

POTENCIAL DE MÉXICO PARA LA PRODUCCIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES

Dr. Juan Manuel Torres Rojo¹

Centro de Investigación y
Docencia Económica (CIDE)

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CAPTURA DE CARBONO	2
2.1. Potencial de captura de carbono	3
2.2. Mercados de captura de carbono	7
3. BIODIVERSIDAD	10
3.1. Potencial de la biodiversidad como servicio ambiental	10
3.1.1. Bioprospección	11
3.1.2. Conservación de especies.....	12
3.1.3. Explotación de especies de fauna y el mercado cinegético.....	13
3.2. Mercados de biodiversidad	16
4. CAPTURA DE AGUA O DESEMPEÑO HIDRÁULICO	19
4.1. Potencial de captura de agua como servicio ambiental.....	20
4.2. Mercados de captura de agua.....	21
5. VALORES ESCENICOS	24
5.1. Potencial de uso de valores escénicos en actividades de recreación.....	24
5.2. Mercados para los valores escénicos y recreación	25
6. BIBLIOGRAFÍA	27
7. ANEXOS	31

¹ Este trabajo es producto de una asesoría encargada por la Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental del Instituto Nacional de Ecología (INE) durante 2001.

1. INTRODUCCION

Los servicios ambientales son todo aquel conjunto de condiciones y proceso naturales (incluyendo las especies y los genes) que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales por su simple existencia. Dentro de este conjunto de servicios se pueden señalar la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma con uso potencial para el beneficio humano, el mantenimiento de valores estéticos y filosóficos, la estabilidad climática, la contribución a ciclos básicos (agua, carbono y otros nutrientes) y la conservación de suelos, entre otros. Para el caso particular de recursos forestales, la producción de tales servicios está determinada por las características de las áreas naturales y su entorno socioeconómico.

Debido a una enorme cantidad de factores, la producción de servicios ambientales se ve día a día amenazada con el uso de prácticas no sustentables de manejo de recursos forestales. Existen muchas razones por las cuales no se generan señales a favor de la conservación de los recursos naturales y con ello una producción sostenida de servicios ambientales, sin embargo las dos de mayor peso son: i) los servicios ambientales no tienen un mercado definido y ii) se conoce muy poco acerca de su cuantía o su relación con las características y procesos desarrollados en las áreas naturales. La ausencia de un mercado provoca que no exista un precio que refleje cuánto cuesta producirlos, razón por la cual la sociedad actúa como si no costara nada destruirlos o como si existieran en cantidades ilimitadas. Por otro lado, el desconocimiento de las relaciones de producción entre cantidad de servicios producidos y características de las áreas naturales limita el número de alternativas de manejo que aseguren la sustentabilidad de estas áreas. Ambos problemas provocan que haya una sobreutilización de los bienes y servicios derivados de las áreas naturales que sí tienen mercado, dando por resultado un eventual agotamiento de estas áreas y la consecuente reducción en la producción de servicios ambientales.

A continuación se muestra una breve caracterización de la situación actual de cuatro diferentes servicios ambientales en México, a saber: captura de carbono, captura de agua o desempeño hidráulico, biodiversidad y valores estéticos. Para cada caso se analizan dos elementos: estimación del potencial de los servicios y una caracterización de la estructura actual del mercado. Cabe señalar que la mayor parte de esta información se obtuvo de trabajos de investigación muy aislados, así como opiniones de diversos especialistas.

2. CAPTURA DE CARBONO

La mayor parte de los procesos productivos y las actividades domésticas requieren del uso de energía derivada de combustibles fósiles. Esta combustión emite óxidos de carbono (principalmente bióxido de carbono) y otros gases que contribuyen al calentamiento atmosférico global. Loa *et al.* (1996) señalan que este proceso ha aumentado 3.5 veces en los últimos 50 años y que la cantidad de estos gases en la atmósfera se ve incrementada como consecuencia del cambio de uso del suelo.

Se estima que México emite alrededor de 3.70 toneladas de CO₂ por habitante, cifra que se encuentra 4.02 toneladas por debajo del promedio mundial (Carabias y Tudela, 2000). Alrededor de dos tercios de este volumen corresponden a los diversos procesos de combustión en los sectores energético, industrial, de transporte y de servicios. El resto, cerca de un tercio, se origina en los procesos de deforestación, cambio de uso de suelo y quema de leña. Masera *et al.* (1997), estiman que alrededor de 20 millones de personas usan la leña en este país como principal energético, de aquí que todavía la quema de leña para uso doméstico siga siendo un elemento importante en la producción de CO₂. Masera (1995) estima que el sector forestal contribuye con casi el 40% de las emisiones totales de CO₂ y que el sector de generación de energía tiene la contribución más importante. De aquí que mientras en México no se desarrollen fuentes alternas de energía (energía eléctrica) no se mejorará el balance de carbono.

A partir de la convención sobre medio ambiente de las Naciones Unidas en Río de Janeiro en 1992, se reconoció que la solución al problema ambiental está más allá de los esfuerzos y capacidades de un sólo país, sobre todo por la producción de un enorme número de externalidades. Bajo este contexto, muchos países desarrollados se comprometieron a reducir sus niveles de gases de invernadero y tomar medidas adicionales para proteger el medio ambiente, entre las cuales se encuentran los mecanismos de *implementación conjunta* y más tarde los *mecanismos de desarrollo limpio*. Bajo estos dos esquemas (todavía bajo un enorme debate y negociación) los países desarrollados pueden satisfacer sus compromisos de reducción de niveles de gases de invernadero, principalmente CO₂, comprando *unidades de reducción de emisiones* de otro país o región. De esta forma, el manejo apropiado de la vegetación se convierte en un mecanismo para la reducción de concentraciones de CO₂ a nivel global, y por consecuencia la captura de CO₂ a través de vegetación se transforma en una estrategia productiva.

Los bosques y selvas capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de materia seca. El saldo es una captura neta positiva cuyo monto depende del manejo que se le dé a la cobertura vegetal, así como de la edad, distribución de tamaños, estructura y composición de ésta. Este servicio ambiental que proveen bosques o selvas como secuestradores de carbono (*sumideros*) permite equilibrar la concentración de este elemento, misma que se ve incrementada debido a las emisiones producto de la actividad humana.

El concepto de captura de carbono normalmente integra la idea de conservar los inventarios de este elemento que se encuentran en suelos, bosques y otro tipo de vegetación y donde es inminente su desaparición; así como el aumento de los sumideros de carbono (*aditividad*) a través del establecimiento de plantaciones, sistemas agroforestales y la rehabilitación de bosques degradados (Tipper, 2000), sólo por señalar algunos ejemplos en los que la vegetación es usada como sumidero.

2.1. Potencial de captura de carbono

En un análisis preliminar para México, Bellón *et al.* (1993) asumieron que manteniendo las áreas naturales protegidas, realizando un manejo forestal sustentable en las áreas comerciales, reforestando las áreas forestales degradadas se podía llegar a niveles de captura de carbono de las áreas forestales del orden de 3,500 a 5,400 millones de toneladas de carbono en un periodo de 100 años, lo que equivale a una captura anual, bajo este escenario hipotético, de 35-54 millones de toneladas de carbono por año. La estimación de Bellón *et al.* (1993) se basa en los supuestos y estimaciones que se muestran en el Cuadro 1.

Además de estas estimaciones (realizadas con el programa CO2FIX, -Nabuurs y Mohre, 1993-), otros autores han identificado el potencial de captura de carbono para México, considerando tanto el potencial de absorción como el depósito (inventario) de carbono que el país posee. El Cuadro 2 resume algunas de estas estimaciones. En este cuadro cabe resaltar la estimación de Adger *et al.* (1995), en la cual se proyecta la pérdida de carbono debida a cambios de uso del suelo, ya sea convirtiendo el área forestal a un cultivo agrícola o bien convirtiéndola a un agostadero.

Cuadro 1. Potencial de absorción de carbono en el sector forestal en un periodo de 100 años.

Opción	Superficie Potencial (millones ha)	Absorción de carbono (Tn C /ha)	Absorción Total Acumulada (Millones Tn C)
Conservación			
<i>Áreas naturales protegidas</i>	6.0	40-130	500-600
<i>Manejo forestal comercial</i>	18.7	40-130	1500-2300
<i>Protección forestal</i>	0.06/año (neto)	2.4-8.4 Millones de Tn C / año	Na
<i>Estufas eficientes de leña</i>	Na	1-3 Millones de Tn C / año	50-300
Reforestación			
<i>Reforestación áreas degradadas</i>	16.6	50-150	1300-1800
<i>Plantaciones comerciales</i>	1.6-3.0	50-120	200-400
Total	42.7-44.3		3500-5400

Fuente: Bellón *et al.* (1993)

Cuadro 2. Estimaciones de captura de carbono de diversos autores

Tipo Forestal	Condición	Captura (Tn C/ha)		Referencia
		Pastizal	Agricultura	
Bosque de coníferas	Pérdida de carbono por cambio de uso del suelo	168.4	167.1	Adger et al. (1995)
Bosque Caducifolio		34.0	31.5	
Selva alta		164.8	163.5	
Selva baja y mediana		92.5	91.25	
Áreas Naturales Protegidas	Estimación para un periodo de 100 años	40-130		Masera, (1995)
Bosque comercial		40-130		
Áreas reforestadas		50-150		
Plantaciones comerciales		50-120		
Cerco vivo	Bosque de pino-encino en partes altas (Chiapas) Periodo de 150 años	39		Gus Hellier (2000)
Plantación forestal		121		
Sistema taungya		124		
Acahual enriquecido		124		
Cerco vivo	Bosque de transición; zona cafetalera (Chiapas) Periodo de 150 años	92		Gus Hellier (2000)
Plantación con árbol de sombra		116		
Sistema taungya		277		
Acahual enriquecido		277		

Fuente: Resumen obtenido de las referencias citadas.

Estimación de la captura de carbono para los bosques de México por entidad federativa.

Con el fin de tener una estimación sobre el potencial de captura de carbono bajo las condiciones actuales del país se realizó el siguiente ejercicio de estimación.

- i) Se colectó información sobre peso de materia seca de diferentes especies (Ver Anexo 1).
- ii) A través de ecuaciones de volumen se estimó el volumen total árbol de las especies para las cuales fue posible obtener el peso de materia seca y se clasificó a cada una de estas especies dentro de un tipo forestal.
- iii) Con esta información se desarrolló una relación entre volumen de las especies de diferentes tipos forestales con el peso seco, a fin de predecir ésta última variable a partir del volumen total árbol. El Cuadro 3 muestra los resultados de estos análisis.
- iv) Se tomaron los datos de rendimiento (en volumen) del inventario nacional forestal y se aplicaron las ecuaciones desarrolladas en el punto anterior.
- v) Finalmente, la estimación anual de captura de carbono se obtuvo multiplicando la estimación de peso seco por 0.4269 (Jo y McPherson, 1995).

Es importante recalcar que esta estimación no incorpora el carbono capturado en raíces ni en suelo, mismo que algunos autores consideran muy elevado.

Cuadro 3. Modelos para estimar Peso seco (kg) a partir del volumen total árbol (m^3) por tipo de bosque.

TIPO DE BOSQUE	β_1		β_0		R^2	F
	Estimador	T	Estimador	T		
Coníferas	723.579	39.91	-175.492	3.65	0.994	1592.66
Latifoliadas	506.539	24.12	0.17	0.30	0.969	572.46
Coníferas y Latifoliadas	859.027	15.07	-7.054	1.35	0.973	219.38
Selva Alta y mediana	519.408	59.65	0.896	1.47	0.997	3572.32
Selva baja	313.036	18.27	12.225	2.01	0.971	333.87

Fuente: Estimaciones propias con información derivada de bibliografía. Modelo: Peso seco (Kg) = $\beta_0 + \beta_1$ Volumen Total árbol (m^3). Base de datos en Anexo.

Las estimaciones de potencial de fijación de carbono por hectárea por año y por entidad se muestran en el Cuadro 4. En todos los casos las estimaciones se realizaron considerando los incrementos maderables reportados en el Inventario Nacional Forestal de 1994 (SARH, 1994). Observe la cercanía de las estimaciones con las estimaciones de otros autores.

El potencial de captura de carbono esta ligado al potencial de formación de biomasa. De aquí que las regiones donde son factibles altos rendimientos de biomasa son las regiones de mayor potencial de captura de carbono. Para México estas áreas están localizadas a lo largo de las llanuras costeras y en el sur y sureste del país, donde se registran los mayores rendimientos de biomasa. En este contexto, los mejores lugares para ubicar proyectos de captura de carbono son aquellos que tienen el mayor potencial para el desarrollo de plantaciones o sistema de cultivo de alto rendimiento en producción de biomasa.

Masera *et al.* (1995), sugieren que los sistemas agroforestales son los sistemas más prometedores para los proyectos de captura de carbono, dado que proporcionan alternativas de producción que combinan la producción de satisfactores con la producción de servicios ambientales. Otros autores como De Jong *et al.* (1995) señalan que las prácticas de cultivo como cercas vivas, cortinas rompevientos, sombras de árboles, y enriquecimiento de acahuales, entre otros, pueden también representar extraordinarias alternativas de proyectos de captura de carbono.

Trexler y Haugen (1995) estimaron que en México existen alrededor de 4.6 Millones de hectáreas con potencial para diferentes alternativas de cultivo forestal o agroforestal con alta producción de carbono, cuyo potencial de captura varía entre 33.3 - 113.4 Millones de toneladas de carbono. En su opinión, adicionalmente existen alrededor de 1 Millón de hectáreas potenciales para el desarrollo de plantaciones forestales, área con un potencial de captura entre 30.7-85.5 Millones de Toneladas. Aún más, ellos estiman que existen en el país alrededor de 30 millones de hectáreas de áreas arboladas con regeneración natural con potencial de captura entre 1038-3090 Millones de Toneladas de carbono.

Otra alternativa para conservar bancos de carbono (carbono depositado en el suelo y vegetación) y evitar que el CO_2 regrese a la atmósfera es impidiendo la deforestación. Trexler y Haugen (1995) estiman que alrededor de 6.1 Millones de hectáreas de bosques y selvas (con un potencial de captura de 348.3-714.9 Millones de Toneladas) se podrían salvar de perderse antes del año 2040 si se toman medidas adecuadas de manejo silvícola que diversifique los bienes y servicios que se obtienen del bosque.

Cuadro 4. Estimaciones del potencial de captura de carbono por entidad (Miles de Tn de CO₂ por año).

Entidad	BOSQUES	SELVAS	Plantaciones	TOTAL
Aguascalientes	17.891	0.000	0.000	17.891
Baja California	56.796	0.000	0.000	56.796
Baja California Sur	6.715	69.518	0.000	76.233
Campeche	0.000	1336.604	1.839	1338.442
Coahuila	89.911	0.390	0.000	90.300
Colima	20.851	93.566	0.000	114.417
Chiapas	927.860	1652.304	8.183	2588.347
Chihuahua	1791.170	74.271	12.104	1877.545
Distrito Federal	73.397	0.142	2.769	76.308
Durango	1873.296	73.273	0.000	1946.569
Guanajuato	48.198	2.424	1.063	51.685
Guerrero	1415.065	572.239	0.000	1987.304
Hidalgo	111.392	76.676	0.000	188.069
Jalisco	1235.319	346.948	2.472	1584.740
México	355.477	24.637	7.502	387.616
Michoacán	1643.282	382.369	17.643	2043.294
Morelos	24.069	18.265	0.000	42.334
Nayarit	447.026	216.912	26.710	690.648
Nuevo León	83.110	0.000	0.000	83.110
Oaxaca	1098.853	1009.637	19.181	2127.671
Puebla	199.461	77.139	0.000	276.600
Querétaro	58.852	14.371	0.000	73.223
Quintana Roo	0.000	1858.724	0.000	1858.724
San Luis Potosí	164.623	199.991	0.000	364.615
Sinaloa	301.074	595.178	0.000	896.252
Sonora	382.020	433.184	23.206	838.410
Tabasco	0.000	158.731	44.391	203.122
Tamaulipas	106.100	376.428	0.000	482.529
Tlaxcala	33.742	0.000	0.000	33.742
Veracruz	409.643	624.964	15.476	1050.082
Yucatán	0.000	776.121	0.000	776.121
Zacatecas	263.175	27.775	0.000	290.950
Total nacional	13238.371	11092.781	182.538	24513.690

Fuente: Estimaciones propias con información derivada del Inventario Nacional Forestal, 1994.

2.2. Mercados de captura de carbono

El mercado de captura de carbono es un mercado internacional, aunque potencialmente también puede localizarse dentro del país. En él participan una parte compradora que es generalmente un país desarrollado y una parte vendedora que generalmente es un país en desarrollo, mismo que vende captura adicional de carbono (*aditividad de los proyectos*). Lo anterior no implica que los depósitos de carbono tengan algún valor ya que tal valor existe², sin embargo, regularmente se negocian *aditividades* (capturas adicionales).

Existen estimaciones sobre el valor de los depósitos de carbono en los bosques y selvas del país, así como de las pérdidas que se tendrían por cambio de uso del suelo. Tales estimaciones se muestran en el Cuadro 5 y 6 respectivamente.

Cuadro 5. Valor de la pérdida de inventario de CO₂ debidas a cambio de suelo por hectárea

TIPO DE BOSQUE	Cambio de uso del suelo (USD\$)	
	Agostadero	Agricultura
<i>Templado caducifolio</i>	693	643
<i>Tropical caducifolio</i>	1887	1863
<i>Templado conífero</i>	3436	3410
<i>Tropical siempreverde</i>	3633	3337

Fuente: CSERGE, 1993

Cuadro 6. Estimaciones del valor de los depósitos de carbono en los bosques y selvas (USD\$/ha).

Bosque templado caducifolio	Bosque tropical caducifolio	Bosque templado	Bosque tropical siempre verde
600	1,800	3,000	3,600

Fuente: Muñoz, 1994

En la actualidad no se puede reconocer un mercado de captura de carbono plenamente formado, dado que la mayor cantidad de las transacciones se han realizado como arreglos directos entre gobiernos u organizaciones no gubernamentales y los proveedores del servicio ambiental.

A nivel de negociaciones entre gobiernos la formación de mercados a través de los mecanismos de *implementación conjunta* tiene dos problemas fundamentales: i) Existe una enorme asimetría entre gobiernos, lo cual hace difícil que se logren acuerdos para cada país. ii) Existe el problema del gorrón, problema típico de actividades de acción colectiva, donde van a existir países que gozan de los beneficios de los acuerdos sin tener ningún costo.

Además de los problemas de negociación, existen problemas para el desarrollo de mercados entre los cuales se pueden señalar: i) Es difícil estimar el valor de mercado de cualquier proyecto debido a que se desconoce la demanda, misma que depende en gran medida de los compromisos hechos por los diferentes países o por las diferentes organizaciones; de aquí que resulta complicado estimar la rentabilidad de los diferentes proyectos. ii) Existen costos hundidos (iniciales) para el desarrollo de proyectos, tales como la investigación necesaria, el mismo desarrollo de proyectos y la promoción de los mismos. iii) El producto, a pesar de ser la captura de carbono, es muy variado y depende de las especies, forma de manejo de las

² Observe que el valor de tales depósitos se refleja en el costo de oportunidad de una mayor contaminación y pérdida de productividad del suelo.

mismas, condición de suelo y otras, lo cual hace complicado crear estándares de producto que puedan ser puestos a la venta. iv) Existen costos administrativos en buscar compradores o financiamiento para el inicio de los programas. v) Una vez identificado el financiamiento y aprobado el proyecto se requiere de una estructura administrativa específica que permita distribuir eficientemente (oportunamente y con bajos costos de transacción) los fondos entre los productores y que permita monitorear el desempeño de los proyectos para cumplir con los compromisos establecidos. Tal estructura puede tener asociados altos costos de transacción (Rojas, 1999).

El mercado de carbono capturado en bosques y selvas se denomina en dólares por tonelada de carbono capturado. El valor económico de cada tonelada de carbono depende de los costos marginales del cambio climático, mismos que son muy difíciles de estimar dado que requiere una enorme cantidad de proyecciones y supuestos. Nordhaus (1992) sugiere un costo marginal de US\$5 / Tn de C, mientras que Frankhauser (1995) estima este costo en US\$20 / Tn de C debido a riesgos derivados del cambio climático, tasas de descuento y otros. Empresas consultoras sobre el tema usualmente usan un estándar de US\$10 / Tn de C³.

Dada la dificultad de estimar el valor de cada unidad de carbono por el lado de la demanda, este valor se ha establecido de varias formas, usualmente a través de los costos asociados al desarrollo de los proyectos. El Cuadro 7 resume algunas estimaciones del mercado de unidad de carbono fijado de acuerdo información recabada de diversos proyectos a nivel nacional e internacional.

Cuadro 7. Valor de cada unidad de carbono fijado de acuerdo a varios autores

Concepto de Valoración	Valor US\$/Tn C	Tipo de Proyecto	Referencia
Costo de Oportunidad Global	20	Conservación	Adger, <i>et al.</i> (1995)
Valor del proyecto	1.9-2.89 7.6-10.52	Conservación Reforestación	Rojas (1999)
Negociación	8-12	Proyectos varios (agroforestales, reforestación)	Fondo Bio-climático
Proto-Carbon Credits	12	Proyectos varios	Edinburg Centre for Carbon Management

Fuente: Elaboración propia con datos derivados de las fuentes citadas.

Como puede observarse en el Cuadro 7, el valor de cada unidad de carbono puede variar dependiendo del tipo de proyecto de captura de carbono. De esta forma, proyectos en los cuales existen sólo costos de conservación y no se incluyen costos iniciales (como sería el caso de los proyectos de conservación) tienen un valor menor que aquellos en los que los costos iniciales son altos (proyectos de reforestación). En ambos casos (conservación o reforestación), el valor de cada unidad de carbono está muy ligado al costo de producirla. Dixon *et al.* (1993) evaluaron los costos de operación del establecimiento de proyectos forestales en nueve países, concluyendo que tales costos varían entre US\$1-30 / Tn de C. Por su parte, Montoya *et al.* (1995), estimaron que los costos de los proyectos de captura de carbono para el sur de México varían entre US\$ 3-11 / Tn de C.

³ Comunicación personal, Markku Simula, Indufor Oy; Reportes del "Edinburg Centre for Carbon Management <http://www.eccm.uk.com>.

De Jong *et al.* (1996) evaluaron la rentabilidad de varias alternativas forestales y agroforestales de producción de carbono en México. Ellos encontraron que los sistemas de cercos vivos, sombras de cafetos, plantaciones enriquecimiento de acahuales y tangya son alternativas económica y técnicamente eficientes. Sin embargo, Del Río (2000) encontró que los costos de oportunidad de los terrenos usados en el proyecto Scolel-Té son muy altos, lo que hace que los proyectos no sean rentables financieramente para los productores. Evidentemente la determinación del valor por el lado de la oferta implica que existirá una enorme diferencia entre países, regiones y tecnologías, las cuales dependen del costo de oportunidad de usos del suelo alternativos, tecnologías para la conservación o fomento de recursos forestales, la abundancia de recursos, la calidad en el producto (*i.e.* el monitoreo de la cantidad de carbono capturado) y el riesgo de los proyectos. Todo esto da por resultado que existan enormes diferencias entre proyectos y que para algunas condiciones ecológicas, económicas, sociales y culturales, la alternativa de captura de carbono pueda ser una alternativa poco eficiente de uso del suelo.

El valor de mercado de las unidades de carbono capturado que se tendrá en el largo plazo determinará un precio que seguramente estará definido entre los costos de producción del servicio (lado de la oferta) y los costos de reducción de emisiones de los compradores localizados en países desarrollados (lado de la demanda). Lo anterior indica que existirá un rango muy grande en el valor de cada unidad de carbono capturado, por lo que deberá existir algún tipo de discriminación, probablemente definida por el nivel de riesgo de los proyectos, la reputación de los países y la calidad en el monitoreo de los proyectos, entre otras variables. Ello sugiere que los proyectos de largo plazo de captura de carbono deben cuidar minuciosamente la calidad del producto y fiabilidad del proyecto.

Por el lado de la oferta las ventajas comparativas de un país para este tipo de proyectos estarán definidas por la vocación (productividad) de la tierra, capacidad hidroeléctrica y de producción de alternativas energéticas diferentes a la combustión de hidrocarburos, localización del país y los costos de oportunidad del uso forestal (Rojas, 1999). Adicionalmente, para que un país pueda hacer realidad estas ventajas deberá contar con un marco legal e institucional (tanto gubernamental como no gubernamental) que permita no sólo identificar, planear, ejecutar y administrar eficientemente proyectos de captura de carbono, sino que sea capaz de tener un monitoreo adecuado y alta credibilidad en la calidad del servicio brindado. Ambos elementos permitirán construir una fuerte reputación del país como proveedor de este servicio, lo cual no sólo aumentará la demanda del servicio, sino adicionará valor al mismo.

Si se considera que la oferta eficiente de captura de carbono de un país o región está ligada al costo de oportunidad de proporcionarlo, ello indica que en las condiciones actuales del mercado internacional de carbono resulta importante valorar las diferentes alternativas de uso del suelo antes de destinar una superficie a la producción de carbono, sobre todo considerando que estos proyectos son de largo plazo.

3. BIODIVERSIDAD

"En el mundo existen más de 170 países, pero sólo 12 de ellos son considerados como megadiversos. México es uno de estos países que en conjunto albergan entre el 60 y el 70% de la biodiversidad total del planeta (Mittermeier y Goettsch, 1992). Esta gran diversidad biológica se debe principalmente a la compleja topografía, la variedad de climas y la conexión de dos zonas biogeográficas (neártica y neotropical) en el territorio mexicano, que en conjunto forman un variado mosaico de condiciones ambientales" (CONABIO, 2000). En particular, las áreas tropicales y de bosque son las zonas donde se encuentra la mayor parte de la riqueza de diversidad genética (calculada en el 10% del total mundial) que existe en México.⁴

La biodiversidad en general y la preservación de especies en particular, son temas de moda en la agenda ambiental. La principal preocupación en esta agenda es la acelerada tasa a la cual se pierden especies. Sin embargo, la creciente demanda por bienes o servicios sobre una base finita de recursos naturales implica que la conservación de biodiversidad debe realizarse considerando evaluaciones alternativas entre la producción de bienes y servicios y la conservación de alguna o algunas especies en particular. En este sentido resulta de interés identificar el papel de la biodiversidad como factor en la sustentabilidad del medio ambiente y de una población humana en específico.

3.1. Potencial de la biodiversidad como servicio ambiental

Existe mucha controversia cuando se trata de evaluar la contribución de la biodiversidad al medio ambiente; así por ejemplo, evaluar la contribución de alguna especie a la biodiversidad, implica evaluar su unicidad genética y económica, así como su contribución al desarrollo y sobrevivencia de otras especies (componentes eco-sistémicos) y al desarrollo de ciclos básicos. Esta evaluación requiere de igual forma una contraparte en la cual se realicen análisis sobre alternativas económicas y la probabilidad de éxito en la conservación de una especie en particular, lo cual forzosamente implica evaluar los méritos y costos de formas alternas de preservación de la especie.

Por otra parte, la evaluación del papel de la biodiversidad como factor en la sustentabilidad de una población humana regularmente se centra en el argumento de que existen usos potenciales y desconocidos de una especie en particular, y que tales usos pueden proporcionar múltiples beneficios a la sociedad en un futuro. Por lo que una de las formas de valorar la biodiversidad es a través del valor de opción que representan. Así, el valor de opción de bosques y selvas se considera que es el valor de estos ecosistemas como hábitats de especies que podrían brindar sustancias activas farmacológicamente, sustancias útiles en algún desarrollo tecnológico o simplemente especies que puedan brindar algún otro tipo de satisfactor en el futuro.

Dada esta complejidad, algunos autores señalan que resulta muy difícil, con el conocimiento ambiental de hoy en día, saber precisamente cuáles podrían ser los servicios ambientales de la biodiversidad como tal. ¿Qué tanto los servicios ambientales dependen de la biodiversidad? o ¿Cuáles son los servicios ambientales proporcionados por este componente de los recursos

⁴ Los dos tipos biogeográficos ocupan casi la mitad del país. También vale señalar que México también cuenta con más de 800 especies de vertebrados endémicos. (Benítez y González, 1997)

naturales?. Loa *et al.* (1996) señalan que los servicios ambientales que proporciona la biodiversidad son la degradación de desechos orgánicos, la formación de suelo y control de la erosión, fijación de nitrógeno, incremento de los recursos alimenticios de cosechas y su producción, control biológico de plagas, polinización de plantas, productos farmacéuticos y naturistas, turismo de bajo impacto (ecoturismo), captura de CO₂ y varios más. En la presente caracterización se considerará que los servicios ambientales que proporciona la biodiversidad son: Bioprospección, Conservación de especies (en general) y Fauna Cinegética.

3.1.1. Bioprospección

Loa *et al.* (1996), definen bioprospección como la investigación y exploración selectiva de la diversidad biológica y del conocimiento indígena con la finalidad de encontrar algunos recursos genéticos y bioquímicos que sean actual o potencialmente valiosos desde el punto de vista comercial. El Cuadro 8 muestra el número potencial de especies de plantas medicinales en México. Varias de ellas también tienen el potencial de proporcionar sustancias farmacológicamente activas, siempre y cuando se realicen los estudios de fitoquímica y etnobotánicos que relacionen los malestares con las sustancias activas. Sin embargo, existe todavía un enorme potencial si se considera que el total de especies de plantas en México es de aproximadamente 23,702⁵.

Considerando sólo el potencial de las plantas medicinales (actualmente conocidas) y asumiendo la sustentabilidad de las especies que no están en *estatus*, se puede estimar que el servicio de la biodiversidad (sólo considerando bioprospección) se estima en el valor de 35 especies amenazadas y alrededor de 40 (1% de las especies actualmente conocidas⁶) especies que puedan tener uso potencial para el desarrollo de sustancias activas utilizables en la agricultura, ganadería, silvicultura, industria o el hogar.

A pesar de que se han registrado alrededor de 4,000 especies con uso medicinal, en la mayoría de los casos hace falta una validación científica de sus atributos curativos. Del 37.5 al 44.1% de esas plantas provienen de bosques de pino y encino y el resto del bosque tropical. De las diez especies más consumidas a nivel nacional, siete regularmente se llegan a encontrar en los bosques templados. Las familias de especies más utilizadas son las compuestas y labiadas y en menor medida, las leguminosas, euforbiáceas y rosáceas, entre otras (Cordero y Morales, 1998).

Cuadro 8. Estimación de especies medicinales en México.

Especies medicinales	Número de especies
Identificadas y registradas	4000
Validadas farmacológicamente y clínicamente	250
Empleadas por la población mexicana	3500-4000
Utilizadas regularmente (sin procesar)	1500
Utilizadas intensivamente (sin procesar, mezcladas o procesadas)	250
Silvestres que se colectas (90% aproximadamente)	3600
Cultivadas en huerto familiar o de manera comercial	370
Amenazadas	35

Fuente: Huerta, 1997.

⁵ Dato reportado en CONABIO, 2000.

⁶ Estimación usual en la valoración de potencial farmacológico Pearce y Puroshothaman (1992).

Pearce y Puroshothaman (1992), estimaron el potencial de especies que pueden ser utilizadas para farmacéuticos. El modelo de estimación considera el número total de especies en el bosque y la probabilidad de encontrar una especie con potencial farmacológico. Adger *et al.* (1995) aplicaron este modelo a México y encontraron que el número total de especies potenciales que se pueden encontrar en una superficie equivalente a toda la superficie de bosque tropical es de 2.5.

El uso de las plantas medicinales es de origen ancestral y continúa vigente y arraigado en México. Este uso ya es incluso reconocido por la Organización Mundial de la Salud. Un problema relacionado al uso de estas plantas es el de derechos intelectuales sobre el uso de las mismas, dado que la mayor parte de las empresas (transnacionales en su mayoría)⁷ inician sus estudios de prospección con base en el conocimiento empírico de las comunidades, sin retribuir a tales comunidades por la información utilizada.

3.1.2. Conservación de especies

La conservación de especies es un aspecto de suma relevancia no sólo desde el punto de vista de bioprospección sino de la sólo existencia de la especie, ya no para el único beneficio del hombre sino del ambiente en general⁸. Hay argumentos importantes a favor de la “conservación *in situ*” (en contraste con la “*ex situ*” en bancos congelados de germoplasma), ya que la conservación *ex situ* puede llevar a un empobrecimiento de la información genética, mientras que la *in situ* permite la evolución de nuevas características, ofrece la oportunidad de estudiar características genéticas todavía desconocidas hoy, y permite conservar y estudiar prácticas de los y las pobladores en el manejo de los recursos naturales. (Brush, 1998; Alteri y Masera, 1993, NRC, 1993). En este sentido el servicio ambiental es la conservación de especies que pueden perderse por el uso de estrategias de manejo no sustentables o por cambios de uso del suelo.

El Cuadro 9 muestra una relación de especies y subespecies de plantas con estatus definido en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994). Este cuadro refleja una cota mínima de especies que deben protegerse y su valor de existencia refleja el valor del servicio de conservación de los ecosistemas donde tales especies habitan.

La estimación del número de especies (en estatus) por hectárea resulta compleja, dado que la mayoría de las especies presentes en el cuadro 9 generalmente habitan sitios muy específicos. Sin embargo, considerando que el 3.7%⁹ de toda la biodiversidad tiene algún nivel de estatus, se puede argumentar la amplia importancia de este servicio para el país.

⁷ Loa *et al.* (1996) estiman que aproximadamente 200 compañías e instituciones de investigación a nivel mundial llevan a cabo una investigación sobre las propiedades medicinales de compuestos animales y vegetales.

⁸ Tan sólo al considerar que la existencia de alguna especie puede ser elemento clave en una cadena alimenticia, cadena de reproducción o puede formar parte importante del ciclo de algún elemento o la funcionalidad de un sistema.

⁹ Estimación obtenida del Cuadro 9.

Cuadro 9. Número de especies y subespecies de plantas y animales incluidos en la Norma Oficial mexicana (NOM-059-ECOL-1994)

Grupo	Peligro Ext.		Amenazadas		Raras		Protec.Especial		Total		Total de Especies en México
	E	Total	E	Total	E	Total	E	Total	E	Total	
Hongos		10		13		30		7		60	6000
Plantas	66	122	170	123	219	403	11	42	466	890	23702
Invertebrados	11	21		11			1	19	12	51	5855
Peces	49	59	51	61	15	20			115	140	506*
Anfibios	6	7	35	42	96	134	14	16	151	199	282
Reptiles	3	16	71	111	224	308	14	42	312	477	707
Aves	22	56	30	122	7	144		17	62	339	1054
Mamíferos	13	45	86	118	44	91	3	11	143	265	439
Total	170	336	443	801	605	1130	43	154	1261	2421	64878

Fuente: Diseño propio con datos de CONABIO, 2000

E: Especies endémicas.

* Sólo peces de agua dulce

3.1.3. Explotación de especies de fauna y el mercado cinegético

La explotación de especies de fauna silvestre se agrupa en 4 rubros de interés: i) la actividad cinegética, ii) los ranchos cinegéticos o criaderos extensivos, iii) la explotación de mascotas y iv) el aprovechamiento de aves canoras y de ornato ¹⁰.

3.1.3.1. Actividad cinegética

La cacería ha sido siempre una actividad practicada por los campesinos y durante las últimas dos décadas ha emergido un fuerte interés deportivo por estas actividades. Esta actividad usualmente se realiza en forma desordenada y sin alguna estrategia de manejo sustentable. En años recientes, la Administración Pública ha promovido el desarrollo de Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA). Las UMA's pueden ser criaderos o predios de fomento de flora y fauna silvestres, así como centros de exhibición, reproducción o investigación, incluyendo cualquier otra forma viable de propagación de ejemplares y generación de servicios, productos y subproductos, que puedan ser incorporados a un mercado legal y certificado. Todas las Unidades operan con base en un Plan de Manejo autorizado y registrado que debe asegurar la viabilidad de cada proyecto y la de los hábitats, las poblaciones o los ejemplares de las especies de interés. Bajo este esquema, parte de los beneficios económicos derivados de la producción son destinados a solventar los gastos de operación de la UMA, parte se reinvierte en programas de conservación, monitoreo e investigación, es decir en la operación del Plan de Manejo y otra parte, se canaliza directamente a obras de beneficio social y económico para los legítimos propietarios de la tierra, quienes finalmente, están a cargo del manejo y funcionamiento de la Unidad, bajo la supervisión de las autoridades.

En la actualidad existen 2357 UMA's registradas que cubren una superficie aproximada de 15.8 Millones de hectáreas. Estas Unidades se conciben en dos modalidades: por un lado se encuentran aquellas de manejo intensivo, mismas que incluyen criaderos, zoológicos, viveros, jardines botánicos y espectáculos fijos o lugares para el manejo zootécnico de ejemplares

¹⁰ Clasificación seguida por la Dirección General de Fauna Silvestre, SEMARNAP.

confinados, para la producción de pies de cría, para la reproducción de especies amenazadas, para la exhibición, la educación ambiental y la investigación y en general para la producción o generación de ejemplares, bienes y servicios de la vida silvestre destinadas a satisfacer las demandas del mercado nacional e internacional, de manera compatible con las necesidades de conservación. Por otro lado, están las UMA's que incluye criaderos intensivos, mismas que se basan en el aprovechamiento directo del medio natural (cosecha sustentable) y operan mediante técnicas de manejo del hábitat y de monitoreo de poblaciones silvestres de las especies de interés.

La actividad cinegética se concentra en pocas especies. De acuerdo al número de permisos expedidos y el monto de los pagos realizados por concepto de derechos de caza, las especies de fauna silvestre con mayor interés cinegético se reduce a algunos mamíferos y ciertas aves, destacando los casos del venado cola blanca, borrego cimarrón, venado bura, gato montés, coyote, diversas especies de conejos y liebres, así como varias especies de patos, gansos y palomas, destacando el pato golondrino, pato boludo, cerceta de alas azules, cerceta de alas verdes, cerceta canela, pato bocón, pato pinto, tepalcate, ganso frente blanca, ganso canadiense, ganso nevado, branta negra, paloma de alas blancas, huilota y codornices (INE, 2000).

Respecto a la población de cazadores, se estima que existen alrededor de 30,000 cazadores registrados en México (nacionales e internacionales), población apenas perceptible considerando el potencial. Se estima que la cacería ilegal y de subsistencia se realiza por aproximadamente el doble o triple de los cazadores legalmente organizados, sin embargo los ejemplares abatidos son muy diferentes a aquellos de la cacería legal. En este caso destacan especies como jabalí, armadillo, tepezcuintle, rana, tortuga, temazate, mono, iguana, conejo, tapir, hocofaisán, tlacuache, coatí, martucha, zorrillo y diversas aves, entre otras (INE, 2000).

3.1.3.2. Criaderos extensivos

El desarrollo de los ranchos cinegéticos ha surgido como un producto alternativo de los ranchos pecuarios del norte del país. En estos ranchos, se requiere de grandes extensiones para el mantenimiento del ganado, lo que propicia la disponibilidad de espacio, alimento y protección para la coexistencia de la actividad productiva con la fauna silvestre. De esta forma, los ranchos ganaderos sirven como un área de protección y fomento de fauna silvestre en la que si los elementos físicos son propiamente manejados (carga de agostaderos, manejo de hatos y control de hábitats) da por resultado una actividad altamente productiva.

La alternativa de producción cinegética ha resultado en una alternativa rentable, especialmente para áreas de bajo coeficiente de agostadero y altos costos de comercialización. Esta alternativa se ha convertido en una salida productiva de los ranchos ganaderos, quienes por las condiciones del mercado de carne en E.U.A., así como por las ineficiencias de la ganadería extensiva tradicional han tenido que quebrar. La estrategia en este caso ha sido favorecer el establecimiento de residencias, normalmente para turismo de primera clase y bajo el esquema de "turismo rural" ligadas al interés por las actividades cinegéticas.

Los ganaderos norteros se han organizado dentro de la Asociación Nacional de Ganadería Diversificada (ANGADI) y lograron en 1997 la promulgación de la Ley Nacional de Organizaciones Ganaderas, misma que facilita la formación de organizaciones e incluye la posibilidad de participación de pequeños ganaderos y del sector social. Adicionalmente, la

conformación de UMA's puede usarse para promover que los propietarios conviertan sus terrenos a usos como la protección de la biodiversidad y la conservación del hábitat, recibiendo a cambio asistencia técnica y otros incentivos por parte del gobierno.¹¹

Se estima que existen alrededor de 485 ranchos cinegéticos (criaderos extensivos) autorizados en el país, de los cuales, el 90 por ciento se concentra en Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas, un 8 por ciento se encuentra en Sonora, Baja California y San Luis Potosí, y el 2 por ciento restante en otras entidades federativas. La superficie bajo programas de manejo a cargo de sus propietarios abarca 2.8 millones de hectáreas. El 90 por ciento del total de estos criaderos cuenta con autorización expresa para operar con propósitos de reproducción, repoblamiento y aprovechamiento cinegético de especies tales como: venado cola blanca y texano, jabalí de collar, así como codorniz común y escamosa. Aproximadamente sólo el 3 por ciento de los criaderos extensivos está autorizado para operar con fauna exótica (INE, 2000).

3.1.3.3. Mascotas

Otro tipo de aprovechamiento de fauna silvestre de amplia importancia es aquel relacionado con las mascotas. En este caso se usan algunas especies nativas que pueden sustituir el importante mercado de la introducción de las especies exóticas de interés actual. Este mercado se encuentra menos controlado y no hay información al respecto.

3.1.3.4. Aprovechamiento de aves canoras y de ornato

Una fuente adicional de demanda de fauna silvestre es aquella relacionada con las aves canoras y de ornato, la cual da empleo a alrededor 3,400 familias distribuidas en aproximadamente 26 estados de la República. De acuerdo con el calendario de captura, transporte y aprovechamiento de aves canoras y de ornato, sólo está permitida la venta de alrededor de 72 especies de aves y se excluye o prohíbe la venta de aves rapaces diurnas y nocturnas, la de loros y guacamayas, así como la de otras especies amenazadas (INE, 2000).

¹¹ En teoría las UMAS podrían representar grandes extensiones cuya superficie podría ser superior al área de que actualmente ocupan las Areas Naturales Protegidas.

3.2. Mercados de biodiversidad

A pesar de que el valor medicinal de las plantas se ha reconocido por muchos años, no ha sido sino hasta años recientes que se ha puesto interés en estimar el valor económico de la biodiversidad como fuente de medicinas. Se estima que una de cada 333 plantas “descubiertas” con uso medicinal tendrá un valor para la industria farmacéutica. Sin embargo, la posibilidad de obtener ganancias depende de: i) la proporción del nivel de inversión y el riesgo; evidentemente los costos se reducen en la medida que haya acceso al conocimiento tradicional y ii) la posibilidad de patentes (Mendelsohn y Balick, 1995). Pearce y Puroshothaman (1992) desarrollaron un modelo que estima el valor de opción como una función del número de especies en riesgo, el número de medicamentos basados en especies de plantas y el número de hectáreas que probablemente contengan plantas medicinales. Este modelo se aplicó a México (CSERGE, 1993) asumiendo que existen alrededor de 5 mil especies de plantas en los bosques tropicales (bosques con potencial de plantas medicinales) y que existe una probabilidad de identificar una especie de valor entre 0.0001 - 0.001. Además se consideraron tasas de regalía en función de las características de la protección de patentes en el país (5%) y tasas de apropiación (capacidad institucional de desarrollar la droga) variables. El modelo proporcionó los resultados que se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Valores farmacéuticos de cuasi-opción de los bosques de México.

Grado de Biodiversidad	Valor para el bosque húmedo tropical		Valor de todos los bosques
	(USD\$/ha/año)	Millones USD\$/año	Millones USD\$/año
<i>Bajo</i>	1	5	26
<i>Medio</i>	6	66	332
<i>Alto</i>	90	875	4646

Supuestos: 5 Mil especies es el menor número estimado de especies en el bosque tropical. Área forestal: 9.7 millones de ha para bosque tropical; 51.5 millones de ha para todos los bosques.

Probabilidad de identificar una especie de valor es de 0.0005, tasa de regalía= 0.05

Límite inferior: tasa de apropiación= 0.01 Valor de la droga=USD\$ 0.39 millones / año

Límite medio: tasa de apropiación=0.5 Valor de la droga=USD\$1,000 millones /año

Límite superior: tasa de apropiación=1.0 Valor de la droga=USD\$7,000 millones /año

Fuente: CSERGE, 1993.

Entre los compradores potenciales para servicios de biodiversidad se incluyen los que producen y comercializan productos agrícolas y farmacéuticos. Claro, al no estar obligados a comprar la oportunidad de bioprospección inicial, los incentivos de la “bio-piratría” son altos.¹² El contrato legal con empresas que realizan bioprospección parece ser el instrumento indicado para establecer las relaciones de producción de servicios ambientales en biodiversidad, aunque la transferencia de beneficios a los propietarios de los conocimientos tiene problemas adicionales. Burstein (2000), señala algunos retos que deben ser superados para generar este tipo de mercados, entre los que sobresalen:

- (a) Es indispensable identificar el(los) “dueño(s)” del servicio o del bien en venta. En México los recursos naturales son inicialmente propiedad de la nación,¹³ pero el conocimiento acerca

¹² Brush (1998) define la bio-piratría como la combinación de tres elementos: (a) la adquisición de recursos genéticos, (b) su privatización, y (c) la ausencia de transferencias al lugar de origen.

¹³ México cuenta con colecciones nacionales de bancos genéticos de la propiedad pública (*common heritage*), y científicos mexicanos intercambian germoplasma libremente con científicos de otros países (Brush, 1998), aunque para ello existe una normatividad.

de los recursos podría ser propiedad del individuo, la comunidad e incluso hasta la etnia (siempre buscando una entidad legal que las represente).

- (b) Dado que el objetivo de manejo de biodiversidad es de largo plazo, un contrato tendría que responder a ese mismo tiempo, circunstancia que diluiría los beneficios actuales o pondría barreras a la actividad. Burstein (2000), argumenta que la propiedad común (*the commons*) en este caso, tiende a funcionar con el conocimiento actual de los miembros de la comunidad y proyectado de forma intergeneracional. De aquí que el “*bio-contrato*” de impacto ambiental a largo plazo tiene que presentar beneficios mayores que el costo de oportunidad, a corto plazo, y presentar incentivos persuasivos a largo plazo (Agrawal y Gibson, 1999; Wilsey, 2000). Lo anterior es algo complejo de empatar considerando los objetivos de las empresas dedicadas a la bioprospección y la longevidad legal de las patentes.

En lo que respecta al valor de la fauna cinegética existe información muy precisa. Actualmente el precio de la fauna cinegética está definido por ley, el criterio fundamental para definir el precio es la disponibilidad de la fauna y en cierta medida el valor cinegético de la presa; sin embargo estos precios no reflejan ni la disponibilidad de pago de la contraparte demandante ni el costo de oportunidad de la especie; por el contrario, generalmente son definidos históricamente. El Cuadro 11 muestra los precios definidos por presa de caza.

Cuadro 11. Precios oficiales por permiso de cacería de diferentes especies (Pesos Mexicanos, Base 1997)

I.- Borrego cimarrón.....	\$21,448.00
II.- Venado bura en Sonora o cola blanca texano	\$333.00
III.- Venado bura en el resto del país	\$250.00
IV.- Venado cola blanca en el resto del país o temazate	\$292.00
V.- Puma	\$572.00
VI.- Gato montés.....	\$400.00
VII.- Faisán de collar.....	\$200.00
VIII.- Pavo ocelado	\$191.00
IX.- Guajolote silvestre.....	\$200.00
X.- Jabalí labios blancos.....	\$200.00
XI.- Perdiz o Tinamú	\$95.00
XII.- Patos, cercetas y gansos	\$200.00
XIII.- Palomas	\$200.00
XIV.- Jabalí de collar.....	\$50.00
XV.- Zorra gris.....	\$50.00
XVI.- Otras aves de acuerdo al calendario cinegético.....	\$100.00
XVII.- Otros pequeños mamíferos de acuerdo al calendario cinegético	\$100.00
XVIII.- Borrego audat	\$300.00
XIX.- Jabalí africano o warthog.....	\$300.00

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 29/DIC/1997

Se estima que existen alrededor de 18 mil cazadores mexicanos y 12 mil extranjeros, legalmente registrados en el país, los cuales son los consumidores de las especies silvestres de fauna existentes en el país. Durante el año de 1995, la cacería deportiva generó alrededor de 127.5 millones de pesos para el conjunto de los 120 organizadores cinegéticos registrados, hoteles, restaurantes, guías y armeros, adicionales a los casi 10.0 millones de pesos que correspondieron a pagos por derechos de caza (INE, 2000).

Las transferencias de estos derechos de caza ya sea a los productores o a programas de fomento y/o conservación de fauna silvestre ha sido otro tema controversial en la agenda relacionada a la vida silvestre. Sin duda pocos intentos se han realizado por integrar tales percepciones a la cadena productiva a pesar de que la actividad tiene el potencial de generar enormes ingresos.

Por su parte, el aprovechamiento de aves canoras y de ornato beneficia económicamente a 563 capturadores registrados, generalmente campesinos, a transportistas y a vendedores ambulantes que las colocan principalmente en centros urbanos. Atendiendo a la estructura del número y monto de los permisos pagados para realizar esta actividad, se aprecia que la venta ambulante es la vía regular de distribución final de las aves, superando por mucho a la *venta establecida* y a la *venta mayorista*. En total, durante la temporada 1994-1995, esta actividad generó cerca de 200 mil pesos por concepto de pagos de permisos de captura, transporte y diferentes tipos de venta. La venta de aves se estima fue de 17 millones de pesos (INE, 2000).

4. CAPTURA DE AGUA O DESEMPEÑO HIDRÁULICO

La captura de agua o desempeño hidráulico es el servicio ambiental que producen las áreas arboladas al impedir el rápido escurrimiento del agua de lluvia precipitada, propiciando la infiltración de agua que alimenta los mantos acuíferos y la prolongación del ciclo del agua.

El reconocimiento del concepto de desempeño hidráulico se ha reflejado en iniciativas de programas de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), más recientemente en la Comisión Nacional del Agua, la Comisión Nacional de Zonas Áridas, y otras. Tales programas han surgido del reclamo de los productores forestales por una retribución de los usuarios del agua a lo que ellos llaman "*producción de agua*". Esta demanda se ha originado en las organizaciones campesinas forestales de Chihuahua y Durango, que reclaman el reconocimiento de su contribución a la producción agrícola de los distritos de riego de Sinaloa, Sonora y la Laguna.

La demanda potencial para el servicio es enorme, sobre todo en el norte del país. Adicionalmente, la producción eficiente de este servicio tiene efectos no sólo en mejorar la disponibilidad de agua, sino que además prolonga la vida útil de las obras de infraestructura, conserva suelos y ayuda a mitigar los riesgos de desastres por inundaciones y derrumbes.

México es un país con un fuerte problema de distribución de agua. Se estima que casi el 70% del agua se destina al uso agrícola, principalmente en el norte del país donde se acentúa la escasez del líquido. Por el contrario, la disponibilidad de agua en el sur del país mejora notablemente. El agua para uso urbano es escasa en la mayor parte de las grandes ciudades y en la mayoría de éstas se recibe por el sistema de tandeos.

El agua de escurrimiento representa un porcentaje bajo del total de precipitación. Este volumen no se puede considerar como parte del servicio ambiental, dado que es el volumen que no puede capturar el bosque. Por su parte, el agua infiltrada o percolada corresponde al volumen de agua que en realidad está capturando el bosque y que representa la oferta de agua producida por éste.

La cosecha de agua de mantos acuíferos es muy intensa en algunas regiones, sobre todo aquellas localizadas en áreas áridas o semiáridas con distritos de riego. El Cuadro 12 muestra un resumen de los volúmenes de extracción y la recarga de los acuíferos sobreexplotados por entidad federativa.

Como puede apreciarse en el Cuadro 12, la mayor parte de los estados ubicados a lo largo de las llanuras costeras no tienen problemas de desbalances entre su extracción y recarga de acuíferos. Esto implica que en estas regiones el costo de oportunidad del bosque como captador de agua es muy bajo. Por el contrario, en regiones donde es evidente el déficit entre la extracción y la recarga de los acuíferos el costo de oportunidad es más alto y es donde existe la posibilidad de generar una estrategia de conservación ligada a un pago por producción de agua.

Cuadro 12. Extracción y recarga de acuíferos sobreexplotados por entidad

Entidad	Millones de metros cúbicos		
	Extracción	Recarga	Déficit
Aguascalientes	550.80	295.00	-255.80
Baja California	1182.16	763.80	-418.36
Baja California Sur	326.00	212.00	-114.00
Coahuila	1192.01	717.46	-474.55
Chihuahua	1656.80	1210.00	-446.80
Distrito Federal	515.00	224.00	-291.00
Durango	153.00	88.00	-65.00
Guanajuato	2786.48	1931.00	-855.48
Hidalgo	193.45	92.00	-101.45
México	1352.68	994.05	-358.63
Michoacán	318.00	221.28	-96.72
Morelos	51.00	25.30	-25.70
Nuevo León	88.00	72.00	-16.00
Oaxaca	74.00	40.00	-34.00
Puebla	257.00	163.00	-94.00
Querétaro	558.47	383.00	-175.47
San Luis Potosí	490.06	330.00	-160.06
Sonora	1631.60	1124.00	-507.60
Tlaxcala	168.13	135.50	-32.63
Zacatecas	571.26	366.43	-204.83

Fuente: SEMARNAP, CNA, 1999.

4.1. Potencial de captura de agua como servicio ambiental

El potencial de infiltración de agua de un área arbolada depende de una gran cantidad de factores tales como: la cantidad y distribución de la precipitación, el tipo de suelo, las características del mantillo, el tipo de vegetación y geomorfología del área entre otros. Esto indica que la estimación de captura de agua debe realizarse para áreas específicas y con información muy fina sobre la mayor parte de las variables arriba señaladas.

En México existen pocos trabajos sobre estimaciones de captura de agua en zonas arboladas. Dentro de los trabajos pioneros en esta área se encuentra el trabajo de Martínez y Fernández (1983) y todo el conjunto de modelos de escurrimiento a partir del modelo lluvia-escurrimiento desarrollado por del CENAPRED (Domínguez *et al.*, 1994). La estimación de volúmenes de infiltración de agua en áreas forestales que a cotinuación se presenta se desarrolló siguiendo el modelo de escurrimiento general a través de la estimación de coeficientes de escurrimiento (IMTA, 1999). El modelo asume que el coeficiente de escurrimiento (C_e) se puede estimar como:

$$C_e = K(P-500)/200 \quad \text{Cuando } K \text{ es igual o menor a } 0.15 \text{ y}$$

$$C_e = K(P-250)/2000 + (K-0.15)/1.5 \quad \text{cuando } K \text{ es mayor que } 0.15$$

K es un factor que depende de la cobertura arbolada y del tipo de suelo. El Cuadro 13 muestra el valor de K para diferentes coberturas y tipos de suelo.

Cuadro 13. Valores de K para diferentes tipos de suelo y diferentes coberturas arboladas.

Cobertura del Bosque	Tipo de suelo		
	A	B	C
Más del 75 %	0.07	0.16	0.24
Entre 50 - 75%	0.12	0.22	0.26
Entre 25 - 50 %	0.17	0.26	0.28
Menos del 25%	0.22	0.28	0.30

Suelo A: Suelos permeables (arenas profundas y loes poco compactos).

Suelo B: Suelos medianamente permeables (arenas de mediana profundidad; loes; migajón).

Suelo C: Suelos casi impermeables (arenas o loes delgados sobre capa impermeable; arcillas).

Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1999

Para la estimación de volúmenes de infiltración de agua se tomó como base la información de inventario forestal y los valores promedio de precipitación (periodo 1940-1998) publicados por la Comisión Nacional del Agua. Se asumió que bosques con volúmenes superiores a 190 m³ / ha son bosques con más del 75% de cobertura; bosques entre 100-190 m³ / ha son bosques con 50-75% de cobertura; bosques entre 35-100 m³ / ha son bosques con 25-50% de cobertura y finalmente bosques con volúmenes menores a 35 m³ / ha son bosques con menos del 25% de cobertura. Así mismo se asumió que los suelos de bosque templado son suelos tipo A y los suelos tropicales son suelos tipo C. Finalmente, se asumió que de la diferencia entre el volumen precipitado y el volumen escurrido el suelo tiene un máximo potencial de retención entre 0.10 - 0.38 del volumen precipitado. Las estimaciones de infiltración promedio por tipo de bosques se muestran en el Cuadro 14. Cabe recalcar que esta estimación corresponde a una estimación preliminar que no considera la evapotranspiración causada por diferentes densidades de cobertura vegetal. De igual forma, es necesario precisar que la estimación sólo refleja el potencial de percolación de suelos con áreas arboladas, mismo que en algunos casos podría ser menor o incluso mayor en ausencia de una cobertura forestal.

La captura de agua de áreas arboladas en el país se estima en 48,028.840 Millones de metros cúbicos al año. Casi las tres cuartas partes de este volumen se estima se capturan en áreas tropicales y sólo la cuarta parte en áreas templadas. Observe que la captura de agua no sólo depende de la cuantía de las zonas arboladas y de las condiciones en que éstas se encuentren, sino también de la disponibilidad de lluvia y de las características de suelo. Evidentemente mientras mayor sea la diferencia entre el volumen infiltrado y el volumen usado, el valor del agua será más bajo, debido a que se convierte en un recurso más escaso.

4.2. Mercados de captura de agua

El precio del agua esta definido por el gobierno en función del valor agregado que se le pueda dar al agua así como su disponibilidad. Para ello el país se ha dividido en zonas de disponibilidad de agua y para cada una de ellas existe un precio por metro cúbico (Cuadro 15). Las zonas de disponibilidad 1 corresponden a zonas de baja disponibilidad o alta demanda, mientras que las zonas de disponibilidad 9 corresponden a zonas de alta disponibilidad de agua. González (1995), desarrolló el primer modelo teórico para determinar algunas de las características del mercado de agua en la cuenca que abastece a la ciudad de Puebla. En este trabajo se derivó una curva de demanda de agua a través de la técnica de disponibilidad de pago, así como una función de costos marginales de diferentes niveles de producción de agua. La encuesta aplicada para identificar las disponibilidades de pago mostró que existe una alta disponibilidad de pago por mantener la cuenca siempre y cuando ello se refleje en mayores niveles de captura de agua que puedan ser cosechados y distribuidos a los usuarios.

Cuadro 14. Estimación de la captura de agua en regiones forestales.

ENTIDAD	TOTAL / ENTIDAD (Millones de metros cúbicos)			VOLUMEN / HA (Miles de metros cúbicos)		
	Bosques	Selvas	Total	Bosques	Selvas	Media Pond
Aguascalientes	20.698	0.000	20.698	0.316	0.000	0.316
Baja California	0.000	10.156	10.156	0.000	0.269	0.050
Baja California Sur	0.000	108.655	108.655	0.000	0.230	0.215
Campeche	0.000	4186.300	4186.300	0.000	1.274	1.274
Coahuila	25.386	1.078	26.464	0.058	0.407	0.060
Colima	9.222	219.271	228.492	0.301	1.034	0.942
Chiapas	2790.777	4983.099	7773.876	2.498	2.290	2.361
Chihuahua	866.530	283.563	1150.093	0.122	0.561	0.151
Distrito Federal	4.387	1.959	6.347	0.087	0.923	0.120
Durango	275.448	393.370	668.818	0.055	0.795	0.122
Guanajuato	19.520	14.188	33.708	0.049	0.782	0.082
Guerrero	1207.789	2398.615	3606.404	0.621	1.493	1.015
Hidalgo	54.863	189.050	243.913	0.238	1.093	0.604
Jalisco	494.236	1213.415	1707.651	0.255	1.115	0.564
México	135.364	107.252	242.615	0.243	1.222	0.376
Michoacán	249.317	1149.211	1398.528	0.162	1.082	0.537
Morelos	5.029	70.500	75.529	0.191	1.135	0.854
Nayarit	380.176	667.359	1047.535	0.485	1.369	0.824
Nuevo León	18.197	0.000	18.197	0.052	0.000	0.052
Oaxaca	3479.701	4148.713	7628.413	1.281	1.736	1.494
Puebla	324.096	480.349	804.445	0.703	1.562	1.047
Querétaro	6.654	50.638	57.292	0.037	0.753	0.232
Quintana Roo	0.000	5330.461	5330.461	0.000	1.446	1.446
San Luis Potosí	184.473	473.306	657.779	0.406	1.289	0.800
Sinaloa	155.463	2063.442	2218.905	0.209	1.054	0.821
Sonora	606.963	968.949	1575.912	0.293	0.571	0.418
Tabasco	0.000	880.964	880.964	0.000	3.185	3.185
Tamaulipas	94.001	1072.582	1166.583	0.179	1.012	0.736
Tlaxcala	5.883	0.000	5.883	0.114	0.000	0.114
Veracruz	737.277	2285.778	3023.055	1.540	1.686	1.648
Yucatán	0.000	2042.995	2042.995	0.000	1.464	1.464
Zacatecas	11.429	70.745	82.174	0.011	0.681	0.075
Total nacional	12162.877	35865.962	48028.840			

Fuente: Estimación propia con datos del Inventario Nacional Forestal, 1994.

El estudio también identificó los mecanismos de transferencia entre los usuarios del agua y los productores; esta parte del estudio reflejó que los usuarios no están dispuestos a dar sus pagos a organizaciones o instituciones vinculadas con el gobierno, y que para realizar sus pagos necesitan un sistema de información sobre la forma en que se realizan las inversiones. También resultó evidente que a pesar de que las regiones rurales consumen mayor cantidad del producto sus disponibilidades de pago son inferiores a aquellas en las áreas urbanas. Finalmente el estudio mostró que para esta área el precio del agua infiltrada tiene un valor de aproximadamente \$6.00 / metro cúbico (base 1995). A pesar del interés de las autoridades municipales el proyecto nunca fue llevado a la práctica.

Cuadro 15. Precio (\$ /metro cúbico) de agua proveniente de fuentes superficiales o extraídas del subsuelo

I.- Zona de disponibilidad 1	\$8.5958
II.- Zona de disponibilidad 2	\$6.8766
III.- Zona de disponibilidad 3	\$5.7305
IV.- Zona de disponibilidad 4	\$4.7277
V.- Zona de disponibilidad 5	\$3.7249
VI.- Zona de disponibilidad 6	\$3.3666
VII.- Zona de disponibilidad 7	\$2.5342
VIII.- Zona de disponibilidad 8	\$0.9007
IX.- Zona de disponibilidad 9	\$0.6752

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 29/DIC/1997

Con la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales de 1992, se introdujo la figura de los “consejos de cuenca”, como instancias multi-sectoriales con injerencia a nivel local, mismos que están comisionados al cuidado de las cuencas y los sistemas hidráulicos.¹⁴ El papel de estos consejos en el desarrollo de mercados de agua es primordial, dado que dentro de la unidad física de producción de agua (cuenca) se identifican a los productores, compradores y las características del producto. De aquí que dentro de una misma unidad se pueden fijar los agentes del mercado y el tipo de producto. De aquí que el precio del producto se puede definir por las disponibilidades de pago o siguiendo la metodología tradicional de la Comisión Nacional del Agua.

A pesar de que ha habido el interés por formar un mercado de agua en aquellas regiones donde los productores con altos costos de oportunidad están plenamente identificados y donde es evidente la existencia de un beneficiario con disponibilidad y posibilidad de pago, no ha sido posible reducir los costos de transacción a fin de reunir a los agentes de mercado en una negociación.

¹⁴ La integración de los Consejos usualmente sólo considera los usuarios del agua y no otros agentes presentes en las cuencas, como los agricultores, ganaderos y forestales de las partes altas o los pescadores ribereños que sufren los efectos de los agentes contaminantes.

5. VALORES ESCENICOS

El turismo es una de las actividades de mayor importancia en la economía del país. Sin embargo, mucho del turismo se concentra en las áreas urbanas y sobre todo las áreas de recreo cerca y a lo largo de las playas. Se estima que la actividad turística crece a un ritmo del 4.8% anual (SECTUR, 1999), aporta casi el 4.5% del PIB nacional y emplea casi el 12.5% de la población económicamente activa del país.

El turismo en áreas naturales no ha sido cuantificado. Sin embargo la Secretaría de Turismo estima un alto porcentaje de turismo de excursionismo, mismo que desafortunadamente muestra el menor gasto en el país (promedio de US\$21.5/día)

Adger *et al.* (1995), dividieron al turismo en áreas naturales de recreo en dos tipos: el turismo multipropósito y el ecoturismo. El primero es aquel turismo que visita áreas recreativas como parte de un viaje con otros propósitos, mientras que el ecoturismo es aquel que viaja específicamente a disfrutar áreas naturales. Sin duda el más importante es el ecoturismo y de éste el modelo de ecoturismo que resulta ser una estrategia de desarrollo de servicio ambiental es aquel en que los productores forestales reinvierten una parte de los ingresos en la conservación de la belleza escénica que es el motivo del turismo.¹⁵

5.1. Potencial de uso de valores escénicos en actividades de recreación

La definición de áreas de belleza escénica depende de una enorme cantidad de factores tanto del área (disponibilidad de bellezas naturales, diversidad biológica, acceso, clima, etc.) como de las facilidades que se brinden a los turistas y de la difusión que haya sobre la zona de ecoturismo.

Resulta difícil dividir el ecoturismo realizado en áreas protegidas o áreas de reserva de aquel ecoturismo de multipropósito. Adger *et al.* (1995), sugieren que la distinción puede realizarse en función de la proximidad de áreas de descanso o infraestructura de comunicaciones y demás servicios. De cualquier forma, la estimación del potencial debe realizarse a partir del análisis de los registros de visitas o bien de encuestas. Adger *et al.* (1995), estimaron un potencial de visitas a áreas de ecoturísticas de 20,000 visitas al año con un promedio de estancia de 10 días y un gasto por día de US\$70.00 diarios. Por su parte, el ecoturismo multipropósito es más amplio y variado. Los mismos autores estimaron que el número total de visitantes a parques nacionales y reservas de la biósfera oscila entre 5.19 - 6.13 millones de visitantes al año, con un excedente del consumidor de aproximadamente US\$3.20. La actividad turística no sólo produce ingresos a las familias por concepto de admisiones, sino además se generan una serie de encadenamientos en diferentes actividades productivas que fomentan el desarrollo comunitario y la diversificación de la actividad económica. En este sentido este tipo de actividades promueven el desarrollo de la comunidad sin discriminar a aquellos miembros de la comunidad que no cuentan con terrenos que brinden servicios ambientales.

¹⁵ Tershy *et al.* (1999) estudiaron 29 compañías de ecoturismo trabajando en las islas de Baja California y encontraron que esta actividad resulta ser un excelente mecanismo de conservación de la isla. En sondeos con los agentes de turismo encontraron que las cuotas de entrada en las áreas protegidas están “por debajo” de lo que los visitantes extranjeros están dispuestos a pagar.

Bray (1999) considera que la incursión del turismo al nivel y de la manera en que ya se encuentra no garantiza la sustentabilidad ni ambiental ni económica. Señala que sigue habiendo una degradación del bosque; que además las tarifas turísticas son relativamente bajas respecto del mercado y que es notoria la falta de interés por parte de los campesinos (guías o vendedores de comida) para el desarrollo de estas actividades.

5.2. Mercados para los valores escénicos y recreación

Considerando las tendencias de número de visitantes al país y las mismas proporciones de visitantes que Adger *et al.* (1995), se estima que para el año 2000 el número potencial de ecoturistas es de 30,200, con un gasto promedio entre US\$20.60 - 22.10 diarios (de acuerdo a las estadísticas de SECTUR, (1999)). Si se considera un número similar de ecoturistas de multipropósito a aquel estimado por Adger *et al.* (1995), se estima que el beneficio potencial de los servicios de ecoturismo que pueden obtenerse de los bosques de México varía entre US\$30.6-33.6 millones al año. Sin embargo esta estimación requiere una mejor precisión sobre las estadísticas de número de visitantes y gasto.

La posibilidad de fomentar actividades de ecoturismo en México es enorme, sobre todo aquel que pueda ofrecerse por parte de organizaciones y comunidades campesinas. Sin embargo, el desarrollo de la actividad requiere una enorme inversión, tanto en difusión, como en el desarrollo de facilidades mínimas para los ecoturistas. En este sentido un aspecto de relevancia es la seguridad de las áreas, la disponibilidad de guías y la higiene y disponibilidad de las facilidades.

El precio de los servicios de ecoturismo es muy variable. CSERGE (1993) muestra algunos resultados sobre varios trabajos sobre valoración de servicios recreativos, mismos que se reproducen en el Cuadro 16. En otros intentos por evaluar el valor de los servicios recreativos, Romo (1999), estimó que la disponibilidad de pago en los sitios de la influencia de la Mariposa Monarca es de alrededor de US\$35.00 ¹⁶ con una demanda de cerca de 125,000 turistas, aunque obtuvo una enorme variación en las disponibilidades de pago.

¹⁶ Valor por debajo de la cuota actual de entrada.

Cuadro16. Ecoturismo actual y su potencial en seis tipos de bosques

Turismo	Centro de Recreación	Tipo de área	Área (ha)	Visitantes por año (años de referencia)	Precio pagado o disponibilidad a pagar (USD)	Ingreso Anual (USD)	Ingreso Anual por hectárea
Ecoturistas	El Triunfo (Chiapas)	Reserva de la Biósfera	119177	150 (1989-1991)	i) 17.15 ¹⁷	i) 2572.5	i) 0.02
					ii) 75 ¹⁸	ii) 11250	i) 0.09
	Sian ka'an	Reserva de la Biósfera	528147 ¹⁹	500 (1989-1993)	115 ²⁰	57500	0.11
Turistas de destinos múltiples	Izta-Popo (México, Morelos, Puebla)	Parque Nacional	55	12406	15 ²¹	12406	225
	Lago Arareco (Chihuahua)	Complejo Ecoturístico	20000	7500 (1992-1993)	i) 3.336 ²² ii) 44.42 ²³	i) 24974 ii) 33150	i) 1.24 ii) 1.65
	Mariposa Monarca (Michoacán)	Reserva Especial	116110	47500 (1986-1992)	i) 5 ²⁴ ii) 30 ²⁵	i) 237500 ii) 1425000	i) 14.7 ii) 88.4
	Barranca del cobre (Chihuahua)	Declarado Parque Nacional	450000	55000(1992)	i) 3.27 ii) 8.20	i) 179850 ii) 451000	i) 0.40 ii) 1.01

Fuente: CSERGE, 1993, Working Paper 15, citado en El Banco Mundial, *México Resource conservation and Forest Sector Review* (Washington, D.C.: The World Bank, 1995). I) Corresponde al precio real pagado; ii) Corresponde al precio disponible a pagar.

¹⁷ Promedio individual estimado de gasto por servicios de transportación, comida y servicios de guía en un *tour*.

¹⁸ Posible donación individual basada en el promedio del excedente del consumidor de \$470, calculado con un análisis de costo de viaje (Touval 1992, citado por De Alba y Reyes 2000).

¹⁹ Este número se refiere únicamente a los visitantes de la reserva tomando el *tour* de un día en bote. El número total de visitantes es probablemente más alto, pero muchos de los visitantes entran a Sian Ka'an a través de muchas entradas que no están controladas (Bezauri 1993, citado por De Alba y Reyes 2000).

²⁰ El precio de un día de *tour* en bote en la reserva.

²¹ Los números mayores se refieren solamente a los visitantes que pasan la noche, los cuales pagan una cuota de entrada menor a un dólar.

²² Cuota de entrada individual.

²³ Cuota de entrada más el promedio ponderado de otros servicios adquiridos por visitantes (alquiler de botes, bicicletas de montaña, caballos, espacio para acampar).

²⁴ Admisión al santuario (adultos).

²⁵ Precio promedio de un *tour* desde la ciudad de México (transportación, boleto de admisión).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adger, W.N., K. Brown, R. Cervigni y D. Moran. 1995. "Total economic value of forest in Mexico"; *Ambio*, 24:286-296.
- Alteri, M., y O. Masera; "Sustainable Rural Development in Rural Latin America: Building from the Bottom Up"; *Ecological Economics*; 1993.
- Agrawal, A. y C. C. Gibson; "Enchantment and Disenchantment: The Role of Community in Natural Resource Conservation"; *World Development*; Vol. 27, No. 4; Gran Bretaña; 1999.
- Bellón, M.R., O.R. Masera, y G. Segura. 1993. "Response options for sequestering carbon in Mexican forests"; Reporte al F-7 International Network on tropical Forestry and Global Climatic Change, Energy and Environment Division, Lawrence-Berkeley Laboratory, *Environmental Protection Agency*, Berkeley.
- Benítez D., H. y L. Neyra G.; "La biodiversidad de México y su potencial económico"; *Economía Ambiental: Lecciones de América Latina*; INE; México; 1997.
- Bray, D; "Evaluation of USFWS Grants No. 95-1354 (Consejo Nacional de la Fauna); 96-1330 (IMERNAR); 97-G181 (IMERNAR); 98-G165 (ALTERNARE); 99-G297 (ALTERNARE)"; Washington, D.C.; octubre de 1999.
- Brush, S.; "Bio-cooperation and the Benefits of Crop Genetic Resources: The Case of Mexican Maize"; *World Development*, v. 26(5); 1998.
- Burstein, J. 2000. "Informe sobre la propuesta de pago por servicios ambientales en México"; *FORO para el Desarrollo Sustentable*, A.C. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México 70 p.
- Carabias L., J. y F. Tudela A.; "El cambio climático: una amenaza global", en el *Primer Foro de Divulgación sobre Cambio Climático*; SEMARNAP; julio de 2000.
- Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2000. "La diversidad biológica en México: Estudio de País."
- Cordero C. y E. Morales. 1998. "Panorama de la Biodiversidad de México."; *CONABIO*. Manuscrito.
- CSERGE, 1993. Annexes 3-6. "Economic value of carbon sequestration, watershed protection, value of pharmaceuticals from Mexico's forests, existence value"; Draft report to World Bank Latin America and the Caribbean-Country Department II. Mexico Forestry and

Conservation Sector Review. Substudy of economic valuation of forests. Center for Social and Economic Research on the Global Environment.

De Alba, E., M. E. Reyes 2000. "Valoración económica de los recursos biológicos del país", In CONABIO 2000. La biodiversidad biológica en México: Estudio de país.

De Jong, B. H.J., L. Soto P., G. Montoya G., K. Nelson, J. Taylor y R. Tipper. 1996. "Forestry and agroforestry alternatives for carbon sequestration: an analysis from Chiapas, México"; *Draft Procc. Workshop on "Instruments for Global Warming Mitigation: The role of Agriculture and Forestry"* Trento, Italy, 22-25 May pp 147-159.

De Jong, B. H. J., G. Montoya-Gómez, K. Nelson, L. Soto-Pinto, J. Taylor and R. Tipper; "Community Forest Management and Carbon Sequestration: a Feasibility Study from Chiapas, Mexico"; *Interciencia*; Nov-Dec 1995.

Del Río, J. A., 2000. "Evaluación financiera del proyecto de captura de carbono Scolel-Té implementado en comunidades indígenas de Chiapas: Beneficios o pérdidas que genera para dichas comunidades" CIDE Tesis de titulación, 2000, México.

Dixon, R.K., K.J. Andrasko, F.G. Sussman, M.A. Lavison, M.C. Trexler and T.S. Vinson. 1993. "Forest sector carbon offset projects: near term opportunities to mitigate greenhouse gas emissions"; *Water, Air and Soil Pollution* 70:561-577.

Domínguez *et al.*, 1994

Frankhauser, S. 1995. "Valuing climate change: the economics of the greenhouse" London.

González, G. R., and M. E. Gastelum; "Overview of the Environmental Laws of Mexico"; Haight, Brown & Bonesteel, LLP; sin fecha.

Hellier G. 2000. "Edinburg Center for Carbon Management (ECCM)"; Comunicación Personal. (<http://www.eccm.uk.com>)

Huerta, C. 1997. "La herbolaria." *Biodiversitas*, Año 3 No. 12

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2000. Página de la Dirección General de Vida Silvestre. INE. SEMARNAT. <http://www.ine.gob.mx/dgvs/index.html>.

Jo y McPherson, 1995

Loa L. E., M. Cervantes A., L. Durand S. y A. Peña J. 1996. "Uso de la Biodiversidad. In. La biodiversidad biológica de México. Estudio de país"; *CONABIO*. México. pp104-153.

Martínez M., M.R. y J. Fernández. 1983. "Jerarquización de las acciones de conservación de suelos a partir de cuencas hidrológicas"; *Mimeo*. C.P. Chapingo, Mexico.

- Masera, O.; M. R. Bellon y G. Segura; "Forest Management Options for Sequestering Carbon in Mexico"; en *Biomass and Bioenergy*, Vol. 8, No. 5; Great Britain; 1995.
- Masera, O.; M. R. Bellon y G. Segura; "Forestry Options for Sequestering Carbon in Mexico: Comparative Economic Analysis of Three Case Studies"; *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*; 1997.
- Masera, O. 1995. "México y el cambio climático global: El papel de la eficiencia energética y alternativas de manejo forestal en la reducción de emisiones de bióxido de carbono" In. *Energía y Medio Ambiente: Una perspectiva económico-social*. Ed Juan J. Jardón. Plaza y Valdés Editores. Pp 157-177.
- Mendelsohn, R., y M. J. Balick; "The Value of Undiscovered Pharmaceuticals in Tropical Forests"; *Economic Botany*, no. 49; 1995.
- Mittermeier, R. y Goettsch, C. (1992). "La importancia de la diversidad biológica de México"; In Sarukhán, J. y Dirzo, R. (comps.), *México Ante los Retos de la Biodiversidad*. CONABIO, México.
- Montoya, G.; S. Soto, B. de Jong, K. Nelson, P. Farias, P. Yakac'tic, J. H. Taylor, R. Tipper. 1995. "Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas"; *Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste*; San Cristóbal de las Casas, Chiapas.
- Muñoz, P.C. 1994. "The economic value of the Mexican Biodiversity" O'Tole R. y K Hess Jr. Incentives for protecting Northamerican biodiversity, 1(3). Oregon, E.U.A.
- Nabuurs, G. and G.M.J. Mohren. 1993. "Carbon fixation through forestation activities"; *Institute for forestry and Nature Research*. IBN Report 93/4, Wageningen, Netherlands.
- National Research Council; "Crop Diversity: Institutional Responses in Managing Global Genetic Resources"; Washington, D.C.; 1993.
- Nordhaus, D.W. 1992. "An optimal transaction path for controlling greenhouse gases"; *Science*, 258:1315-1319.
- Pearce, D.W. and S. Puroshothaman. 1992. "Protecting biological diversity. The economic value of farmaceutical plants"; Global Environmental Change Working paper92-27. CSERGE University of East Anglia and University College London.
- Rojas, M. 1999. "Selling clean air"; In *Global concerns for forest resource utilization*. A. Yoshimoto y K. Yukutake Eds. Kluwer Academic Pub. *Forestry Science Series*. Pp. 35-46.
- Romo L., J. L.; "Valuación económica de la migración de las mariposas monarca"; *Memorias del Seminario Internacional sobre Aspectos Económicos de la Biodiversidad*; SEMARNAP; 1999.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1994. "Inventario Nacional Forestal de Gran Visión. Subsecretaría Forestal y de la Fauna Silvestre"; Documento Interno. 145 p.

Secretaría de Turismo, 1999. Página de la Secretaría de Turismo http://mexico-travel.com/mexico/owa/sectur.p_principal?p_idi=1&p_login=&p_version=HTML-632607

Trexter, M.C. y C. Haugen. 1995. "Keeping it green: tropical Forestry opportunities for mitigating climate change"; WRI, EPA. 52 p.

Tershy, .R., L. Bourillón, L. Metzler, y J. Barnes; "A survey of ecotourism on islands in northwestern México"; *Environmental Conservation*, 26; 1999.

Tipper, 2000

Wilsey, D.; "Biodiversity, Conservation and the Payment for Environmental Services"; *FORO para el Desarrollo Sustentable, A.C.*; San Cristóbal de las Casas; 2000.

7. ANEXOS

Cuadro 1. Resultado de los valores de los parámetros estimados de acuerdo al modelo $Y=aX^b$ utilizado para cada tipo de especie, también se muestra el valor del coeficiente de determinación (R^2) para cada uno.

Especie	Valor de a	Valor de b	R²	N
<i>Clethra hartwegii</i>	0.4466	1.6934	0.9873	6
<i>Rapanea myricoides</i>	0.2465	2.0454	0.9878	6
<i>Alnus spp.</i>	0.0861	2.3617	0.9701	10
<i>Liquidambar macrophylla</i>	0.2414	2.1907	0.9933	10
<i>Inga spp.</i>	0.0890	2.4961	0.9734	12
<i>Coffea arabica</i>	0.3088	1.7405	0.6011	10
<i>Quercus spp</i>	0.0329	2.8027	0.9871	7
<i>Pinus montezumae</i> *	0.007679	3.1464		

* Desarrollado por Garcidueñas, A (198?)

Fuente: Acosta M., M. et al. (2000)

Y= es el peso seco de biomasa en Kg

X=es el diámetro normal en cm