo de los ecosistemas, de los servicios que éstos proporcionan, tales como: áreas donde habitar, materiales para la construcción, áreas de cultivo, regulación del ciclo hidrológico y del clima, la regulación de las enfermedades, la satisfacción espiritual y el placer estético (Merino y Robinson, 2006a; MA, 2005a; MA, 2005b).

Y basado en la premisa de que obtenemos beneficios y dependemos del ambiente biótico y el abiótico; dichos insumos de la naturaleza, reciben el nombre de: servicios ecosistémicos o ambientales. Los ecosistemas desempeñan funciones que permiten que los seres humanos, puedan vivir en éste planeta (Andino *et al.*, 2006).

Un ecosistema es un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales, y microorganismos y el medio ambiente inorgánico, que interactúan como una unidad funcional; son sistemas combinados de materia orgánica e inorgánica, flujos de energía y fuerzas naturales que interactúan (INBio, 2008, PNUMA, 2005). Los ecosistemas se hallan entretreídos de forma intrincada por la cadena alimentaria y los ciclos de nutrientes, son sumas vivientes más grandes que las partes que los integran (Figura 1.1).

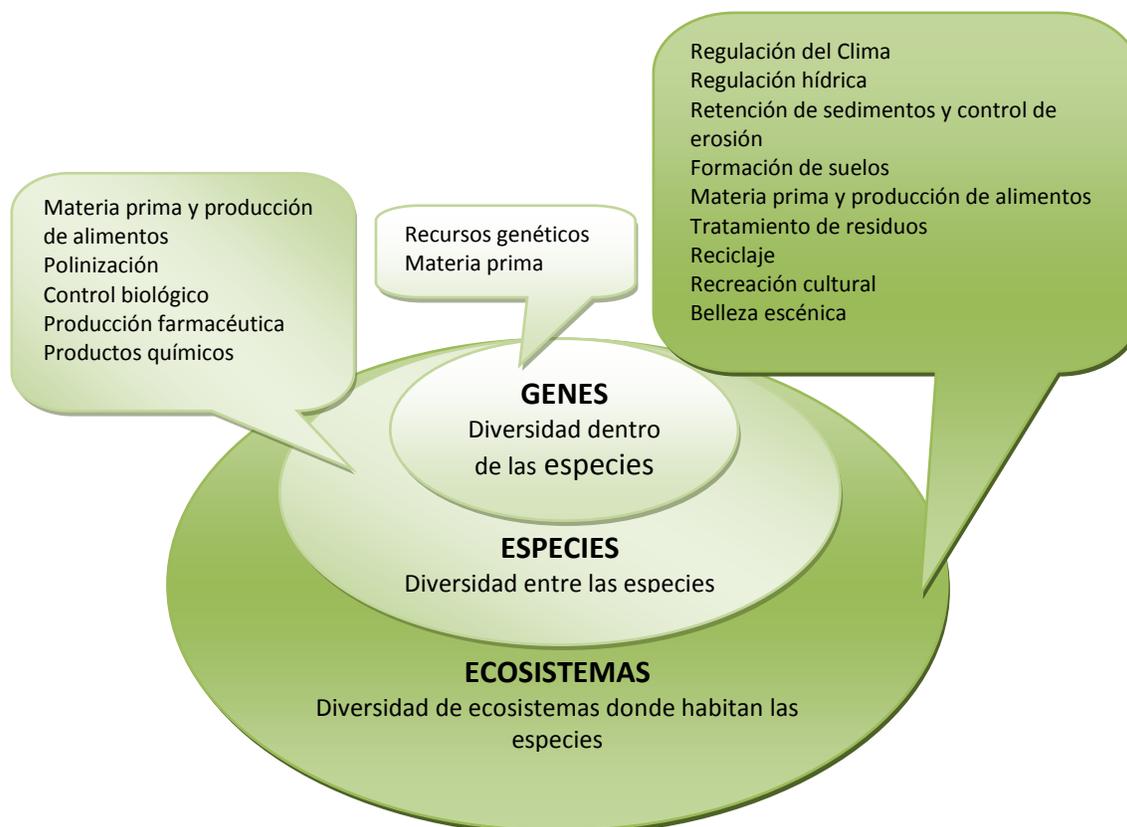


Figura 1.1 Función de los ecosistemas y su organización.

Fuente: INBio, 2008. Modificado de Barrantes y Castro. 1999.

### 1.1 ¿Qué son los servicios de los ecosistemas?

La subsistencia y el desarrollo de toda sociedad dependen del aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, en su carrera por apoderarse de éstos y transformarlos en bienes de consumo, el ser humano ha deforestado, degradado y fragmentado los hábitats naturales, provocado la extinción de muchas especies animales y vegetales, así como el deterioro del entorno natural (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

El concepto de servicios ecosistémicos o ambientales, se refiere a las condiciones y procesos a partir de los cuales, los ecosistemas y las especies, mantienen y satisfacen la vida humana (Daily, 1997; The United Nations Environment Programme, 2003 y 2005; Díaz *et al.*, 2006, citado en Montes, 2007; Engel *et al.*, 2008)

El marco legal mexicano define los servicios ambientales como: los beneficios de interés social que se obtienen de los recursos naturales, que se derivan de la vida silvestre y su hábitat, tales como: la regulación climática, la conservación de los ciclos hidrológicos, la fijación de nitrógeno, la formación de suelo, la captura de carbono, el control de la erosión, la polinización de plantas, el control biológico de plagas, la degradación de desechos orgánicos, la mitigación de los fenómenos naturales adversos, la belleza del paisaje y un entorno para la recreación, entre otros (LGVS, 2000; LDRS, 2001; LGDFS, 2003).

Los servicios ambientales que proveen los ecosistemas se pueden dividir en cuatro categorías (cuadro 1.1):

**a) Aprovechamiento:** son los bienes producidos o proporcionados por los ecosistemas como alimentos, agua dulce, combustible, fibras, leña, semillas, recursos genéticos, medicinas naturales, entre otros (MA, 2003, 2005ab; Rosa *et al.*, 2004; CONABIO, 2006).

**b) Regulación:** como su nombre lo indica, son servicios obtenidos de la regulación de los procesos ecosistémicos, como la calidad del aire, la regulación de clima, la regulación y purificación de agua, el control de la erosión del suelo, la regulación de enfermedades humanas, el control biológico, la conservación de la biota (MA, 2003; Rosa *et al.*, 2004; Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, 2006).

**c) Culturales:** son los beneficios no materiales que enriquecen la calidad de vida, tales como la diversidad cultural, los valores religiosos y espirituales, el conocimiento —tradicional y formal—, la inspiración, los valores estéticos, las relaciones sociales, el sentido de lugar, así como los valores de patrimonio cultural, recreación y ecoturismo (The United Nations Environment Programme, 2003; Ordóñez *et al.*, 2004; Rosa *et al.*, 2004; Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, 2006).

**d) Soporte:** Son aquellos servicios necesarios para la producción primaria, la producción de oxígeno, la retención de suelos, la polinización, la provisión de hábitat, y de reciclaje de nutrientes (The United Nations Environment Programme, 2003; Rosa *et al.*, 2004; Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, 2006).

Cuadro 1.1 Categorías y tipos de servicios ecosistémicos.

CATEGORÍAS	TIPOS
<p><b>a) Provisión de Servicios:</b> Productos obtenidos de los ecosistemas.</p>	Alimentos Agua dulce Madera Fibras Combustibles Bioquímicos Semillas Recursos genéticos
<p><b>b) Regulación de Servicios:</b> Beneficios obtenidos de la regulación de procesos ecosistémicos.</p>	Regulación de enfermedades Conservación de la biodiversidad Regulación y purificación hídrica Protección de cuencas hídricas Control biológico Polinización
<p><b>c) Servicios Culturales:</b> Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas.</p>	Valores espirituales y religiosos Recreación y ecoturismo Estético (belleza escénica) Patrimonio cultural Educativo Relaciones sociales Diversidad cultural
<p><b>d) Servicios de Soporte:</b> Servicios necesarios para la producción de los otros servicios ecosistémicos.</p>	Formación y retención de suelo Ciclos de nutrientes Producción primaria Ciclo biogeoquímicos (captura de carbono, etc.) La polinización Provisión de hábitat

**Fuente: Modificado de The United Nations Environment Programme, 2003 y 2004.**

## 1.2 Tipos de servicios ecosistémicos

Dentro de los servicios ecosistémicos, se encuentran identificados diferentes tipos de servicios ambientales, entre los cuales, los más importantes desde el punto de vista biológico y social son los siguientes: protección de cuencas hídricas, conservación y mantenimiento de la biodiversidad, captura de carbono y belleza escénica (Merino y Robinson, 2006a):

- **Protección de la cuenca hidrológica y su funcionalidad:** Los cambios en la cobertura forestal y el suelo, afectan a la cantidad y calidad de los flujos de agua en la parte baja de la cuenca, recarga de mantos acuíferos. Los ecosistemas forestales desempeñan un papel importante en la agregación de las partículas del suelo (estructura) que influye en el balance hídrico y térmico del suelo.
- **Captura de carbono:** Los bosques en pie, almacenan enormes cantidades de carbono, en el dosel, en la hojarasca (mantillo) que con el tiempo es transformada en humus, dentro del suelo y los bosques en crecimiento que secuestran y capturan carbono de la atmósfera.
- **Conservación de la biodiversidad.** Los ecosistemas forestales albergan un porcentaje importante de la biodiversidad del mundo. La pérdida de éstos conlleva la destrucción del hábitat y de las especies asociadas al tipo de ecosistema.
- **Belleza escénica:** Los paisajes proporcionan espacios importantes para la recreación, cuyas vertientes distintas se relacionan con el estado de conservación del ecosistema.

Desde los puntos de vista biológico y económico, no todos los ecosistemas tienen el mismo valor. Su estructura, composición y ubicación específicas juegan un papel fundamental en la determinación de los servicios que pueden ofrecer y a quiénes se les pueden otorgar (Merino y Robinson, 2006a); por ejemplo, en terrenos con plantaciones de monocultivos ha sido modificada su biodiversidad primaria; sin embargo, inciden en los flujos hidrológicos, ciclos biogeoquímicos, así como de materia prima para nuestro uso, entre otros (Pagiola *et al.*, 2003 y 2004).

### 1.3 Valoración de los servicios ecosistémicos

Los ecosistemas naturales proveen una serie de valiosos servicios ambientales que, debido a una deficiente administración o a la carencia de incentivos económicos para preservarlos, con frecuencia acaban perdiéndose (Pagiola y Platais, 2002). La pérdida de esos servicios ecosistémicos, es fácil de explicar. Por ejemplo un bosque y el suelo asociado a él, brindan servicios hidrológicos como la filtración de agua y la regulación de flujos hídricos, pero que raramente son valorados, hasta que los efectos de la deforestación y la pérdida del suelo, se hacen palpables, ya sea en forma de inundaciones por escurrimiento superficial (escorrentía) y/o pérdida de la calidad del agua, entre otros daños de importancia económica y social. Estos efectos llevan aparejados un incremento en la vulnerabilidad de las poblaciones asentadas en la parte baja de las cuencas, ya sea en forma de riesgos para sus medios de vida o su salud, y también conducen a aumentos en los costos asociados al aprovisionamiento de agua entubada para usos humanos consuntivos.

La valoración económica, es el proceso mediante el cual se hace una medición o estimación cuantitativa del beneficio/utilidad generado por el uso o explotación de un ecosistema y/o sus recursos naturales y el ambiente y, el beneficio o utilidad de la mera existencia del mismo para los humanos (SEMARNAT, 2004). Es decir, la valoración económica, es el proceso de asignación de un valor monetario a los bienes y servicios ambientales, y como tal es un elemento esencial, en la incorporación del valor de estos beneficios al momento de calcular los costos de los efectos negativos, causados a su provisión o disponibilidad al momento de analizar las opciones de los usos alternativos de los terrenos forestales (SEMARNAT, 2004).

Tradicionalmente, se han empleado instrumentos predominantemente económicos para la valoración ambiental, las limitaciones de los mismos hace indispensable que se integren metodologías de valoración ecológica, social, política y legal, compatibles con los acuerdos internacionales, la legislación vigente de nuestra nación y los consensos generados entre los implicados directamente con la propiedad o el uso del recurso que se valora (Ordóñez *et al.*, 2004).

Debido a la falta de técnicas y metodologías estandarizados para la valoración económica de los servicios ambientales, se les ha otorgado muy poco peso en las decisiones políticas, es por ello que grupos de ecólogos, economistas y otros profesionales han intentado estimar en términos monetarios los servicios de ecosistemas, que son clave tanto para el bienestar social como para la protección del ambiente (Daily, 1997).

En la economía ecológica, convergen los principios de la ecología y la economía, estudia la valoración de los servicios ambientales prestados por el ecosistema al subsistema económico, la visión de esta nueva disciplina considera a la economía humana como inmersa en el ecosistema, constituyendo un subsistema, de forma que la economía humana encaje funcionalmente en los ecosistemas (Daily, 1997; Ordóñez *et al.*, 2004).

Actualmente los ecosistemas, se valoran como fuentes de leña (combustible), madera, fibras, diversas provisiones, etc., sin percibir de forma integral todos los bienes y servicios que nos brindan, aunado a la compleja relación con otros ecosistemas, la geoforma del terreno, el tipo de suelo, la ubicación geográfica, el clima y las intersecciones con los ecotonos, entre los principales (Pagiola *et al.*, 2003; Ordóñez *et al.*, 2004).

Con el fin de ayudar a los administradores de recursos, a evaluar las ventajas comparativas de los usos competitivos de las tierras boscosas, se han elaborado un conjunto de métodos para estimar el valor de los servicios ambientales (y otros beneficios forestales) en términos monetarios. Dado que en la mayor parte del mundo no se comercian los servicios ambientales forestales en general, no es posible medir su valor directamente mediante los precios (que rigen y regulan el mercado). Por lo tanto, el esfuerzo para estimar su importancia económica muchas veces requiere de métodos indirectos (Ordóñez *et al.*, 2004).

Los métodos de valoración económica por lo general tratan de medir la demanda de consumo en términos monetarios, es decir, la disposición a pagar de los consumidores por recibir un beneficio hasta ahora no comercializado, o su disposición a aceptar una compensación monetaria por la pérdida de dicho beneficio (Pagiola *et al.*, 2004).

Dixon y Hufschmidt (1986), identifican cuatro técnicas de valoración ambiental las cuales utilizan insumos como:

1. Los precios de mercado,
2. los gastos como una aproximación de los beneficios (gastos proxy),
3. las preferencias reveladas y,
4. las preferencias declaradas.

Estos insumos, varían en cuanto a su validez teórica y grado de aceptación entre los economistas, en relación a la información que necesiten y en lo sencillo en su aplicación.

Los precios de mercado, destacan en primer lugar, la del cambio en productividad, la de costo de enfermedad y la de costo de oportunidad. En segundo lugar destacan las técnicas que utilizan los gastos como mecanismo para aproximarse a los beneficios de un ecosistema. La idea que soporta estas técnicas es que un gasto que se deja de incurrir representa un beneficio. Según Dixon y Hufschmidt (1986) entre las técnicas que utilizan los gastos destacan:

- a. Gastos preventivos, que se refiere a los gastos que se dejan de incurrir en prevención de daños;
- b. Gastos de reemplazo, que se refiere a los gastos que se dejan de incurrir en reparación de daños;
- c. Proyectos sombra, que se refiere a los gastos que se tendrían que ejercer en un proyecto que no se ha hecho gracias a la existencia de algún ecosistema.

Finalmente, encontramos las técnicas de preferencias reveladas y las de preferencias declaradas propuestas por Dixon y Hufschmidt (1986); respecto a las preferencias reveladas tenemos:

- a. Precios hedónicos, es utilizada frecuentemente para medir la preferencia de la gente por tener una mejor calidad ambiental y que utiliza los mercados de trabajo y de bienes raíces como mecanismos de revelación de preferencias.

- b. Técnica del costo de viaje, es utilizada para medir el valor del servicio recreativo de los ecosistemas.

En lo que se refiere a las preferencias declaradas, el método más utilizado es el de la valuación contingente, el cual se usa con frecuencia para conocer los valores de conservación (existencia y opción) y valores recreativos y paisajísticos (Daily, 1997). En el siguiente cuadro (1.2) se muestra las técnicas de manera ordenada.

Cuadro 1.2 Técnicas de valoración ambiental.

Técnica	Estimador	
1. Precios del mercado	Cambio de productividad Costo de enfermedad Costo de oportunidad	
2. Gastos proxy	Gastos preventivos Gastos de reemplazo Proyectos sombra	
3. Preferencias reveladas	Uso de otros mercados Precios hedónicos Costos de viaje	Mercado Laboral Mercado de bienes raíces
4. Preferencias declaradas	Ordenación contingente Valuación contingente	Preguntas abiertas y cerradas Elección de canastas Técnica Delphi

**Fuente: Modificado de Dixon y Hufschmidt (1986).**

Cabe destacar que, las técnicas anteriormente descritas así como la aplicación del valor económico total, pretenden traducir los valores ambientales a valores comparables. Por lo anterior, es necesario cuidar que los valores que se presenten sean totalmente comparables. En el caso de algunas de las técnicas expuestas, se obtienen resultados del excedente del consumidor, o bien resultados ajenos a las decisiones individuales de los agentes racionales y estos, generalmente no coinciden con mediciones de ingreso comparables con las de otros proyectos en los que no se involucre la valoración ambiental (INE-SEMARNAT, 2008).

## 1.4 Pago por servicios ambientales

El Pago por Servicios Ambiental (PSA) es una transacción voluntaria donde un servicio ambiental bien definido y acotado, es comprado por un comprador directamente de un proveedor del servicio, sí y solo sí, el proveedor del servicio asegura la provisión del servicio (Engel *et al.*, 2008), es decir la retribución directa (por diferentes mecanismos) a quienes se ocupan de manejar, conservar y mejorar los ecosistemas que brindan servicios ambientales necesarios para el bienestar de la sociedad. La premisa básica que fundamenta los esquemas de PSA es que, estos servicios deberían ser remunerados, creando así incentivos para su abastecimiento continuo (Hartmann y Petersen, en Merino y Robinson, 2006b; Ordóñez, 2008).

Ordóñez *et al.*, (2004) reconocen que el pago por servicios ambientales surge a partir de un mayor conocimiento y conciencia de que los ecosistemas proveen al hombre de muchos bienes y servicios que son fundamentales para las poblaciones urbanas y rurales. En el pasado los servicios ambientales que nos proveían los ecosistemas como: bosques, desiertos, humedales, entre otros, no habían sido valorados económicamente; sin embargo debido al estado actual del ambiente, se ha vuelto indispensable encontrar mecanismos para el manejo sustentable de los recursos naturales. Los conceptos teóricos y los instrumentos analíticos relevantes para el análisis de PSA incluyen los derechos y los regímenes de propiedad, la acción colectiva, el capital social, y sus costos de transacción, las técnicas de valoración ambiental y la creación de modelos ecológico-económicos, entre los mas importantes (Merino y Robinson, 2006b).

La venta de los servicios ambientales, es una acción compleja en la que interviene una enorme variedad de estructuras de mercado, programas de pagos, cantidades y categorías de participantes. Tiene un amplio impacto desde el nivel local hasta el global. Sin embargo la emisión de derechos de propiedad, el establecimiento de precios y las interacciones entre los servicios, sin mencionar los servicios que aún no se identifican o definen, pero que están desapareciendo o disminuyendo de manera global debido al cambio, modificación o reemplazo de los ecosistemas naturales, por ejemplo: la deforestación de la selva para la

producción de soya y producción ganadera en Brasil, palmeras de aceite en Indonesia, pastizales inducidos y cultivados en las zonas del trópico húmedo de México, y centros comerciales en el noroeste de los Estados Unidos, entonces, es claro que para que sobrevivan los ecosistemas, éstos necesitan competir económicamente con las otras opciones de uso del suelo mencionados, para que la conservación de estos y sus servicios ambientales cubren el “costo de oportunidad” de su transformación con otros fines comerciales (Pagiola *et al.*, 2003).

A pesar del creciente interés mundial en los enfoques basados en el mercado para la conservación de los bosques, existe relativamente poca información disponible acerca de ¿cómo han surgido? y ¿cómo funcionan en la práctica?, si se quieren vender los servicios ambientales, se debe saber ¿cómo es que se generan dichos estos?; si queremos más agua limpia tenemos que entender bastante bien las condiciones hidrológicas, los enlaces hidrológicos a nivel del suelo y los impactos cuenca abajo; si queremos secuestrar o capturar carbono debemos saber ¿cuánto cuesta secuestrar ese carbono con diferentes especies en determinadas condiciones climáticas? (Ordoñez *et al.*, 2004).

En comparación con la situación, en las regiones desarrolladas del mundo, el interés en los esquemas de PSA en el sur es más reciente y está enfocado regionalmente a Latinoamérica y el Caribe. Por el lado de la oferta, la discusión en los países en desarrollo, se ha enfocado en el carácter multifuncional de los bosques y su contribución a la conservación de la biodiversidad, la captura de carbono, la protección de cuencas y la belleza del paisaje (Merino y Robinson, 2006a).

Dichas medidas, tales como mejorar la capacidad institucional, pueden aumentar los beneficios sociales que están más relacionados con los objetivos de cada país, especialmente, cuando se designan para superar barreras que permitan la participación de la gente pobre (Landell-Mills y Porras, 2002 en: Tognetti *et al.*, 2003).

La implementación de esquemas de pago por servicios ambientales en varias partes del mundo, se han logrado gracias a la existencia de organismos gubernamentales o autónomos que se encargan de la conservación del medio ambiente, los cuales adecuan los marcos

jurídicos para el manejo de los recursos naturales. Sin embargo se busca que surjan como mecanismos voluntarios de participación social y comunitaria (Landell-Mills y Porras, 2002 en: Tognetti *et al.*, 2003; Merino y Robinson, 2006a).

#### 1.4.1 Servicios ambientales: captura de carbono

La temperatura y el clima de la Tierra están determinados, entre otros factores, por la presencia en su atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero” o GEI: bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), entre otros; estos gases tienen la capacidad de absorber y re-emitir el calor (radiación infrarroja) que reciben de la superficie calentada por el sol. En sus concentraciones atmosféricas naturales permiten que la temperatura promedio de nuestro planeta sea cercana a los  $15\text{ }^\circ\text{C}$ , unos  $33\text{ }^\circ\text{C}$  por encima de la que se observaría en su ausencia. De todos ellos, el bióxido de carbono es el más abundante, por lo que su contribución real al efecto invernadero es de alrededor de 76%, muy superior a la de los demás gases (SEMARNAT, 2004). Sin embargo un exceso de estos compuestos en la atmosfera, debido a las emisiones de GEI de origen antropogénico (en especial a partir de la Revolución Industrial del Siglo XVIII) han resultado en lo que se ha llamado como cambio climático global (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, 2000, 2001 y 2007).

Y ante las crecientes evidencias del cambio climático, en 1992, durante la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, Brasil. México y 150 países más, firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). En el año de 1995 se reconoció que los compromisos establecidos por la Convención no eran adecuados para lograr su objetivo, de manera que se inició un proceso de negociación que culminaría dos años después con la creación de otros instrumentos cuyos compromisos serían legalmente obligatorios: El Protocolo de Kioto (PK).

A partir de 1998, México y diversos países mas firmaron el PK, siendo los países firmantes agrupados de acuerdo con ciertas características compartidas, formando así listados de países bajo ciertos “anexos” al PK, de los cuales los países integrantes del Anexo I (los más

industrializados) adquirieron compromisos para reducir en un 5%, sus emisiones de GEI, en una escala determinada de tiempo, con respecto al año base de 1990, y así contribuir a estabilizar las concentraciones de estos gases en la atmosfera (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, 2000), además deben aportar recursos financieros y transferir a países en desarrollo tecnología para ejecutar medidas de mitigación al fenómeno.

El PK plantea “tres mecanismos de flexibilidad” para hacer menos costoso su cumplimiento: el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), la ejecución conjunta de proyectos y un mercado de derechos de emisión. De estos esquemas de colaboración, el único disponible para países en desarrollo, como México, es el MDL (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Por medio del MDL, los países desarrollados (sus gobiernos, empresas, instituciones y organizaciones) podrán contribuir con fondos y tecnologías a proyectos que reduzcan las emisiones o capturen carbono en países en desarrollo, y utilizar los créditos resultantes (certificados de carbono capturado o no emitido) para cumplir sus obligaciones internacionales de reducción de emisiones. Dicho de manera muy simple, el MDL permite a los países desarrollados comprar “bonos de carbono” baratos a países en desarrollo, con un costo mucho más bajo que si sólo emprendieran acciones de reducción de emisiones en su propio territorio (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Así, proyectos de captura de carbono o mitigación de emisiones: agroforestería, plantaciones forestales, silvicultura comunitaria y urbana, extracción de bajo impacto, rehabilitación, protección y manejo (conservación) forestal, reforestación, entre otros, en países en desarrollo, podrán recibir financiamientos mediante el MDL (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

#### 1.4.1.1 Captura de carbono en ecosistemas forestales

La captura de carbono, es un importante servicio ambiental que proporcionan suelos, bosques, selvas y otros ecosistemas. Su relevancia es de primer orden porque se relaciona con los más graves problemas ambientales que hoy afectan al planeta en su conjunto: el cambio

climático, el efecto invernadero y el adelgazamiento de la capa de ozono. Los bosques en particular, desempeñan un papel preponderante en el ciclo global del carbono, al almacenar o capturar cantidades de este gas en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces).

El cambio climático puede afectar aquellos ecosistemas que proveen de servicios ambientales. Aquí, es donde la captura de carbono por parte de los ecosistemas terrestres adquiere una importancia crucial: el bosque, puede contribuir a remediar el calentamiento de la Tierra porque evita la acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Los servicios ambientales que proporcionan los bosques mediante la captura de carbono serán, por lo tanto, determinantes para disminuir el calentamiento global y estabilizar el cambio climático (Ordoñez y Masera, 2001a; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004)

#### 1.4.2 Servicios ambientales: Servicios Hidrológicos.

El agua es vital para la generación de vida, por ello no es raro que muchas naciones, ciudades y civilizaciones se hayan desarrollado gracias a su cercanía a alguna fuente natural de agua, por el otro lado, el exceso o la ausencia de agua, pueden también convertirse en un problema. Es por eso que el agua es un bien económico, social y ahora político; su valor puede ser determinado o medido en base a la satisfacción que proporciona, de la infraestructura necesaria para su acceso, el deseo y la capacidad de los usuarios a pagar por cubrir esa necesidad.

Los beneficios y costos que una cuenca hidrológica provee, representa diferentes valores económicos para cada uno de los actores involucrados. Generalmente las comunidades de la parte alta y media de la cuenca son los productores u proveedores de los servicios y, son quienes permitirán mejorar la cantidad y la calidad del agua, mientras que las comunidades cuenca abajo son los demandantes o usuarios últimos del servicio, son los que deben estar dispuestos a pagar por la generación de un servicio, mediante relaciones contractuales con los proveedores (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Dentro de los servicios hidrológicos proporcionados por los bosques y las selvas algunos son (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004):

- Regulación de la calidad y cantidad de agua, es decir, la reducción al mínimo de la carga de sedimentos, la carga de nutrientes (por ejemplo, de fósforo y nitrógeno), la carga de sustancias químicas y de salinidad;
- la regulación del ciclo hidrológico del agua, es decir, el mantenimiento del caudal durante la temporada de sequía y el control de inundaciones;
- la reducción de la salinidad del suelo o la regulación de los niveles freáticos;
- el control de la erosión del suelo y la sedimentación;
- la generación y mantenimiento de condiciones microclimáticas estables;
- la estabilización del paisaje, con el fin de evitar deslaves y azolve de los ríos;

Los servicios que proveen los ecosistemas como componentes integrales del correcto funcionamiento de las cuencas hidrológicas, no están bien definidos y no se han evaluado adecuadamente, para poder justificar el desarrollo de mercados y planes institucionales que, pudieran pagar por ellos y de así asegurar su provisión continua (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

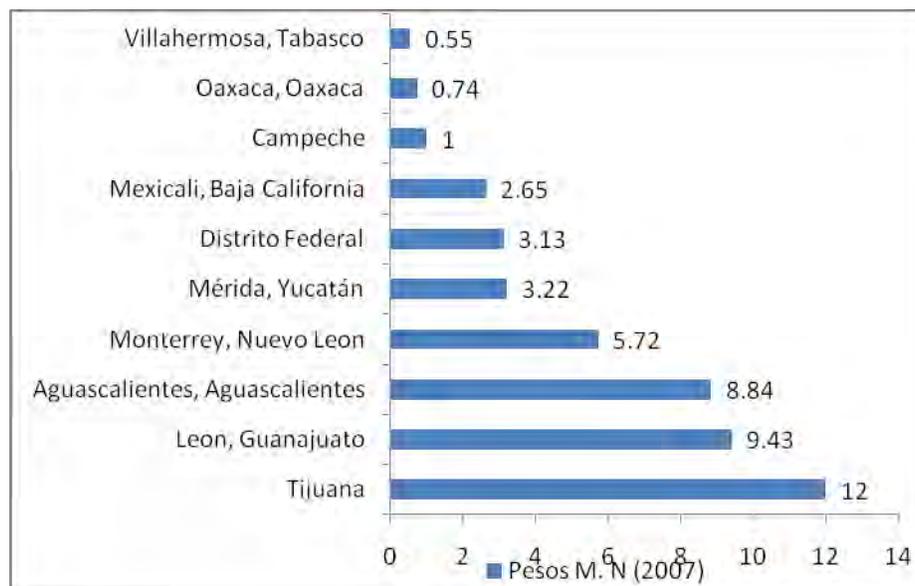
Algunos estudios, revelan que los impactos en los bosques sobre la cantidad y calidad del agua, niveles y tasas de erosión, sedimentación, mantos freáticos y productividad acuática, dependen de muchas características específicas del sitio, incluyendo forma del terreno, la composición del suelo, las especies arbóreas, la mezcla de tipos de vegetación, el clima y el papel regulador que toman en el sistema (Calder, 1999).

#### 1.4.2.1 Servicios hidrológicos en México.

La huella hídrica de los mexicanos: es una forma de medir el impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos, la cual resulta de sumar el agua que utiliza cada persona para sus diversas actividades y la que es necesaria para producir los bienes y servicios que consume (Comisión Nacional del Agua, 2007). Los cuatro factores principales que determinan

la huella hídrica de un país son: el nivel de consumo, el tipo de consumo, el clima y la eficiencia con la que se utiliza el agua (Comisión Nacional del Agua, 2007). En México se requiere un promedio de 1441 metros cúbicos de agua por persona al año en esta cuenta se incluye tanto el agua extraída de los acuíferos, lagos, ríos y arroyos, como agua de lluvia que alimenta los cultivos de temporal.

De acuerdo con el marco legal vigente, en México las tarifas de agua potable son fijadas de diferentes maneras en cada municipio, dependiendo de lo que establece la legislación de cada entidad federativa (Comisión Nacional del Agua, 2007). En algunas entidades federativas, son aprobadas por el congreso local de la entidad, mientras que en otras las aprueba el Órgano de Gobierno o congreso directivo del organismo operador de agua potable del municipio o localidad o de la Comisión Estatal de Aguas (Comisión Nacional del Agua, 2007). En la siguiente figura 2.1, se indican para algunas ciudades las tarifas por metro cúbico, para uso domestico con un consumo de 30 m<sup>3</sup>/mes que es el promedio en México.



**Figura 1.2. Tarifas domesticas (en pesos, M. N.) de aguas en algunas ciudades (tarifa para un consumo de 30 m<sup>3</sup>/mes).**

**Fuente: CNA, 2007.**

De las 160 ciudades de México mayores de 50 mil habitantes, un 92 % de ellos cobraban menos de \$5.00 por m<sup>3</sup> de agua potable para el año 2002 y la Comisión Nacional del Agua

(CNA) señala que por eso sufren pérdidas financieras superiores al 40 %. Los subsidios y la morosidad, eliminan recursos que se requieren para el mantenimiento de redes de distribución y para el tratamiento del agua, así como los incentivos para el cuidado del agua (CNA, 2007).

### 1.4.3 Servicios ambientales: Conservación y mantenimiento de la biodiversidad

La biodiversidad se define, según la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (artículo 4, fracción IV) como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. El término diversidad biológica alude a un concepto amplio e incluyente, relacionado con los diferentes organismos vivos que se encuentran en los ecosistemas, ya sean terrestres, marinos, aéreos o acuáticos. Se debe tener claro que la biodiversidad es un factor determinante para definir los distintos tipos de ecosistema, e incluso para diferenciar la producción y la productividad en términos de proveedor de servicios ambientales (Challenger, 1998).

#### 1.4.3.1 Valoración económica de la conservación y mantenimiento de la biodiversidad

La diversidad de la vida generalmente se define en tres categorías: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad de ecosistemas. La biodiversidad es un factor determinante para diferenciar la producción y la productividad en términos de proveer de servicios ambientales. La dificultad de medir la biodiversidad incide de manera crítica en la creación de mercados y sistemas de incentivos. En la ausencia de “unidades” claramente definidas de diversidad biológica; debemos encontrar medidas alternativas (medidas de medición indirecta, conocidas como proxies) que las sustituyan, con el objeto de alcanzar las metas deseadas. Por lo tanto, se necesita identificar uno o más atributos tangibles y fáciles de medir que reflejen la diversidad subyacente de las especies, ecosistemas o genes.

Existe una tendencia generalizada a considerar como iguales la comercialización de los recursos biológicos y la conservación de la biodiversidad. Se argumenta que los recursos biológicos representan una manifestación de la diversidad biológica y que sin dicha biodiversidad, tales recursos dejarían de existir (Pagiola *et al*, 2002).

Además del valor puro de existencia, otra justificación frecuentemente citada como recurso para salvar los ecosistemas naturales, es el potencial o “valor de opción” que representa el material genético natural o los compuestos que ocurren naturalmente para la investigación, como por ejemplo la farmacéutica y la aplicación de nuevos fármacos. La industria biotecnológica, depende de la existencia del acervo natural de información genética y química aún por explorar. Los primeros estudios del valor comercial potencial de un fármaco todavía no descubierto, que se podría perder a consecuencia de la extinción de una especie, han arrojado estimaciones que variaban entre unos pocos dólares y varios millones. Por ejemplo se estima el valor de producción de un fármaco extraído de una planta en función de muchas variables, incluyendo el número de especies vegetales en los bosques, la probabilidad de que una especie proporcione un fármaco comercial (la “tasa de aciertos”), las regalías pagadas a las empresas de exploración, la proporción que se paga al país donde se encuentra la planta y el valor promedio de los medicamentos, así también hay que calcular la posibilidad de producción sintética del fármaco, después de su descubrimiento (Pagiola *et al.*, 2003).

Los intentos de estimar el valor futuro de la biodiversidad son especulativos, debido principalmente a la incertidumbre de los ingresos y preferencias en el futuro, además de los cambios tecnológicos (Daily, 1997) y la disponibilidad futura de ciertos elementos de la biodiversidad misma: si sigue su tendencia de desaparecer, es posible que su valor unitario aumente, lo que podría o propiciar su explotación hasta agotar sus existencias (como el caso específico de la pesquería del Bacalao en los Grandes Bancos del Atlántico Norte) o bien, podría conducir a su protección en cautiverio (como en el caso del camarón producido en granjas en las costas de México), o bien , podría propiciar la búsqueda de alternativas, como actualmente pasa en México y otros países del mundo, en términos de las capturas pesqueras, que al reducir las poblaciones de las especies más comerciales a tamaños que resultan no comerciales para explotar, se enfoca la demanda en otras especies parecidas,

pero de menor valor comercial, generalmente en eslabones cada vez más bajas en la pirámide trófica marina (Pauly *et al.*, 1998).

El pago por este concepto está destinado para desarrollar acciones de protección y manejo, con el fin de conservar la biodiversidad presente (flora y fauna silvestre), contribuyendo a la provisión y mejoramiento de servicios ambientales en ecosistemas naturales.

#### 1.4.4 Servicios ambientales: belleza escénica

Los ecosistemas se integran en formas caprichosas, la mayoría de las veces hermosas, generando espacios para nuestra recreación y el disfrute de los diferentes paisajes y escenarios naturales. Ello constituye uno de los servicios ambientales más evidentes para el ser humano. Entender la belleza es difícil; sin embargo, apreciarla es relativamente fácil, y tenemos capacidad para admirarla. La naturaleza es también la fuente más importante de nuestra creatividad intelectual y artística. El servicio ambiental que aporta la belleza escénica es fundamental para el equilibrio del ser humano. Además, se vincula con la conservación de las áreas naturales (tanto las protegidas por la ley ambiental como aquellas que no lo están), en la medida en que puede generar un encadenamiento de actividades productivas que fomenten el desarrollo comunitario sobre bases de sustentabilidad.

### 1.5 El marco legal

Son grandes y graves las inconsistencias entre los diferentes ordenamientos legales, sobre todo cuando se intenta precisar la propiedad de los recursos, la capacidad legal para la toma de decisiones sobre los mismos y la obligatoriedad de los particulares para darles un uso sustentable (SEMARNAT, 2004).

En el marco jurídico mexicano, coexisten dos planteamientos diferentes, el primero establece la propiedad del Estado sobre recursos naturales existentes en el territorio nacional, con la correspondiente responsabilidad absoluta para su conservación y uso sustentable (Constitución Política, Ley de Aguas Nacionales, entre otros). Del otro lado, la Ley General de

Equilibrio Ecológico de Protección al Ambiente (LGEEPA, 2007) propone una corresponsabilidad de las personas en forma individual o colectiva para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (SEMARNAT, 2004). Ahora bien, las omisiones en el marco legal vigente otorgan a los particulares cierta libertad para la elaboración de convenios, toda vez que “aquello que la ley no les prohíbe explícitamente, está permitido” (SEMARNAT, 2004).

El artículo 5<sup>to</sup> de la Ley General de vida silvestre (LGVS, 2005), establece que el ejecutivo federal deberá de proveer “Los estímulos que permitan orientar los procesos de aprovechamiento de la vida silvestre y su hábitat, hacia actividades productivas más rentables con el objeto de que éstas generen mayores recursos para la conservación de bienes y servicios ambientales y para la generación de empleos”, así también en el artículo 20, establece que la SEMARNAT, diseñará y promoverá en las disposiciones que se deriven de la presente Ley, el desarrollo de criterios, metodologías y procedimientos que permitan identificar los valores de la biodiversidad y de los servicios ambientales que provee, a efecto de armonizar la conservación de la vida silvestre y su hábitat, con la utilización sustentable de bienes y servicios, así como de incorporar éstos al análisis y planeaciones económicas, de conformidad con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y otras disposiciones aplicables, mediante:

- a) Sistemas de certificación para la producción de bienes y servicios ambientales.
- b) Estudios para la ponderación de los diversos valores culturales, sociales, económicos y ecológicos de la biodiversidad.
- c) Estudios para la evaluación e internalización de costos ambientales en actividades de aprovechamiento de bienes y servicios ambientales.
- d) Mecanismos de compensación e instrumentos económicos que retribuyan a los habitantes locales dichos costos asociados a la conservación de la biodiversidad o al mantenimiento de los flujos de bienes y servicios ambientales derivados de su aprovechamiento y conservación.
- e) La utilización de mecanismos de compensación y otros instrumentos internacionales por contribuciones de carácter global.

**Cuadro 1.3 Instrumentos legales para la construcción de políticas de pagos de servicios ambientales.**

Instrumentos normativos	Relación con el pago por servicios ambientales
Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos (DOF 05-02-1917; U.R. DOF 27-04-2010)	Derecho a un ambiente sano para el desarrollo y bienestar de los mexicanos. Tutela del Gobierno Federal del patrimonio de los recursos naturales. Interés público como fundamentos de subsidios, incentivos y transferencias financieras.
Convención Marco sobre el Cambio/Climático Protocolo de Kioto	Compromiso en mejora de factores relacionados con la emisión de gases de efecto invernadero. Apoyo a programas de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
Convención sobre la Biodiversidad	Compromiso de conservar, con utilización sustentable, la diversidad biológica, desarrollando programas gubernamentales al respecto.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente (DOF 28-01-1988; U.R. DOF 06-04-2010)	En el apartado de instrumentos económicos prevé el pago de servicios ambientales, los incentivos y la formación de instrumentos de mercado
Ley General de Vida Silvestre (DOF 03-07-2000; U.R. DOF 06-04-2010)	Define el concepto de servicios ambientales Promueve la conservación y restauración de la biodiversidad, y el aprovechamiento económico sustentable de especies de flora y fauna. Señala que los recursos genéticos estarán sujetos a los tratados internacionales y a las disposiciones sobre la materia.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (DOF 25-02-2003; U.R. DOF 24-11-2008)	Define los servicios ambientales que brindan los ecosistemas forestales. Establece las bases para la creación y promoción de programas de manejo y esquemas de compensación por los servicios ambientales que aportan los bosques. Crea el Fondo Forestal Mexicano y establece las bases para la valoración y el monitoreo de estrategias de PSA
Ley Agraria (DOF 26-12-1992; U.R. DOF 17-04-2009)	Posibilita la canalización de inversiones para empresas productoras de servicios ambientales
Ley de Aguas Nacionales (DOF 01-12-1992; U.R. DOF 18-04-2008)	Contiene la figura de “consejo de cuencas”, los cuales pueden fungir como espacio de concertación y administración de PSA.

**Fuente: Modificado de SEMARNAT, 2004.**

El artículo 53 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS, 2001), establece que el Gobierno Federal, a través de la Secretaría competente, en este caso SEMARNAT por medio de CONAFOR, podrá suscribir contratos de aprovechamiento sustentable de tierras definidas regionalmente, con el objeto de propiciar un aprovechamiento útil y sustentable de las tierras, buscando privilegiar la integración y la diversificación de las cadenas productivas, generar empleos, agregar valor a las materias primas, revertir el deterioro de los recursos naturales, producir bienes y servicios ambientales, proteger la biodiversidad y el paisaje, respetar la cultura, los usos y costumbres de la población, así como prevenir los desastres naturales. El Gobierno Federal, a su vez, cubrirá el pago convenido por los servicios establecidos en el contrato, evaluará los resultados y solicitará al Congreso de la Unión la autorización de los recursos presupuestales indispensables para su ejecución cubrirá el pago por los servicios (LGDRS, 2001). El marco conceptual de la legislación mexicana con respecto a los servicios ambientales se resume en el cuadro 1.3, estableciendo el papel de cada una de las normas mexicanas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 General

- ◆ Valorar de los servicios ecosistémicos: hidrológicos y captura de carbono en San Bartolomé Loxicha, Oaxaca, México

### 2.2 Particulares

- ◆ Realizar una valoración económica del servicio ambiental hidrológico en la comunidad de San Bartolomé Loxicha.
- ◆ Valorar económicamente el carbono secuestrado por los predios forestales de la comunidad de San Bartolomé Loxicha.
- ◆ Discutir sobre el significado de la dimensión económica y política de los servicios hídricos, captura de carbón y biodiversidad.

### 3. ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1 Descripción del área de Estudio

El estado de Oaxaca está situado en la porción meridional de la república mexicana. Colinda al Este y Noreste con los estados de Chiapas y Veracruz, al Norte y Noroeste con el estado de Puebla, al Oeste con el estado de Guerrero y al Sur con el océano Pacífico. Se ubica entre los paralelos 15° 40', y 18° 30' de latitud Norte y entre los meridianos 93° 50' y 98° 30' de longitud Oeste. Cuenta una extensión de 92,452 km<sup>2</sup>, la cual representa el 4.8% del territorio nacional; se creó por decreto del Congreso de la Unión el 3 de febrero de 1824 (Subdirección Regional de Geografía de Oaxaca, 1988). Políticamente está dividido en 30 distritos y 570 municipios, los cuales representan el 24% de los municipios del país (Subdirección Regional de Geografía de Oaxaca, 1988).

El abrupto relieve de Oaxaca, atestigua una larga y compleja historia geológica iniciada desde el Precámbrico y continuada en múltiples etapas hasta el presente, forma la segunda columna geológica más completa en todo el territorio mexicano. Debido a la confluencia del límite de tres placas continentales, Oaxaca presenta una alta sismicidad y el mayor número de epicentros se han localizado al sur del estado (Ordoñez, 2002).

El estado presenta un marcado gradiente altitudinal que permite la presencia de cinco zonas térmicas y una marcada diferencia en la distribución y cantidad de precipitación. La combinación de estos factores da origen a tres grupos climáticos: los cálidos húmedos y subhúmedos (A); los secos semiáridos, áridos y muy áridos (B) y los templados húmedos y subhúmedos (C) y seis grandes tipos de suelo: Regosoles, Litosoles, Cambisoles, Acrisoles, Luvisoles y Feozem.

Oaxaca se ha considerado, como una de las entidades más importantes a nivel nacional, con vocación forestal por las superficies reportadas en diferentes inventarios. El 80% de la superficie de la entidad pertenece a comunidades y ejidos (Ordoñez, 2002).

San Bartolomé Loxicha de acuerdo a la división político administrativa del estado de Oaxaca (figura 3.1), pertenece al distrito de San Pedro Pochutla, en la región de la Costa. Su territorio limita al Norte con las comunidades de San Agustín Loxicha y Santa Catarina Loxicha, al Sur con Santa María Colotepec y Santa María Tonameca; al Este también con San Agustín Loxicha y al Oeste con San Baltazar Loxicha y Santa María Colotepec. Su cabecera municipal se localiza entre las coordenadas 96°42' longitud Oeste, 15°58' latitud Norte y a una altura de 1,190 msnm (CONABIO, 2007). La superficie total del municipio es 14,460 ha (CONAFOR, 2008).

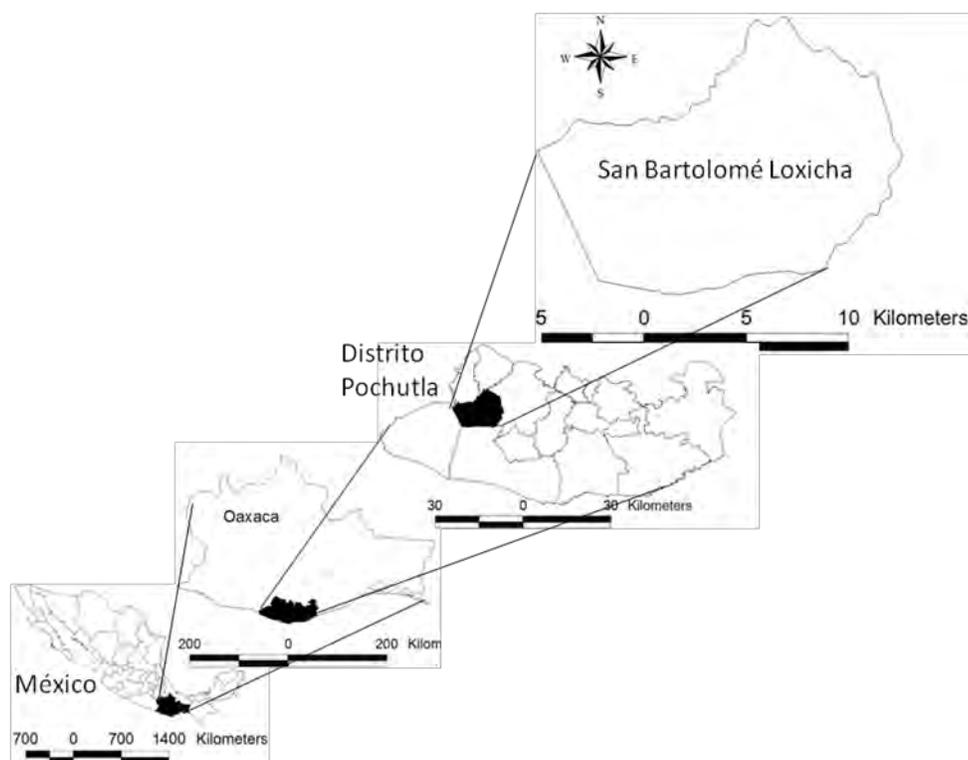
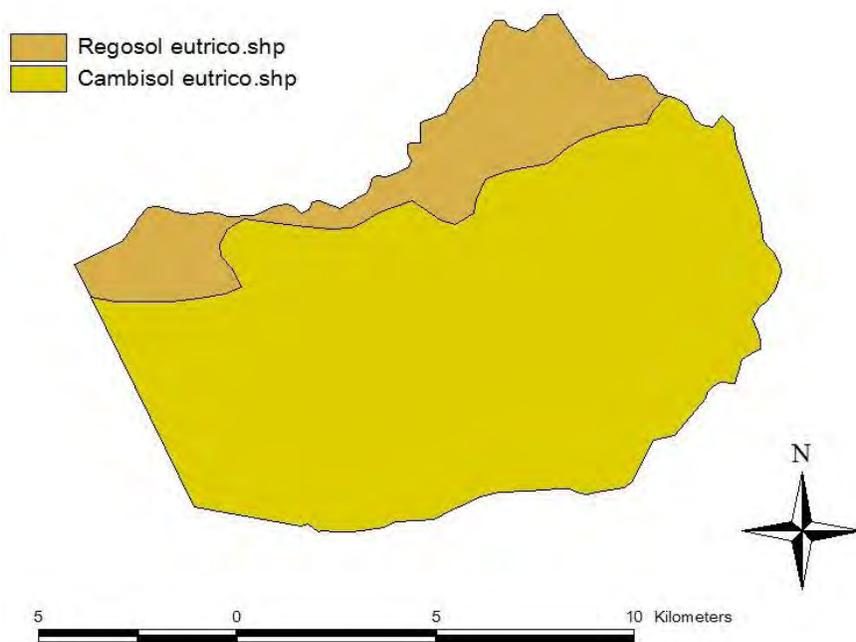


Figura 3.1 Localización de San Bartolomé Loxicha.

Forma parte de la cuenca alta del río Colotepec, dentro de la región hidrológica 21, en las zonas climáticas del trópico húmedo y de la zona templada, presenta dos tipos de clima cálido subhúmedo: Awo y Aw1, presenta temperatura media anual de 29°C, y precipitación anual promedio de 653.0 mm (CONABIO, 2007).

Los tipos de suelos (figura 3.2) predomina el cambisol eutrico y en menor grado el regosol eutrico (CONABIO, 2007). Alfaro (2004) señala que los suelos de cambisol, son jóvenes y con poca o moderado desarrollo; en el subsuelo presentan una capa que parece más suelo que roca, en la que se forman terrones y el suelo no está suelto. Se caracterizan por presentar un horizonte A ócrico o úmbrico, o un A mólico situado encima de un horizonte B cámbico con una grado de saturación de bases intercambiables (por  $\text{NH}_4 \text{ OAc}$ ) menor de 50%. En esta unidad no se presentan horizontes de diagnostico desarrollados aunque tengan lugar diversos procesos edáficos. Además de las características anteriores, su rendimiento en la agricultura, es de alto a moderado. Los suelos regosoles (Alfaro, 2004) son suelos delgados formados por materiales no consolidados, no presentan una horizontalización, y se parecen en color a la roca que los subyace. Muchos de estos suelos son productos residuales de la erosión hídrica de las laderas. Su uso, es forestal, pecuario, agrícola. Sus limitantes son la topografía y el clima.



**Figura 3.2 Tipos de suelo de San Bartolomé Loxicha.**

San Bartolomé Loxicha cuenta con 16 localidades (cuadro 3.1), de las cuales se reconocen 11 rancherías y la cabecera municipal que es San Bartolomé Loxicha. La cabecera municipal es

reconocida como zona marginada, mientras las demás localidades se clasifican como zonas de muy alta marginación (INEGI, XX)

Cuadro 3.1 Localidades del Municipio de San Bartolomé Loxicha, ubicación y población total.

NOMBRE DE LOCALIDAD	ÁMBITO	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ALTITUD (msnm)	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN MASCULINA	POBLACIÓN FEMENINA
San Bartolomé Loxicha	U	15°58'08"	096°42'30"	1200	1706	845	861
Paso Ancho	R	15°57'39"	096°48'45"	160	409	208	201
La Chinilla	R	15°55'33"	096°48'13"	660	78	48	30
Llano Abono	R	15°56'21"	096°46'46"	700	4	ND	ND
Llano Arena	R	15°54'55"	096°44'58"	540	19	8	11
El Corozal	R	15°54'06"	096°47'38"	640	8	ND	ND
El Tamarindo	R	15°53'54"	096°43'09"	460	130	60	70
Río Tejón	R	15°57'33"	096°45'56"	430	20	13	7
Llano Ocote	R	15°55'31"	096°42'41"	680	24	12	12
Tierra Colorada	R	15°54'29"	096°46'00"	360	6	ND	ND
Agua Blanca	R	15°55'33"	096°45'38"	860	4	ND	ND
Huanacastle	R	15°58'42"	096°44'25"	540	2	ND	ND
Emiliano Pacheco	R	15°58'08"	096°42'54"	1220	15	8	7
Vista al Mar	R	15°58'06"	096°42'18"	1180	72	38	34
Llano de Sapó	R	15°58'28"	096°42'11"	1220	89	46	43
Piedra Ancha	R	15°55'10"	096°41'51"	530	31	16	15

Fuente: INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005. U: Urbano, R: rural, msnm: metros sobre el nivel del mar, ND: no disponible.

### 3.2 Cobertura y uso de suelo

Según el Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental, A.C. (GAIA, 2001), la cobertura actual del suelo de San Bartolomé Loxicha, a partir de imágenes de satélite Landsat del año 2000 y verificaciones realizadas por el GAIA en el 2001, abarca 4 coberturas: vegetación arbórea; agricultura; vegetación secundaria-pasto; y asentamientos humanos. Identificándose 8 tipos de uso de suelos: agricultura (35.9 %), bosque de encino (31.3 %), bosque de pino (11.8 %), bosque mesófilo (8.4 %), vegetación secundaria (6.8 %), selva baja caducifolia (4.1 %), pastizal (1.7 %) y asentamientos humanos (0.1 %).

### 3.3 Ordenamiento territorial

En 2001, la asamblea del pueblo, máximo órgano de toma de decisiones de la comunidad se reunió para designar a los ciudadanos encargados de participar en el Taller de Ordenamiento Territorial, realizado por el Grupo Autónomo para Investigación Ambiental, llevado a cabo del 30 de julio al 4 de agosto de 2001. Se contemplaron cuatro fases de desarrollo del taller: 1) fase de diagnóstico; 2) fase de análisis; 3) fase de problemas; y 4) fase de elaboración de propuestas. Los objetivos principales del ordenamiento territorial son: mantener y conservar el equilibrio territorial y del paisaje, asegurar la existencia, y promover el uso sostenible de los recursos para el desarrollo de la comunidad, asegurar la capacidad productiva de la comunidad y de las generaciones futuras, promover la recuperación de zonas degradadas y alteradas por fenómenos climáticos extremos, como el caso de los huracanes Paulina y Rick, acaecidos en 1997 y Stan en 2005.

Del taller se identificó 4 políticas de uso de suelo: restauración, aprovechamiento, conservación, y protección de los recursos, a su vez, se subdividió en 10 estrategias de manejo de territorial de los recursos (cuadro 3.2) (GAIA, 2001).

- Restauración: Zonas alteradas significativamente y que por su ubicación o función original son vitales para el mantenimiento de los recursos naturales. Destinado a la recuperación de Zonas afectadas por fenómenos climáticos extraordinarios (Huracanes Paulina, Rick (1997) y Stan (2005)).
- Aprovechamiento: Zonas dedicadas a actividades productivas: agricultura, pecuarias, silvícolas y urbanas. Principalmente provisión de servicios, es decir, aporte de bienes o servicios para el autoabasto y/o actividades comerciales propias de la comunidad (GAIA, 2001).
- Conservación: Mantenimiento de los ecosistemas, ocasionalmente manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, sin alterar características estructurales y de función ecológica.

- Protección: Resguardo del ecosistema, sin ningún tipo de aprovechamiento, permitiendo los procesos ecológicos y biológicos, para el mantenimiento de la biodiversidad, recarga de acuíferos y manantiales.

Cuadro 3.2. Programa de Manejo del Ordenamiento Territorial de la Comunidad de San Bartolomé Loxicha, Oaxaca, México.

POLITICAS DE USO DE SUELO	ESTRATEGIAS	(%)
Restauración	Áreas afectadas por los huracanes paulina y Rick (1997)	7.19
Aprovechamiento	Áreas agrícola intensivas	1.58
	Áreas agrosilvopastoriles	37.23
	Áreas para el desarrollo forestal comercial	6.33
	Áreas forestales para el aprovechamiento domestico	7.89
	Áreas para el desarrollo urbano	0.19
Conservación	Áreas para el manejo diversificado de cafetales	14.29
	Áreas para el aprovechamiento de especies forestales no maderables	17.63
Protección	Áreas de protección de la vida silvestre	4.47
	Áreas de manantiales y acuíferos	3.19
<b>TOTAL</b>		<b>100.00</b>

**Fuente: GAIA, 2001.**

El Programa de Manejo resultado del Ordenamiento Territorial, fomentara la protección del paisaje y valores asociados, investigación y educación ambiental, para fortalecer la cultura y el conocimiento tradicional.

## 4. MÉTODO

Para realizar la valoración de los servicios ecosistémicos en esta comunidad, se identifico y determino los servicios a valorar, en este caso la captura de carbono para el año 2008, y los programas de pago por servicio hidrológico y conservación y mantenimiento de la biodiversidad, programa que tiene a cargo la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), para el año 2008, como comparativo.

### 4.1 Valoración económica de la captura de carbono forestal

En el presente estudio, se considera únicamente la biomasa aérea determinada de los almacenes naturales, para lograr este fin, se utiliza la información de los inventarios forestales proporcionados por la comunidad.

1. Se estima el contenido de carbono (almacenado) por unidad de área (expresado en Mg C/ha), a partir del volumen (existencias reales) expresado en  $m^3/ha$  y con el incremento corriente anual (ICA en  $m^3/ha/año$ ), se estima la captura potencial de carbono primero por ha y luego para toda la superficie del área del proyecto, con base en los métodos propuestos por Ordóñez (1998, 1999, 2003 y 2008) y Ordóñez *et al.*, 2008
2. Paso seguido tomando como precio referente el mercado voluntario de carbono en México se le asigna precio base a la tonelada de dióxido de carbono equivalente (Mg o t de  $CO_{2e}$ ).

La toma de la información de campo es por rodal: número de árboles existentes en un 10 % de la ha de los arboles representativos; del sitio de medición, pendiente, exposición, grado de perturbación del bosque, especies existentes, así como daños presentes en el arbolado como son: incendios forestales, plagas, enfermedades y algún otro. Así también se tomo como referencia el año de reforestación de los predios.

Los datos registrados para su posterior concentración y proceso en gabinetes son las Existencias Reales Totales (E.R.T.), que corresponden a los metros cúbicos de madera existente en un rodal, para su determinación se multiplica la superficie arbolada por el volumen producto del decimo de hectárea tipo, esta información se obtuvo del inventario y se ocupa el siguiente calculo:

- Número de árboles/ha.

$$No.de.arboles/ha = \frac{A * 10}{n}$$

Donde:

A= Número de árboles por categoría diamétrica por rodal.

n= Número de sitios del rodal.

- Existencias reales/ha (m<sup>3</sup>). Para obtener este dato es necesario multiplicar el volumen tipo por el número de árboles/ha.
- Existencias reales totales (m<sup>3</sup>): Se multiplica las existencias reales/ha por la superficie del rodal.
- Estimación del contenido de carbono

Para llegar al cálculo del contenido de carbono se procedió a la determinación de las E.R./ha y por rodal, esto con el apoyo de tablas de volúmenes elaboradas.

Se utiliza el método propuesto por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (1994) que sugiere la aplicación de *a.b.c...* variables que sirvieron para estimar el carbono almacenado en cada uno de los rodales que conforman el área de estudio, el siguiente cuadro (4.1) muestra los pasos seguidos para el cálculo del carbono almacenado.

Cuadro 4.1 Procedimiento para la estimación de carbono almacenado ( $m^3$ ) (modificada de Fragoso, 2003).

Metodología para estimar carbono almacenado utilizando los factores propuestos por el IPCC (1994).

Columna 1	Número de rodal
Columna 2	Clave del rodal
Columna 3	Existencias reales por hectárea
Columna 4	Factor de densidad para coníferas 0.48 y 0.60 para latifoliadas (toneladas de materia seca/ $m^3$ )
Columna 5	Factor de contenido de carbono 0.45 (toneladas de Carbono /toneladas de materia seca)
Columna 6	Cálculo de biomasa (col. 3)*(col. 4)*(col. 5)
Columna 7	Factor 1.3 (toneladas de carbono/ ha)
Columna 8	Toneladas de carbono/ ha (col. 6)*(col. 7)
Columna 9	Superficie por rodal en ha
Columna 10	Toneladas de carbono/ rodal (col. 8)*(col. 9)

- Cálculo de incremento corriente anual (I.C.A) en  $m^3$ .

La determinación del ICA por estrato, se obtuvo con el método de Loetsch, el cual se describe a en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2 Metodología para el cálculo de incrementos ( $m^3$ ) (tomado y modificado de Fragoso, 2003).

DESCRIPCION DEL METODO DE LOETSCH	
Columna 1	Se anotan las categorías diamétricas
Columna 2	Volumen tipo por árbol regular
Columna 3	Diferencias de volúmenes de categoría diamétricas sucesivas
Columna 4	Volumen para cada centímetro en diámetro, generado a través de la expresión $V/cm = (dv - a) + (dv - a)/10$ de donde: $(dv - a)$ = Diferencia de volumen menos la clase de interés a la anterior $(dv - a)$ = Diferencia de volumen menos la clase de interés siguiente a la posterior
Columna 5	Se anotan para clase diamétrica el promedio aritmético de los incrementos obtenidos en campo
Columna 6	Se transforma el incremento anual en diámetro sin corteza en incremento anual en diámetro con corteza, multiplicando la columna 5 por el factor de conversión, el cual resulta de dividir el diámetro con corteza con el diámetro sin corteza
Columna 7	Se calcula el incremento en volumen por árbol para cada clase diamétrica multiplicando el incremento anual en diámetro (columna 6) por el volumen de un centímetro de diámetro de la clase diamétrica considerada (columna 4).
Columna 8	Se determina el porcentaje de incremento en volumen por árbol para cada clase diamétrica multiplicando por 100 el cociente que resulta al dividir el incremento en volumen (columna 7) entre el volumen por árbol de la misma clase diamétrica (columna 2)
Columna 9	Se registra para cada clase diamétrica el número de árboles que hay en la hectárea tipo, por estrato considerado.
Columna 10	Para cada clase diamétrica se obtiene el volumen por hectárea multiplicando el número de árboles por hectárea (columna 9) por el volumen tipo de un árbol de esa clase diamétrica (columna 2)

Columna 11 Para cada clase diamétrica se obtiene el incremento en volumen por hectárea multiplicando el número de árboles por hectárea (columna 9) por el incremento en volumen por árbol (columna 7).

---

El I.C.A, en  $m^3$  resulta de sumar los valores de la columna 11.

➤ Valoración económica

El mercado voluntario de carbono en México define un precio base de 10 en dólares por  $tCO_{2e}$  capturado (Torres y Guevara, 2002; Ordóñez, 2008). El valor estimado se compara con referentes de Reuters del precio internacional por tC.

## 4.2 Valoración económica de los servicios hídricos

La asignación de precios por servicios hidrológicos se estima de la siguiente forma:

- a. Se ocupa el precio de referencia establecido por la CONAFOR con fundamento en el artículo 27 fracción III y en lo dispuesto en el Anexo 3, apartado C5.1, correspondiente a los criterios de ejecución de los apoyos por concepto de Servicios ambientales de las reglas de operación del programa PROÁRBOL, publicadas en el Diario Oficial de la Federación en fecha 28 de diciembre de 2007; en base al área elegible y al porcentaje de la comunidad de San Bartolomé Loxicha, que considera como punto de referencia espacial, la cobertura geográfica del Marco Geoestadístico Municipal 2005, elaborado por el INEGI, y los polígonos del concepto de servicios ambientales determinados por la CONAFOR, para la aplicación de los apoyos, basado en el monto de apoyo que establece las reglas de operación por tipo de vegetación (bosque mesófilo de montaña, bosque de encino y otros bosques y selvas), que además se extrapola con el tipo de uso de suelo, multiplicando el tipo de vegetación/hectárea por el número de salario mínimo diario general, vigente en el DF (smvdf) para el 2008, obteniendo precio potencial de referencia por este servicio.

### 4.3 Valoración económica de la Conservación y Mantenimiento de la Biodiversidad

Para este trabajo se hace la revisión del Programa ProÁrbol, dentro del rubro de Conservación y Restauración Forestal, en el apartado C5 Servicios Ambientales, para el año 2008.

- a. Se hace una revisión de los términos de referencia establecidos por la CONAFOR con fundamento en el Artículo 27 fracción III y en lo dispuesto en el Anexo 3, Apartado C5 correspondiente a los criterios de ejecución de los apoyos por concepto de servicios ambientales, de las Reglas de operación del programa PRO-ÁRBOL de la CONAFOR publicadas en el Diario Oficial de la Federación en fecha 28 de diciembre de 2007, revisando las reglas de operación y los estatutos para determinar los lugares donde el servicio es pagado por CONAFOR.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Valor económico de la captura de carbono forestal:

Para conocer el contenido de carbono almacenado se obtiene las existencias reales totales (cuadro 5.1 y figura 5.1), expresadas en m<sup>3</sup> por tipo (coníferas y latifoliadas) por hectárea y totales (las totales resultan de la multiplicación de la superficie por las existencias reales totales por hectárea).

Cuadro 5.1 Existencias reales totales, en base a la existencia real por hectárea estimado en m<sup>3</sup>

PREDIO	ha	EDAD (años)	ER(m3) Pino	ER(m3)Lat	ER(Total)/ha	ERT (m3)
Predio 1	33	31	106	30	136	4484
Predio 2	9	14	59	136	194	1749
Predio 3	15	16	5	56	61	913
Predio 4	23	15	70	27	97	2227
Predio 5	248	23	75	41	116	28652
Predio 6	18	48	18	69	87	1569
Muina	72	25	122	44	166	11947
Agua Blanca	78	27	22	148	170	13239
Las trancas	55	17	41	52	93	5122
<b>TOTAL</b>	<b>551</b>					<b>69901</b>

**Fuente: Datos obtenidos de campo y en gabinete.**

Las existencias reales totales son el contenido que tiene cada uno de los predios,

El total de carbono almacenado en los predios expresado en toneladas, en base a la biomasa, por tipo (pino y latifoliadas). La biomasa corresponde a las existencias reales por hectárea, por el factor de densidad para coníferas (0.48) y latifoliadas (0.60) por el factor de contenido de carbono (0.45), este último dato es bibliográfico y corresponde a las toneladas de carbono entre las toneladas de materia seca (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2 Total del carbono almacenado, por hectárea y por predio, en base a la biomasa almacenada en pinos y en latifoliadas.

Predio	ha	Bio/ha/Pino (m3)	Bio/ha/Lat (m3)	Carb/ha/ Pin	Carb/ha/Lat	Carb/T/h a	Carb/T/Almacen ado
1	33	69	19	0.65	0.63	57	1881
2	9	39	88	0.67	0.65	83	747
3	15	3	36	0.67	0.64	25	375
4	23	45	18	0.64	0.67	41	943
5	248	49	27	0.65	0.67	50	12400
6	18	12	44	0.67	0.64	36	648
Muina	72	79	28	0.65	0.64	69	4968
Agua Blanca	78	14	95	0.64	0.64	70	5460
Las trancas	55	28	33	0.68	0.64	40	2200
<b>TOTAL</b>	<b>551</b>	<b>38</b>	<b>43</b>	<b>0.67</b>	<b>0.65</b>	<b>53</b>	<b>29622</b>

**Fuente: Datos obtenidos de campo y de gabinete.**

La determinación del ICA nos permite evaluar el crecimiento de nuestros predios y hacer supuestos de la captura de carbono potencial a futuro con el fin de determinar las capturas en años subsecuentes, para la obtención del CO<sub>2</sub> equivalente (que es la medida estándar de los GEI), se multiplica el Carbono potencial por cuarenta y cuatro entre doce (44/12), que es la cantidad de carbono que contiene la molécula de CO<sub>2</sub> (figura 5.3).

Cuadro 5.3 CO<sub>2</sub> equivalente potencial total, en base al ICA.

Predio	ha	ICA/Pino (m3/ha/año)	Carb/POT/Pin	Carb/POT/Lat	Carb/POT	CO2/EQ/ha	CO2/EQ/T
1	33	23	9.00	2.14	11.14	40.86	1348.29
2	9	11	4.40	10.18	14.58	53.45	481.09
3	15	5	2.00	4.11	6.11	22.39	335.89
4	23	14	5.41	2.14	7.56	27.71	637.24
5	248	14	5.49	3.21	8.70	31.90	7911.20
6	18	8	3.20	5.00	8.20	30.07	541.20
Muina	72	21	8.13	3.21	11.35	41.61	2995.99
Agua Blanca	78	5	1.93	10.89	12.82	47.01	3666.93
Las trancas	55	11	4.48	3.75	8.23	30.17	1659.43
<b>TOTAL</b>	<b>551</b>		<b>44.04</b>	<b>44.64</b>	<b>88.68</b>	<b>325.17</b>	<b>19577.26</b>

**Fuente: Datos obtenidos de campo y de gabinete.**

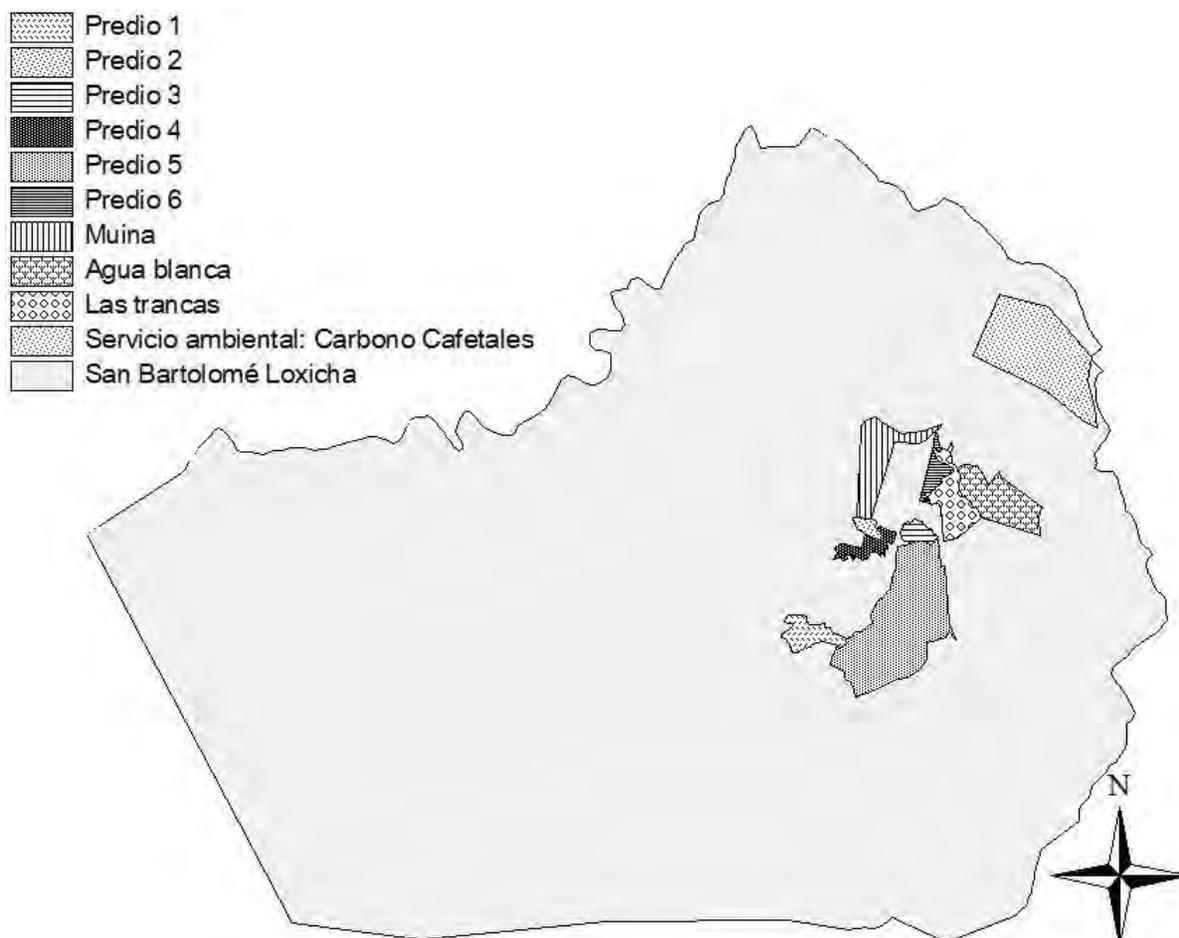
Para el caso de los cafetales (cuadro 5.4 y figura 5.) los datos están resumidos, teniendo como comparativos con los bosque de pino y pino-encino.

Cuadro 5.4 Captura de carbono en el predio de manejo de zona cafetalera.

PREDIO	HA	BIO_TON_H A	CARB_TOT_H A	CARB_TOT	CARB_POT_H A	CO2_EQ_HA	CO2_EQ_TO
Cafetal	208.38	113.46	74.90	14980.81	16.92	62.03	1886.98

**Fuente: Datos obtenidos de campo y de gabinete. HA: hectárea, BIO\_TO\_HA: biomasa por tonelada por hectárea, CARB\_TOT\_HA: carbono total por hectárea, CARB\_TOT: carbono total, CARB\_POT\_HA: carbono potencial por hectárea, CO2\_EQ\_HA: CO<sub>2</sub> equivalente por hectárea, CO2\_EQ\_TO: CO<sub>2</sub> equivalente total.**

La tonelada de biomasa por hectárea en los cafetales es de 113.46 ton, teniendo un total de carbono almacenado por los 208.38 hectáreas de 14,980.81 toneladas. Se tiene un potencial de 16.92 ton C potencial por hectárea para la zona de estudio, lo que nos da un total de 62.03 ton de CO<sub>2</sub> equivalente por hectárea y un gran total de 1,886.98 ton CO<sub>2</sub> equivalente total de captura y almacenaje para un año.



**Figura. 5.1 Superficie de captura de carbono de San Bartolomé Loxicha, considerando el área de bosque y el manejo de captura de carbono en zonas de cafetales.**

En la valoración económica se encontró que el valor de cada tonelada de Carbono, depende de los costos marginales del cambio climático. Por ejemplo Nordhaus (1992) sugiere un costo marginal de US\$5 dólares la tonelada de C, en cambio Frankhauser (1995) estima el precio en US\$20 la tonelada de C, debido a los riesgos derivados del cambio climático, tasas de descuento y otros, para empresas consultoras en general usan el estándar de US\$10 la ton de C (Torres y Guevara, 2002), el precio internacional según la REUTERS de CO<sub>2</sub> se encuentra en US\$2.3, esto por la conversión de Carbono a CO<sub>2</sub>.

A nivel nacional se tiene como base el precio máximo y mínimo de CONAFOR que lo establece en como precio base en \$50.00 y como máximo \$100.00 la tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente. El presente trabajo se basa en el precio establecido por PRONATURA México A.C. que establece el precio de CO<sub>2</sub> equivalente en US\$10 la tonelada, lo que significa que la ton de C, tiene un costo total de US\$36.36. Se hizo una valoración (cuadro 5.5) para cada uno de los supuestos por tonelada de CO<sub>2</sub> para conocer el beneficio económico de la comunidad.

**Cuadro 5.5 Precio de la tonelada de carbono bajo varios escenarios.**

PREDIO	Ton CO <sub>2</sub> e	Precio internacional USD \$ 2.3	Precio Nacional CONAFOR \$50 base	Precio Nacional CONAFOR \$ 100 Máximo	PRONATURA México A.C. USD \$ 10
1	1348.29	3,101.07	67,414.50	134,829.00	13,482.90
2	481.09	1,106.51	24,054.50	48,109.00	4,810.90
3	335.89	772.55	16,794.50	33,589.00	3,358.90
4	637.24	1,465.65	31,862.00	63,724.00	6,372.40
5	7911.2	18,195.76	395,560.00	791,120.00	79,112.00
6	541.2	1,244.76	27,060.00	54,120.00	5,412.00
Muina	2995.99	6,890.78	149,799.50	299,599.00	29,959.90
Agua Blanca	3666.93	8,433.94	183,346.50	366,693.00	36,669.30
Las trancas	1659.43	3,816.69	82,971.50	165,943.00	16,594.30
Total reforestación	19,577.26	45,027.70	978,863.00	1,957,726.00	195,772.60
Cafetal	1,886.98	4,340.05	94,349.00	188,698.00	18,869.80
TOTAL	21,464.24	USD \$49,367.75	\$ 1,073,212.00	\$ 2,146,424.00	USD \$ 214,642.40

Fuente: Precio internacional-REUTERS, precio CONAFOR (base y máximo)-Diario Oficial de la Nación 24 de noviembre de 2004, precio PRONATURA-programa Neutralízate 2008-2009, Galeana 2008.

Las toneladas totales que se obtienen de la superficie de captura de carbono en la comunidad de san Bartolomé Loxicha de CO<sub>2</sub> equivalente es de 14,978.18 toneladas. Lo que tendría un valor en el mercado internacional de USD \$34.449.81 como base. En el mercado nacional el máximo precio que se obtiene es de \$1,497,818.00 M.N., en el mercado voluntario el precio de venta es de USD \$149,781.80, y precios mexicanos depende del tipo de cambio en que se haga la venta.

Durante la elaboración de este estudio, PRONATURA México A.C., en conjunto con la CONAFOR y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), lanzó el mercado voluntario de carbono (Presidencia de la República, 2008; PRONATURA, 2008) el 8 de Mayo de 2008, enfocado en proyectos forestales. Lográndose la venta de la captura de carbono de 10 comunidades. La venta se hizo el 21 de abril de 2008, con un tipo de cambio de \$ 10.56 M.N. por un dólar, vendiéndose a la farmacéutica Chinoin 3,336.81 ton de CO<sub>2</sub>, pagándose \$ 352,588.19, que la comunidad recibió íntegramente. En la misma fecha, Televisa San Ángel hace una compra de 6712.93 ton de CO<sub>2</sub>, con un pago de \$708,214.28, teniéndose una ganancia de \$ 1,060,802.47, quedándose para venta todavía 4,928.41 ton de CO<sub>2</sub>. Este contrato de compra venta solo es por un año, dando la oportunidad de seguir con la venta para el siguiente año.

## 5.2 Valor económico del servicio hidrológico:

El área elegible según la CONAFOR (2008) y porcentaje representado del municipio de San Bartolomé Loxicha (Cuadro 5.1 y figura 5.1).

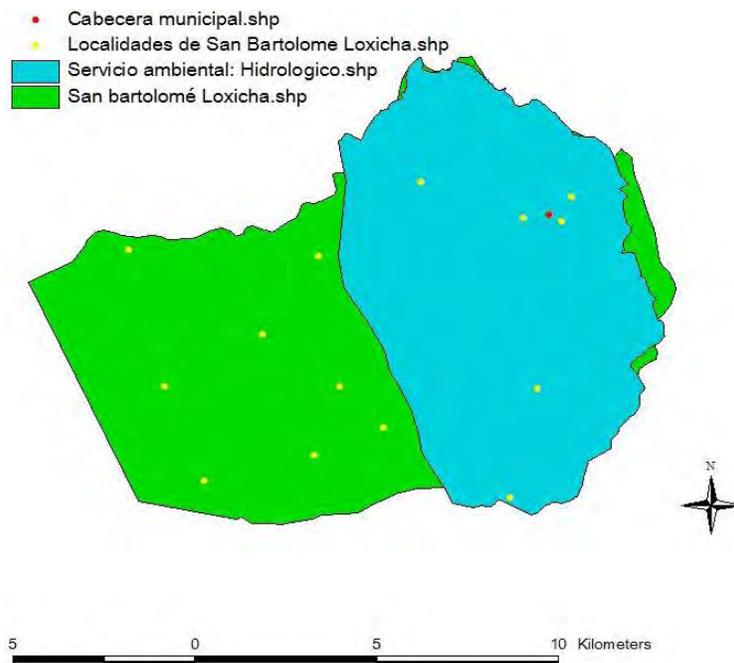
Cuadro 5.6 Superficie elegible para el servicio ambiental hídrico para la comunidad de San Bartolomé Loxicha.

Superficie total del municipio (ha)	Superficie del área elegible (ha)	Porcentaje de superficie elegible en el municipio (%)
14,460	7,667	53.02

**Fuente: CONAFOR 2008.**

El porcentaje de superficie elegible para el municipio de San Bartolomé Loxicha corresponde a un total de 53.2 %, un total de 7,667 ha del total respecto a la superficie

con que cuenta la comunidad. Correspondiente a la parte noreste de la comunidad, que pertenece a la parte alta de la cuenca del río Colotepec.



**Figura. 5.1 Superficie elegible del servicio ambiental hídrico CONAFOR 2008.**

Tomando como referencia el tipo de uso de suelo, y con base en salario mínimo diario general vigente en el Distrito federal (smvdf), es cual está establecido en \$52.29 M.N. para el año 2008, se toma el tipo de ecosistema para el monto total a pagar: bosque mesófilo de montaña monto a pagar 8.5 veces el smvdf/ha/año; bosque de encino el monto a pagar es de 7.5 veces el smvdf/ha/año; y otros bosques y selvas el monto a pagar es de 6.5 veces el smvdf/ha/año.

Cuadro 5.7 Precio potencial estimado en base a los tipos de ecosistemas, las hectáreas y el monto de apoyo en salarios mínimos vigentes para el distrito federal para el año 2008.

Tipo de ecosistema	Ha	Monto de apoyo en smvdf (\$52.29)/Ha	Precio potencial estimado (\$)
Bosque mesófilo de montaña	1,215	8.5	540,025.00
Bosque de encino	4,525	7.5	1,774,592.00
Otros Bosques y selvas	2,010	6.5	2,997,786.00
<b>Total</b>	<b>7,750</b>		<b>5,312,403.00</b>

Fuente: CONAFOR, 2008; GAIA, 2001. Smvdf: salario mínimo diario general vigente en el Distrito Federal para el año 2008.

### 5.3 Valor económico de la conservación y mantenimiento de la biodiversidad

San Bartolomé Loxicha no se encuentra dentro de la zona de elegibilidad, por lo tanto se hace una revisión de los criterios de prelación para el pago de este servicio por parte de la CONAFOR (cuadro 5.8), para este servicio. La revisión es para saber cuál es la puntuación obtenida en la comunidad.

Cuadro 5.8 Criterios de prelación de la CONAFOR para el servicio conservación de la biodiversidad.

Criterios técnicos	puntos
1. Ubicado en una Región Hidrológica Prioritaria (RHP) o en una Región Terrestre Prioritaria (RTP), de acuerdo a la clasificación de CONABIO, disponible en la página de CONAFOR: <a href="http://www.conafor.gob.mx">www.conafor.gob.mx</a>	
Si	5
No	3
2. Ubicado dentro de un Área Natural Protegida, de acuerdo con la clasificación de CONANP, disponible en la página de CONAFOR: <a href="http://www.conafor.gob.mx">www.conafor.gob.mx</a>	
Si	5
No	3
Ubicado dentro de cualquier otra categoría de Área Natural Protegida no inscrita en el SINAP, o en un área protegida con decreto estatal o municipal	1
3. Que esté contemplado dentro de un Área de Conservación de Aves (AICA), de acuerdo a la clasificación de CONABIO, disponible en la página de CONAFOR: <a href="http://www.conafor.gob.mx">www.conafor.gob.mx</a>	
Si	5
No	3
4. Que esté contemplado dentro de un Sitio Ramsar, Humedales de importancia mundial, de acuerdo a la clasificación de CONANP, disponible en su página de CONAFOR: <a href="http://www.conafor.gob.mx">www.conafor.gob.mx</a>	
Si	5
No	3
5. Favorece el hábitat de especies referidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001	
Probablemente extinta en el medio natural o en peligro de extinción	5
Amenazadas o sujetas a protección especial	3

No demuestra el criterio de favorecer el hábitat de dichas especies	1
6. El polígono se encuentra dentro de los límites de las sesenta montañas prioritarias para la CONAFOR, que publica en su página de Internet <a href="http://www.conafor.gob.mx">www.conafor.gob.mx</a>	
Si	5
No	3

**Fuente: CONAFOR, 2008.**

La evaluación nos arrojó el siguiente resultado que se observa en el cuadro 5.9, dándonos una puntuación de 20 puntos. Se obtiene la puntuación más baja, de acuerdo a las reglas de operación para obtener apoyo en el pago por los servicios ambientales por parte del Gobierno Federal.

Cuadro 5.9 Puntuación total de los criterios de prelación de la CONAFOR para el servicio conservación y mantenimiento de la biodiversidad.

Criterio técnico	Puntuación
1	3
2	3
3	3
4	3
5	5
6	3
<b>Total</b>	<b>20</b>

## 6. DISCUSIÓN

El éxito de los sistemas del PSA depende de la confianza de los usuarios sobre sus beneficios y su disposición a pagar, lo cual está en función del mecanismo propuesto de protección, así como de que si estos beneficios se consideran justos y efectivos (O'Connor, 2000 en: Tognetti *et al.*, 2003). Se argumenta que los principios deberán ser inherentes a los valores de “no hacer daño” o que el PSA debilita los mecanismos existentes, tales como el de que “el que contamina, paga” (FAO, 2002 en: Tognetti *et al.*, 2003). Lo valioso del PSA también se ve afectado por la falta de vínculos claros y científicamente probados para los servicios y actividades por los que pagan los usuarios, esto se puede apreciar sobre todo en la asociación de bosque-agua (Tognetti *et al.*, 2003;). Sin embargo, el PSA no intenta valorar todas las funciones del ecosistema, sino identificar y apoyar la transferencia financiera de aquellas funciones del ecosistema que proporcionan bienestar social, además de que trata de mejorar la protección al ambiente al proporcionar estímulos para que los propietarios del suelo realicen actividades que les proporcionen un valor agregado diferente al de los productos agrícolas (Tognetti *et al.*, 2003).

Las variables utilizadas en este trabajo, para establecer la valoración de los servicios ambientales son independientes en cada método utilizado. Basándose de las bases teóricas de la valoración y en las reglas establecidas por el Gobierno Federal, haciéndose una distinción por cada uno de los servicios ambientales analizados.

### 6.1 Servicio captura de carbono forestal

La estimación del precio base de la venta de captura de carbono fluctúa, desde los USD \$2.30 hasta los USD \$5.20 la tonelada de carbono; siendo la mejor opción de venta el mercado voluntario de carbono de Pronatura México A.C., porque lograron establecer un precio base de USD\$ 10.00 de la tonelada de CO<sub>2</sub>e, dando un precio record de USD\$ 36.667 la tonelada de carbono. El mercado voluntario además representa otras ventajas para los productores de los bonos de carbono, ya que la venta se hace de manera voluntaria y pueden participar

personas, industrias y comercios, para mitigar las acciones diarias, combatiendo el cambio climático global. Las organizaciones no gubernamentales como Pronatura México, o SAO, entre otras, son muy importantes ya que permiten la permanencia de los programas de conservación, esto porque no dependen de cambios de gobierno.

Entre los mecanismos que se establecieron para asegurar la permanencia de los bosques y asegurar el pago es que se establecieron contratos de compra-venta, Pronatura México, SAO y CONAFOR, están en constante monitoreo de los predios. El mercado voluntario da posibilidad de desarrollo a las comunidades poseedoras de los recursos naturales que ofertan los servicios ambientales, aunado a esto Oaxaca que es una zona de alta diversidad cultural, se conserva, ya que las empresas que el mercado voluntario no interviene en su cosmovisión de la naturaleza.

## 6.2 Servicio ambiental hídrico

Para el servicio ambiental hídrico, los resultados de la CONAFOR, el total de superficie de área elegible para la comunidad de San Bartolomé Loxicha es de 7,667 ha, esto si se hace referencia al total de la superficie boscosa en la parte elegible de la CONAFOR, según el ordenamiento territorial comunitario, se tendrá un precio potencial base de \$2,997, 786.00 M.N.

Para Ortigoza (2008) el agua no tiene costo, lo que tiene costo es la implementación necesaria, el equipamiento para operar y la energía eléctrica que tenemos que utilizar para dar presión y hacer llevar el agua (Dado que trasportar el agua a grandes distancias es sumamente costoso, así como la distribución que guarda la distribución hidrológica en nuestro país no puede aminorarse, lo que origina que el mercado sea un mercado regional (Trujillo, 2008)) a las casas o a las empresas.

## 6.3. Conservación y Mantenimiento de la Biodiversidad

En la conservación de la biodiversidad no se evalúa el estado de conservación de los tipos de vegetación, se basa en el ordenamiento territorial que involucra elementos de económicos y

de conservación, asentándose en el hecho que los recursos forestales se mantendrán constantes y por ende tendrán recuperación. El uso de suelo está definido por la comunidad a nivel local y el uso de la tierras está definido por la cosmovisión biocultural y económica que tienen del espacio en el que viven. Por eso la conservación va de la mano y no se necesita la evaluación a nivel de fragmentación. Esto nos lleva a que pensar de que la conservación a nivel gubernamental corresponde a dos tipos tradicionales: regular legalmente el tipo de uso al que se pueden destinar las tierras, o llevar a cabo medidas correctoras (tales como reparar los daños causados por las inundaciones, o construir obras públicas para proteger a la población de las tierras bajas frente a inundaciones). Estos métodos no han probado ser efectivos. Las medidas correctoras suelen ser imperfectas y más costosas que las medidas preventivas. En cuanto a las regulaciones legales, a menudo es difícil conseguir que se cumplan dada la alta dispersión de los usuarios de los servicios de ecosistémicos y su cumplimiento puede ocasionar altos costos a los usuarios pobres al prohibir actividades rentables (Pagiola y Platais, 2002).

El análisis de la situación actual y potencial de los bienes y servicios ambientales en general se deriva de un buen inventario de sus recursos naturales y su dinámica. Su conservación permite la del valor de opción proveniente de la biodiversidad en su conjunto (Velásquez *et al.*, 2002).

## 7. CONCLUSIÓN

Desde un punto de vista económico sobre la oferta y la demanda, si escasean o disminuyen los servicios ecosistémicos, 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 momento económico invertir para su protección y recuperación (García, 2006). El peligro de esta manera de ver las cosas radica en que si sólo una selección de recursos o atributos se comercializa con buenos resultados, los compradores y vendedores podrían no hacer caso de los otros aspectos de la biodiversidad.

El sistema de pago por servicios ambientales, debe estar relacionado con diversas alternativas para las personas que poseen este recurso, para así no depender 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, entre otros.

En países como el nuestro, en donde gran parte de la riqueza natural se encuentra en manos de la propiedad social, resulta importante replantear el tipo de incentivos que se emplean en un esquema de PSA. En algunas ocasiones, pueden desencadenar conflictos sociales, con impactos negativos para la conservación de los ecosistemas, más que soluciones viables. Uno de los motivos para desarrollar una estrategia de PSA es intentar frenar los factores que ponen en riesgo la capacidad de los ecosistemas de realizar los procesos y funciones ecológicas. En la comunidad se plantea implementar acciones paralelas al PSA, que fomenten una mejora en las condiciones de los ecosistemas.

La valuación económica de los servicios ambientales no representa un fin en sí misma; solamente es un medio para apoyar proyectos de conservación ecológica, circuitos de aprovechamiento sustentable de ecosistemas, funciones ambientales y programas de manejo de recursos naturales con criterios ecológicos. Representa un instrumento entre otros, que permite diseñar incentivos (o desincentivos) económicos para fomentar los costos

ambientales en cada una de las decisiones de producción y consumo, con el propósito final de acercarse a procesos más eficientes de asignación de recursos escasos, más sustentables en términos de escalas y tamaños de producción y consumo, más equitativos en cuanto a la distribución de costos y beneficios sociales (INE-SEMARNAP, 1997).

La captura de carbono que se obtiene en cada predio nos refleja la disparidad de captura y almacenamiento de este, esto se puede deber a varios factores: tipo de suelo, tipo de cobertura vegetal, prácticas de agricultura, intensidad y distribución de la precipitación y la temperatura, el relieve, los ciclos del nitrógeno y carbono, la biomasa, la materia orgánica, la mineralización, la densidad de población, entre otros factores. Los cafetales presentaron una captura más grande de CO<sub>2</sub>, por la mayor densidad foliar del cultivo, y el tipo de vegetación.

El uso de los 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, es decir, que la valoración económica de los servicios ambientales debe ser de forma local y con reglas adecuadas a cada sitio. Por lo tanto, para la elección de los métodos de valoración y los servicios a evaluar deben elegirse, en base a los poseedores de los recursos naturales como promitente vendedor dentro de un marco legal, su cosmovisión biocultural, así como, la identificación de los usuarios de los servicios ambientales como promitente comprador.

Pagiola *et al.* (2003) reconocen que dados los enormes beneficios sociales y ecológicos de los servicios ambientales y las muchas partes interesadas en aprovecharlos, incluyendo a las personas de escasos recursos, es esencial sacar el mayor beneficio posible del potencial de los mecanismos del mercado. Hay muchas barreras para la utilización de los mecanismos de mercado. Y a pesar de que se acepta el pago por lo que se consume o se utiliza, la verdad es que a nadie le gusta pagar por algo que antes no pagaba (García, 2006).

El hecho de que los consumidores de los servicios ambientales aquí evaluado se encuentren dispersos y/o difícil de identificar, con excepción de los usuarios de la cuenca baja del río Colotepec, es muy difícil que estos compensen por la provisión de estos servicios ambientales.

Uno de los problemas en el pago por los servicios ambientales, establecidos por el gobierno, es que no se considera más que un servicio ambiental por tipo de ecosistema.

El gobierno mexicano y su papel dentro de los servicios ambientales, es un tema a discusión que tiene que ser llevado a cabo, a una mesa de trabajo donde involucre los tres niveles de gobierno, las organizaciones no gubernamentales (ONG's) y la sociedad civil. Proponiéndose al gobierno como regulador del mercado y a la sociedad civil y a las ONG's como los activos en el pago por servicios ambientales, para así asegurar la permanencia de los programas.

La valoración de los servicios ambientales, es un instrumento para obtener las internalidades de los ecosistemas para externalizarlos, revelando una aproximación del costo de uso y escasez de estos bienes, intentando un acercamiento económico que sirva como una base para la sustentabilidad. Es decir, a partir de un ordenamiento territorial y con el pago o compensación de los servicios ambientales se puede asegurar la permanencia de los bosques, siendo una herramienta muy útil en la conservación de los recursos naturales y de desarrollo sostenible de las localidades poseedoras del recurso.

Para el éxito total del mercado voluntario aun faltan algunas herramientas para esto, como la construcción de una plataforma electrónica, para bajar el gasto de operación. Así como la evaluación de sitios de forma geográfica y cultural para poner también a la venta los demás servicios en el mercado voluntario.

El reto que enfrenta el desarrollo de los PSA consiste en definir los mecanismos de pago, ya sea que se basen en valores directos y/o indirectos de servicios asociados o, como una aproximación alterna (similar a un impuesto o subsidio), así como en desarrollar su legitimidad científica. Ha existido poca investigación sobre los costos de transacción asociados con el establecimiento de sistemas de PSA y existe poca evidencia práctica que muestre que dichos sistemas son más efectivos desde el punto de vista de costos que otras medidas (Tognetti *et al.*, 2003).

La magnitud del agotamiento de los recursos naturales y del deterioro ambiental exige la consideración y puesta en vigor de políticas e instrumentos que refuercen la conservación y el

aprovechamiento sustentable de los acervos y flujos naturales. Buena Parte de los procesos de conversión de uso del suelo, alteración de hábitat de especies de vida silvestre, contaminación por emisiones urbanas e industriales, descargas residuales o generación de residuos sólidos y peligrosos, encuentran su explicación en fallas institucionales y de mercado (externalidades). La Economía Ambiental tiene mucho que ofrecer en términos de los diagnósticos que pueden realizar en relación con los procesos que degradan y contaminan el entorno natural, así como en términos del diseño y ejecución de las políticas e instrumentos para la solución de los problemas ambientales. Resulta crucial internalizar los costos ambientales en las decisiones de producción y consumo de bienes y servicios, en la utilización de fuentes de energía y combustibles, y en cuanto a diferentes alternativas tecnológicas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro G., 2004, Suelos. En: A.J. García-Mendoza; M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM; Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza; World Wildlife Fund. México. 55-65 p.
- Andino, J.; Joaquín, J.; Villalobos, R.; Prins, C. y J. Faustino. 2006. Los servicios ambientales desde un enfoque ecosistémico: una propuesta metodológica para una planificación ecológica rápida de los recursos naturales a escala de paisaje. Serie Técnica. Informe Técnico, CATIE; No. 349. Turrialba. Costa Rica. 53 p.
- Barrantes, G. y E. Castro., 1999. Generación de ingresos mediante el uso sostenible de los servicios ambientales de la biodiversidad en Costa Rica, Consultoría para el Programa Conjunto INBio-SINAC. . 29 p.
- Calder, I. 1999. The Blue Revolution: Land Use and Integrated Water Resource Management. London.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado presente y futuro. CONABIO, UNAM y Agrupación Sierra Madre. México. 847 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País (1998). CONABIO. México. 341 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. 2006. Capital natural y bienestar humano. CONABIO. , México. 71 p.
- Comisión Nacional del Agua. 2007. Estadísticas del agua en México, 2007, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ed). México.
- Comisión Nacional del Agua, Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua (SINA)., 2006, Estadísticas del agua en México, edición 2006. Comisión Nacional del Agua. México.
- Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana., 2006, Situación del Subsector Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento Edición 2006. Comisión Nacional del Agua. México.
- Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Programación, 2006, El Agua en México. Comisión Nacional del Agua. México.

- Daily, C. G., 1997(ed), *Nature's services: Societal dependence on ecosystem services*. Island Press. Washington.
- Dixon, J. y M. Hufschmidt. 1986. *Economic Valuation Techniques for the Environment: A Case Study Handbook*, Baltimore, The John Hopkins University Press, EUA
- Engel, S., Pagiola, S. y S. Wunder, 2008. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological economics* (65): 663 – 674 pp.
- GAIA A.C. (Grupo Autónomo para la Investigación Ambiental A. C.). 2001. Reporte Interno. San Bartolomé Loxicha, Oaxaca, México.
- Galeana, J. M. 2008. Estimación del contenido y captura potencial de carbón, su valoración económica, en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. Tesis profesional de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. Ciudad Universitaria. 95 pp
- García, A. 2006. Valoración económica de servicios ambientales en los humedales del área natural protegida "Ciénagas del Lerma", Estado de México. Tesis licenciatura. Facultad de estudios superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), 2001. Última reforma (DOF 02-02-2007). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 57 p.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), 2003. Última Reforma (DOF 26-12-2005; Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 69 p.
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS), 2000. Última Reforma (DOF 26-01-2006; Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 43 p.
- Maser, O., Ordoñez, M. J. y R. Dirzo. 1997. Carbon Emissions from mexican forests: Current situation and long-term scenarios. *Climatic Change* 35: 265–295 p.
- Merino L. y J. Robinson, 2006a. El manejo de los recursos de uso común. Pago por servicios ambientales. CSMSS, The Christensen Fund, Fundación Ford, Semarnat, INE.
- Merino L. y J. Robinson, 2006b. El manejo de los recursos de uso común. Derechos indígenas, desarrollo económico e identidad. CSMSS, The Christensen Fund, Fundación Ford, SEMARNAT, INE.
- Montes, C. 2007. Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas* 16 (3): 1-3. Septiembre 2007.  
<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?ld=513>
- Moreno, A. y J. Urbina. 2008. Impactos sociales del cambio climático en México. INE-SEMARNAT. México. 72 p.

- Ordóñez, J.A.B. 1998. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso para Bosque Templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México. 61p.
- Ordóñez, A., Maser, O. y V. Jaramillo. 1998. Estimación del Contenido de Carbono en la Biomasa Aérea, Mantillo, Suelos y Raíces de los Bosques de Mesa y de Pino-Encino en El Carricito, en la Sierra Madre Occidental. Instituto de Ecología, UNAM, México. 14p.
- Ordóñez, A. y J. Escandón. 1999, Estimación Preliminar del Contenido de Carbono para el Ajusco medio. Instituto de Ecología-Instituto de Ingeniería, UNAM. México D.F. 13p.
- Ordóñez, J.A.B. 1999. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF. 72p.
- Ordóñez, A. y O. Maser. 2001. La Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7 (1): 3-12.
- Ordóñez, J.A.B., B.H.J. de Jong, F. García-Oliva, F.L. Aviña, J.V. Pérez, G. Guerrero, R. Martínez and O. Maser. 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land-use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico, *Forest Ecology and Management*. Volumen 255:2074-2084, issue 7, 20 April. ISSN 0378-1127.
- Ordóñez, J.A.B. 2008. Como entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago por servicios ambientales. *Ciencias*. Número 90: 37-42 (abril-junio). Facultad de Ciencias, UNAM.
- Ordoñez, M. de J., 2002, Evaluación de la transformación de los hábitats naturales de Oaxaca, Tesis Doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 160 p.
- Ortigoza, G. 2008. El cobro por agua, una tarifa justa por la vida futura. *Vertientes*. Octubre, 13 (138): 27. México, D.F.
- Pagiola, S., 2003: *Economic Analysis of Investments in Cultural Heritage: Insights from Environmental Economics*. World Bank, Washington, DC.
- Pagiola, S., Bishop, J. y Landell-Mills, N. 2002. *Selling Forest Environmental Services. Market-based Mechanisms for Conservation and Development*. Earthscan Publications Ltd. 464 p.
- Pagiola, S. y G. Platias. 2002. *Payments for environmental Services*. Environmental Strategy. Notes No. 3. May 2002, The World Bank, Washington, DC. 4 p.
- Pagiola, S.; Landell-mills, N. y J. Bishop. 2003. *La venta de servicios ambientales forestales: mecanismos basados en el Mercado para la conservación y el desarrollo*. INE-SEMARNAT. México.

- Pagiola, S.; Ritter, K. y J.Bishop. 2004. Assessing the economic value of ecosystem conservation. The World Bank, Washington, DC. 58 p.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). 2000 Special Report on Land Use, Land-use Change and Forestry. Summary for Policymakers, OMM-PNUMA.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., y F. Torres Jr. 1998. Fishing Down Marine Food Webs. Science 6, Vol. 279. No. 5352, pp. 860-863.
- Presidencia de la República, 2008. Para combatir el cambio climático, se lanza el programa mercado voluntario de carbono. Comunicado 083/08. Presidencia de la República. Ciudad de México. <http://www.presidencia.gob.mx/buscador/index.php?contenido=35470>
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2005, Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, Borrador final.: 43 p.
- Reuter A.F., 2002, "Teledetección Forestal", Carpeta de Trabajos prácticos, 176p.
- Rosa, H., Kandel, S. y L. Dimas. 2004. Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales. Lecciones de las Américas y temas Críticos para fortalecer estrategias comunitarias. PRISMA, INE-SEMARNAT y Consejo Civil Mexicano para la silvicultura Sostenible. México. 125 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2004. SEMARNAT. Introducción a los servicios ambientales. CECADESU. México. 71 p.
- The United Nations Environment Programme (PNUMA), Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Analytical Approaches for Assessing Ecosystem Condition and Human Well-being. PNUMA. [www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org)
- The United Nations Environment Programme (PNUMA), Millennium Ecosystem Assessment. 2003 Ecosystems and Their Services. PNUMA. [www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org).
- Tognetti, S., Mendoza, G., Alyward, B., Southgate, D., Garcia, L. 2003. Guía para el desarrollo de opciones de pago por servicios ambientales (PSA) de las cuencas hidrológicas. Banco Mundial. 100 p.
- Torres, J. M. y A. Guevara. 2002. El potencial para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. Gaceta Ecologica, 63. INE-México.
- Trujillo, J. G. 2008. Bancos de agua. Vertientes. Octubre, 13 (138): 27. México, D.F.
- Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz-Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P.C., Castro, Fernández, R.T., Bocco, G., Ezcurra, E y J.L. Palacio., 2002, Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta ecológica Núm. 62. INE-SEMARNAT. México.: 21-37 p.

## Páginas de INTERNET

- INBio, 2008. <http://www.inbio.ac.cr/es/default.html>
- PRONATURA, 2008. <http://www.pronatura.org.mx>
- CONABIO, 2008.  
[http://www.conabio.gob.mx/informacion/geo\\_espanol/doctos/cart\\_linea.html](http://www.conabio.gob.mx/informacion/geo_espanol/doctos/cart_linea.html)
- CONAFOR, 2008. <http://www.conafor.gob.mx/>
- INE-SEMARNAT, 2008. Información del cambio climático por estado y por sector: costos. En. [http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo\\_sector/sector/sector-biodiversidad.html](http://www.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/sector/sector-biodiversidad.html). 28 de octubre de 2008.