



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ECONOMIA

"ECONOMIA DE PRODUCTOS FORESTALES NO  
MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE  
DE UN RECURSO FITOQUIMICO EN MEXICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

LICENCIADO EN ECONOMIA

P R E S E N T A N :

ELIZABETH LOPEZ VEGA

ESTRELLA DEL CARMEN TAPIA TAPIA



DIRECTOR: LIC. JOSE ANTONIO ROMERO SANCHEZ

CODIRECTOR: DR. RICARDO REYES CHILPA

CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F.

2005

m.345889



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.  
DIRECTOR GENERAL DE LA  
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.  
P R E S E N T E.-

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante C. ESTRELLA DEL CARMEN TAPIA TAPIA, bajo el siguiente título: "ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUÍMICO EN MÉXICO ." en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

Atentamente

DR. ALEJANDRO MONTOYA MENDOZA

Autoriza a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.  
NOMBRE: Estrella del Carmen Tapia Tapia Lopez Vega Elizabeth  
FECHA: 24/06/2005  
Firma: FO



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.  
DIRECTOR GENERAL DE LA  
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.  
P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ESTRELLA DEL CARMEN TAPIA TAPIA**, bajo el siguiente título: **"ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUÍMICO EN MÉXICO ."** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

  
**DRA. YOLANDA TRÁPAGA DELFÍN**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.  
DIRECTOR GENERAL DE LA  
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.  
P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ESTRELLA DEL CARMEN TAPIA TAPIA**, bajo el siguiente título: **“ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUIMÍCO EN MÉXICO .”** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roberto Iván Escalante Semerena', written over a horizontal line.

**DR. ROBERTO IVÁN ESCALANTE SEMERENA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.**  
**DIRECTOR GENERAL DE LA**  
**ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.**  
**P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ESTRELLA DEL CARMEN TAPIA TAPIA**, bajo el siguiente título: **"ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUIMÍCO EN MÉXICO ."** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ricardo Reyes Chilpa', written over a horizontal line.

**DR. RICARDO REYES CHILPA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.**  
**DIRECTOR GENERAL DE LA**  
**ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.**  
**P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ESTRELLA DEL CARMEN TAPIA TAPIA**, bajo el siguiente título: **“ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUÍMICO EN MÉXICO .”** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Antonio Romero Sánchez', written over a horizontal line. To the right of the signature, the number '10' is written.

**LIC. JOSÉ ANTONIO ROMERO SÁNCHEZ**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.**  
**DIRECTOR GENERAL DE LA**  
**ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.**  
**P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ELIZABETH LÓPEZ VEGA**, bajo el siguiente título: **“ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUIMÍCO EN MÉXICO .”** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ricardo Reyes Chilpa', is written over a horizontal line.

**DR. RICARDO REYES CHILPA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.  
DIRECTOR GENERAL DE LA  
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.  
P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ELIZABETH LÓPEZ VEGA**, bajo el siguiente título: **“ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUIMÍCO EN MÉXICO .”** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roberto Iván Escalante Semerena'.

**DR. ROBERTO IVÁN ESCALANTE SEMERENA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.**  
**DIRECTOR GENERAL DE LA**  
**ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.**  
**P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ELIZABETH LÓPEZ VEGA**, bajo el siguiente título: **“ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUÍMICO EN MÉXICO .”** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

**DR. ALEJANDRO MONTOYA MENDOZA**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.  
DIRECTOR GENERAL DE LA  
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.  
P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ELIZABETH LÓPEZ VEGA**, bajo el siguiente título: **"ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUIMÍCO EN MÉXICO ."** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "José Antonio Romero Sánchez", written over a horizontal line. There is a small mark resembling the number "10" to the right of the signature.

**LIC. JOSÉ ANTONIO ROMERO SÁNCHEZ**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE  
MÉXICO

**ING. LEOPOLDO SILVA GUTIÉRREZ.**  
**DIRECTOR GENERAL DE LA**  
**ADMINISTRACIÓN ESCOLAR.**  
**P R E S E N T E.-**

Me permito informar a Usted, que de acuerdo a los Artículos 19 y 20, Capítulo IV del Reglamento General de Exámenes, he leído en calidad de Sinodal, el trabajo de tesis que como prueba escrita presenta el (la) sustentante **C. ELIZABETH LÓPEZ VEGA**, bajo el siguiente título: **“ECONOMÍA DE PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES: APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE UN RECURSO FITOQUIMÍCO EN MÉXICO .”** en tal virtud, considero que dicho trabajo reúne los requisitos para su réplica en examen profesional.

**Atentamente**

  
**DRA. YOLANDA TRÁPAGA DELFÍN**

## AGRADECIMIENTOS

**Al Dr. Ricardo Reyes Chilpa por ser el mejor asesor que alguien pudiera pedir, por todos los conocimientos inculcados; pero sobretodo por su amistad.**

**Al Lic. José Antonio Romero Sánchez por su interés hacia el proyecto y por aceptar la transdisciplinariedad del trabajo.**

**A los miembros del jurado de la Facultad de Economía, integrado por el Dr. Roberto I. Escalante Semerena, el Dr. Alejandro Montoya Mendoza y la Dra. Yolanda Trapaga Delfin.**

**Al Dr. Martín Ricker por las facilidades, enseñanzas y atenciones prestadas en la Estación de Biología Tropical “los Tuxtlas” en Veracruz.**

**A Papá Juan y a Mamá Silvia, por su amor y apoyo.**

**A mi Hermano Manuel, Estrella y Lalo, por su amistad.**

**A Papá Ezequiel, Mamá Rosa y Mamá Carmen por educarme, cuidarme, quererme y soportarme.**

**A la Matía Belem, por agarrar la onda y ser la 3ª madre en discordia.**

**A Mingo por “tomar bien el papel” (espero me entiendas).**

**A mis Hermanos, Cinthia y Chucho, por ser los seres más engendrosos del mundo y así darle diversión a mi vida.**

**A todos mis tíos, tías y primos.**

**A Cielito, Alex, Isa, Lizzi, Paco, Ely y Pancho; por ser un gran equipo y sobretodo unos grandes amigos.**

**A Maira y Sony, por toda su sabiduría y comprensión; pero sobretodo por su fabulosa y muy enriquecedora amistad.**

**A Lalo por todo su amor, sapiencia, paciencia y comprensión, pero sobretodo por el aguante y los innumerables momentos de felicidad a su lado.**

**A nuestros compañeros de los Laboratorios 205 y 210: Aída, Alice, Álvaro, Chayo, Claus y Simón; y demás amigos del Instituto de Química en especial al Dr. Tirso Ríos, Alex y Norma.**

**A los amigos de la Estación de Biología Tropical “los tuxtlas”, del ejido Laguna Escondida y del Instituto de Biología. Y a aquellos que se nos olvidaron, también.**

**Este trabajo fue realizado en el laboratorio 2-5 del Departamento de Productos Naturales del Instituto de Química en la Ciudad de México y en la Estación de Biología Tropical “los tuxtlas” en Veracruz, ambos de la UNAM. Bajo la dirección del Lic. José Antonio Romero Sánchez y co-dirección del Dr. Ricardo Reyes Chilpa.**

**La presente investigación fue financiada por el proyecto “Búsqueda de Compuestos de Origen Vegetal con Posible Actividad Inhibitoria de la Transcriptasa Reversa del Virus de Inmunodeficiencia Humana Tipo 1 (VIH-1)”, DGAPA-UNAM (IN207301) y por el proyecto “Localización, Identificación, Colecta y Medición de Muestras de Madera y Hojas de 18 Especies Arbóreas de Interés Económico” IB-UNAM.**

## INDICE

**INTRODUCCIÓN**

**JUSTIFICACIÓN**

**OBJETIVOS**

**HIPÓTESIS**

**METODOLOGÍA**

**PROCEDIMIENTO**

### **I. BIODIVERSIDAD Y ECONOMIA**

<b>1.1 Biodiversidad: concepto e importancia.</b>	1
1.1.1. Naturaleza Económica	3
1.1.2. Potencial Económico	4
1.1.3. Uso o Abuso de los Recursos Naturales: La Biodiversidad como Negocio	6
<b>1.2 Crisis de la Biodiversidad</b>	10
1.2.1 Problema: pérdida de la Cubierta Forestal en el Mundo	11
<b>1.3 Conservación.</b>	15
1.3.1 Identificación de beneficios: importancia biológica, ambiental y económica de los bosques tropicales	17
1.3.2 Propuestas de conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques	19

### **II. RECURSOS FORESTALES EN MEXICO.**

<b>2.1 Conceptos.</b>	22
<b>2.2 Importancia.</b>	23
<b>2.3 Antecedentes.</b>	24
2.3.1 Cubierta forestal de México	24
2.3.2 Deforestación	26
<b>2.4 Servicios Ambientales de los Recursos Forestales</b>	29
<b>2.5 Sector Forestal en México</b>	31
2.5.1 Políticas de Manejo y Conservación	32
2.5.2 Economía Forestal	35
2.5.3 Perspectivas	39

### **III. LOS RECURSOS Y PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES (PFNM).**

<b>3.1 Concepto e importancia</b>	41
-----------------------------------	----

<b>3.2 Variedad de productos</b>	42
<b>3.3 Los PFNM y la Conservación</b>	45
<b>3.4 PFNM, Economía y Desarrollo Sustentable</b>	46
<b>3.5 Productos Forestales No Maderables en México</b>	48
3.5.1 Cultivo	50
3.5.2 Cosecha	51
3.5.3 Procesamiento	52
3.5.4 Mercados y Comercialización	54
3.5.5 Producción e Importancia Económica	56
3.5.6 Regulación	66
3.5.7 Obstáculos para el desarrollo de los PFNM	68
3.5.8 Algunas propuestas	69

#### **IV. ECONOMIA Y QUIMICA DE PRODUCTOS NATURALES**

<b>4.1 Los bosques tropicales como fuente de Productos Químicos</b>	73
<b>4.2 Productos Naturales y / o Metabolitos Secundarios: Definición</b>	75
<b>4.3 Bioprospección: Bosques Tropicales como fuente de nuevos Fármacos</b>	77
4.3.1 Bioprospección en México	83
4.3.2 Política científica y tecnológica, y bioprospección.	87
<b>4.4 Importancia y Potencial Económico de los Productos Naturales y/o Metabolitos Secundarios</b>	88
4.4.1 Medicamentos basados en metabolitos secundarios y / o productos naturales	88
4.4.2 Importancia de los metabolitos secundarios y / o productos naturales en fármacos aprobados	89
4.4.3 Mercado mundial para medicinas basadas o derivadas de metabolitos secundarios y / o productos naturales	91
4.4.4 Potencial de los metabolitos secundarios y / o productos naturales derivados de plantas como fuente de fármacos	94

#### **V. CASO DE ESTUDIO: *Calophyllum brasiliense***

<b>5.1 Introduccion</b>	97
<b>5.2 Antecedentes</b>	98
5.2.1 VIH y SIDA	98
5.2.2 Antivirales (VIH-1) en árboles del género <i>Calophyllum</i>	101
5.2.3 Patentes y Calanólidos	103
<b>5.3 Antivirales (VIH-1) en el árbol <i>Calophyllum brasiliense</i> de las selvas de México</b>	105
5.3.1 Descripción Botánica de <i>Calophyllum brasiliense</i>	106
<b>5.4 Área de Estudio: Los Tuxtlas Veracruz , México.</b>	110

5.4.1 Focalización de esfuerzos en micro regiones prioritarias: Reserva de la Biosfera de “Los Tuxtlas”	112
5.4.1.1 Problemática ecológica: El caso de la ganadería	116
5.4.2 Focalización de esfuerzos dentro de la micro región prioritaria: Laguna Escondida, Municipio San Andrés Tuxtla	118
<b>5.5 Propuesta de Aprovechamiento: <i>Calophyllum brasiliense</i> como fuente de fármacos antivirales</b>	123
5.5.1 ¿Aprovechamiento sustentable y económicamente rentable de las hojas de <i>Calophyllum brasiliense</i> ?	124
5.5.1.1 Rendimiento de las hojas de <i>C. brasiliense</i> : Cosechas	125
5.5.1.2 Evaluación económica	133
5.5.2 Rentabilidad de diferentes usos de suelo	144
5.5.3 Propuestas	146

## CONCLUSIONES GENERALES

## BIBLIOGRAFÍA

*La naturaleza no ha dado al hombre nada mejor que la brevedad de su vida.*  
-Plinio el Viejo

## INTRODUCCION

Actualmente existe un concepto erróneo de la Economía ya que lo primero que se piensa es que su campo de estudio es, en su totalidad, sobre decisiones de negocios y cómo obtener rendimientos en el modo de producción capitalista. Pero en si, Economía es la ciencia que estudia la manera cómo el individuo y la sociedad utilizan los recursos productivos escasos para obtener bienes y servicios, y distribuirlos para el consumo tanto presente como futuro de las personas que conforman la sociedad.

En cualquier sistema económico, las funciones elementales de producción, distribución y consumo ocurren dentro de un mundo natural circundante. Una de las funciones que desempeña el entorno natural es la de proveer materias primas e insumos, sin los cuales sería imposible la producción y el consumo. No obstante, el ambiente natural es un recurso limitado, por lo que, los asuntos referidos a su uso y los daños ocasionados por este, conllevan a una escasa sustentabilidad tanto económica como ecológica.

"La economía ecológica se define como *la ciencia de la gestión de la sustentabilidad*. La sustentabilidad o viabilidad en el tiempo de un sistema, viene marcada por sus intercambios con el entorno físico, que (...) escapan a la red analítica usual de los economistas. Precisamente, por eso la economía trata ahora de extender su objeto de reflexión y de valoración, hacia aquellas partes del proceso físico de producción y gasto que no eran tomadas en cuenta" (Naredo, 1992).

Se plantea como un método de conocimiento diferente que acepta como punto de partida que la economía es un sistema abierto, interrelacionado con los ecosistemas y con la sociedad, caracterizado por el desequilibrio y la irreversibilidad respecto al tiempo. Más concretamente "... la economía ecológica ha de preocuparse, en primer lugar, de la naturaleza física de los bienes a gestionar y la lógica de los sistemas que los envuelven, considerando la escasez objetiva y la renovabilidad de los recursos empleados, hasta la

nocividad y el posible reciclaje de los residuos generados, a fin de orientar con conocimiento de causa el marco institucional para que éste arroje ciertas soluciones” (Naredo, 1994).

Su análisis aboga por un conjunto de respuestas dinámicas y en transformación constante, fundamentalmente transdisciplinaria de la actividad científica que recalca en el dialogo y la solución cooperativa de problemas. “En este sentido la economía ecológica no es una alternativa para ninguna de las disciplinas existentes, más bien se trata de una nueva forma de considerar el problema que pueda agregar valor a los enfoques existentes y abordar algunas de las deficiencias del enfoque disciplinario” (Costanza Robert, et al. 1999).

El estudio transdisciplinario es primordial para lograr alcanzar las metas interdependientes de la economía ecológica: escala sustentable, distribución justa, y asignación eficiente. Para ello se necesitan abordar los siguientes problemas:

- Fijar los límites ecológicos de la escala sustentable y establecer políticas para asegurar que el rendimiento de la economía permanezca dentro de esos límites.
- Establecer una distribución equitativa y justa de los recursos utilizando un sistema de derechos y transferencias de propiedad, y
- Una vez que se resuelvan los problemas de escala y distribución, se podrán usar los mecanismos basados en el mercado para asignar recursos eficientemente; esto implica extender el mercado existente para internalizar los numerosos bienes y servicios ambientales que actualmente están fuera del mercado.

Actualmente se ha evidenciado la confusión existente entre lo que es extracción y lo que es la verdadera producción sostenible (Martínez Alier, 1995). La economía humana ha pasado de una época en la cual el capital hecho por el hombre era el factor limitante del desarrollo económico, a una época en la cual el capital natural que queda se ha convertido en el factor limitante. Es entonces cuando la naturaleza complementaria entre el capital natural y el capital hecho por el hombre se hace innegable.

*Si tiras un árbol, no te quejes luego de no poder acogerte a su sombra*  
-Juan Cabrera Bravo

Los sistemas ecológicos desempeñan un papel fundamental en el sustento de la vida sobre la tierra, sin los cuales la actividad económica no sería posible. Sin embargo, conforme la escala de la actividad humana sigue avanzando, comienza a ocurrir un daño ambiental no solo en los ecosistemas locales, sino también a escala regional y global. Esto principalmente, debido a la nula distinción entre los “tiempos ecológicos” y los “tiempos económicos”, que en la economía actual son acelerados y conllevan a una extracción y un desecho de residuos (externalidades) no sostenible.

Para ello Daly (1990) ha elaborado tres criterios básicos para el mantenimiento del capital natural y la sustentabilidad ecológica:

1. Para los recursos renovables, la tasa de recolección no deberá exceder a la tasa de regeneración (producto sustentable).
2. Las tasas de generación de desechos de proyectos no deberán exceder la capacidad asimilativa del medio ambiente (eliminación sustentable de desechos) y
3. Para los recursos no renovables, su disminución debería requerir desarrollo comparable de sustitutos renovables.

Sin embargo, el mantenimiento del capital natural no se ha observado como primordial. Cifras mundiales han mostrado una creciente degradación y agotamiento de la biodiversidad y sus recursos. Entre los más afectados se encuentran los sistemas forestales (bosques templados y tropicales). Esto ha llevado a la extinción de numerosas especies de plantas y animales, y a la amenaza de otras a desaparecer. En México, la valoración económica de los bosques es importante no sólo por los servicios y bienes que pueden derivar de ellos, sino por la magnitud de la deforestación y la disminución de las áreas silvestres.

En la república mexicana existen más de 2 mil especies forestales susceptibles de aprovechamiento comercial (SEMARNAP), entre las que se encuentran las que proveen

Productos Forestales No Maderables (PFNM). El bosque tropical (selva) cuenta con al menos 574 especies de plantas aprovechables descritas, y aun faltan mas por descubrir (CSERGE, 1993). Sin embargo, la base del recurso forestal es subutilizada y degradada (Gobierno de México y Banco Mundial, 1995) ya que se inclina a la explotación de productos maderables.

El presente trabajo pretende mostrar el uso alternativo de los productos forestales no maderables exponiendo el caso de la única especie arbórea perteneciente al genero *Calophyllum* en México, *Calophyllum brasiliense* como posible fuente de fármacos anti-VIH. Teniendo como antecedente otra especie perteneciente a este genero, *Calophyllum inophyllum*, la cual fue descubierta y estudiada por primera vez por el Instituto Nacional del Cáncer (EE.UU.) en la selva tropical del Sarawak en Malasia. Encontrándose el producto natural anti-VIH-1 más importante hoy día: la coumarina, (+)-calanolído A. Este compuesto es activo únicamente contra el VIH-1 (es decir el VIH distribuido en el continente Americano) y se encuentra actualmente (2004) en la fase II/III de evaluación clínica con pacientes VIH-1 positivos. De esta forma podría convertirse en el primer fármaco, originalmente extraído de una especie vegetal, que se aprobara para uso clínico en el tratamiento del SIDA (Creagh, 1998).

En México, estudios realizados por el Instituto de Química de la UNAM, han revelado la existencia de dos quimiotipos en la misma especie. El primer quimiotipo, el cual originalmente se colectó en la Sierra de Santa Martha, Veracruz; contiene coumarinas con actividad antitumoral pero inactivas contra el VIH-1. El segundo quimiotipo, originalmente colectado en los Tuxtlas Veracruz, contiene como compuestos principales Cromanomas y como constituyentes minoritarios Calanolidos e Inofilums, los cuales poseen actividad contra el VIH -1.

*Convertid un árbol en leña y podrá arder para vosotros; pero ya no producirá flores ni  
frutos.  
Tagore Rabindranath*

## JUSTIFICACIÓN

En México la base del recurso forestal, es decir bosques y selvas, ha sido degradada y subutilizada, en particular debido a que su explotación se inclina a los productos maderables, sobre los cuales se aplican métodos de aprovechamiento destructivos, es decir, la tala. De esta forma los Productos Forestales No Maderables (PFNM) pueden abrir una pauta hacia métodos de aprovechamiento no destructivos, como es el caso de la cosecha de hojas.

En esta perspectiva es importante evaluar la situación de los PFNM en el país, y a la vez abrir nuevas posibilidades de producción, como es el caso del producto fitoquímico anti-VIH-1 Calanolido A, recientemente aislado de las hojas de la única especie arbórea perteneciente al género *Calophyllum* en México, *Calophyllum brasiliense*, en estudios realizados por el Instituto de Química de la UNAM.

## OBJETIVOS

- Generales:
  - ✓ Mediante el uso de la teoría económico - ecológica, es decir, mediante el estudio transdisciplinario: económico - ecológico – químico, se pretende dar a conocer una alternativa de aprovechamiento de Productos Forestales No Maderables a escala sustentable, así como la riqueza e importancia forestal de México.
  
- Particulares:
  - ✓ Dar a conocer una alternativa de salud a los enfermos VIH positivos por medio de un antiviral natural, (+)- Calanolido A, extraído de la especie arbórea *Calophyllum brasiliense*.
  - ✓ Mostrar una alternativa económicamente redituable a los pobladores de relictos de selvas en la región de los Tuxtlas, Veracruz; más específicamente al ejido de Laguna Escondida en el Municipio de San Andrés Tuxtla.
  - ✓ Mostrar una alternativa ecológicamente sustentable, que motive la conservación y reforestación de las selvas tropicales mexicanas, por medio del aprovechamiento no convencional de Productos Forestales No Maderables, en este caso, de las hojas de la especie *C. Brasiliense*.
  - ✓ La vinculación transdisciplinaria, virtud de la que goza la ciencia económica, mostrando una vez más su flexibilidad ante casos particulares sin perder de vista su sentido económico. Ya que en México el problema no esta en la producción de conocimiento, sino en la falta de transformación de este en nuevas aplicaciones, que a su vez se repliquen en nuevos productos y por lo tanto nuevas empresas; con la ayuda tanto de “científicos duros” (termino acuñado por Mercado Celis, refiriéndose a científicos de ciencias exactas que aceptan la transdisciplinariedad) como de científicos sociales.

## HIPÓTESIS

- La cosecha de hojas del árbol de *Calophyllum brasiliense* para la obtención de (+)-Calanolido A, como posible fármaco anti VIH-1, es económica y ecológicamente rentable, ya que no se realiza una explotación destructiva de recursos forestales naturales.
- El aprovechamiento de este recurso forestal no maderable (fitoquímico), puede fomentar la conservación y reforestación de las selvas tropicales mexicanas, al generar una alternativa económica productiva para la población del ejido Laguna Escondida, en la región de los Tuxtlas, Veracruz.

## METODOLOGÍA

La conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques tropicales o selvas ha sido relevante en las recientes convenciones, reuniones, tratados, etc. internacionales. Un ejemplo de ello es la XII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe (Barbados, 2000), en la cual se desarrollaron 9 propuestas de conservación con el fin de detener el deterioro ecológico, para así, generar un aprovechamiento sustentable que contribuya al crecimiento económico y al mejoramiento social en regiones críticas. Cinco de estas propuestas sirvieron de base para la elaboración del presente trabajo, estas son:

- 1) ***Focalización de esfuerzos en micro regiones prioritarias (Relictos aún conservados y frentes de deforestación).*** Para cumplir con esta recomendación se estudio la región de los Tuxtlas Veracruz, considerada actualmente como Reserva de la Biosfera, esta es un área protegida de interés mundial y su importancia estriba en su alto grado de diversidad biológica y de ecosistemas.
- 2) ***Focalización de esfuerzos dentro de la micro región.*** En este caso, el estudio se enfocó, principalmente en el ejido de Laguna Escondida dentro del Municipio de San Andrés Tuxtla, Los Tuxtlas, Veracruz.
- 3) ***Enfoque regional a través de estudios integrales de conservación, aprovechamiento de recursos naturales y desarrollo sustentable (a mediano y largo plazo) en la micro región prioritaria, que incluyan como un asunto esencial, la conservación ecológica junto con el mejoramiento social y económico.*** Para cumplir con este objetivo, se propuso el aprovechamiento no convencional de las hojas de la especie arbórea *Calophyllum brasiliense*, para la obtención de compuestos antivirales (VIH-1).
- 4) ***Coordinación institucional y participación social.*** En la elaboración del presente estudio, se buscó y logró la participación de los habitantes del ejido de Laguna

Escondida, así como de comunidades limítrofes tal como el ejido de Balzapote. Así mismo, se logró la participación multidisciplinaria de instituciones tales como el Instituto de Química, el Instituto de Biología, la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” y la Facultad de Economía, todas de la UNAM.

5) ***Líneas estratégicas integradas.*** La estrategia integró las siguientes líneas:

- a) ***Investigación básica y aplicada.*** El presente trabajo presenta un análisis de investigación básica del sector forestal mexicano, con énfasis en el estudio de los Productos Forestales No Maderables, el cual pretende fortalecer el conocimiento, manejo, aprovechamiento, procesamiento y comercialización de los mismos. Además, se presenta un estudio del aprovechamiento de los bosques tropicales como fuente de metabolitos secundarios para la elaboración de fármacos, así como su potencial económico. También tiene naturaleza de investigación aplicada, con respecto al estudio del aprovechamiento no convencional (hojas) y no destructivo de la especie arbórea *Calophyllum brasiliense*. Mediante esto y en medida que se tengan mayores conocimientos científicos y técnicos acerca del funcionamiento básico de la especie y de las posibilidades de uso sustentable, se espera contribuir al aumento de la productividad y el ingreso, así como el aseguramiento de la conservación de ecosistemas.
- b) ***Fortalecimiento y creación y de nuevas Áreas Naturales Protegidas por medio de plantaciones forestales comerciales sustentables.*** La población de Laguna Escondida se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, sin embargo, está se dedica principalmente, a actividades ganaderas que por ende generan cambios de usos de suelo, convirtiendo espesas selvas en pastizales completamente deforestados. El presente estudio pretende promover la creación de hectáreas reforestadas, que generen un aprovechamiento sustentable y fuentes alternativas de trabajo.
- c) ***Restauración ambiental y establecimiento de corredores biológicos.*** La reforestación puede inducir a una restauración ambiental que puede servir, en principio, para aumentar los macizos conservados así como su comunicación

(corredores biológicos), lo cual promueve el desplazamiento de especies, tales como *Alouatta palliata* o mono aullador, entre las zonas conservadas.

Aunque en la presente tesis se contemplan las cinco recomendaciones, anteriormente señaladas, estas serán abordadas de la siguiente manera:

### **1. Líneas estratégicas integradas (investigación básica).**

**En:**

- A) **Capítulo 1.** Biodiversidad y Economía
- B) **Capítulo 2.** Recursos Forestales en México
- C) **Capítulo 3.** Los Recursos y Productos Forestales No Maderables (PFNM)
- D) **Capítulo 4.** Economía y Química de Productos Naturales

### **2. Líneas estratégicas integradas (investigación aplicada).**

**Que incluye:**

- Focalización de esfuerzos en micro regiones prioritarias.
- Focalización de esfuerzos dentro de la microregión
- Enfoque regional a través de estudios integrales de aprovechamiento de recursos forestales, conservación y desarrollo sustentable; que incluya como asunto esencial la conservación ecológica junto con el mejoramiento social y económico.
- Coordinación institucional y participación social.

**En:**

- A) **Capítulo 5.** Caso de estudio: *Calophyllum brasiliense*.

## PROCEDIMIENTO

1)

- Identificación del área de estudio: visita a la *Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas"*, UNAM, en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.
- Identificación de la micro región de estudio: Ejido de Laguna Escondida, en el municipio de San Andrés Tuxtla, Los Tuxtlas, Veracruz.

Ambas áreas fueron seleccionadas por constituir un entorno donde diferentes actores sociales y económicos interactúan con la especie *C. brasiliense*, y deciden el futuro de la zona y los remanentes de la Selva Tropical, hábitat natural de esta especie.

2)

- Identificación de la especie arbórea a evaluar, *Calophyllum brasiliense*.
- Selección y Ubicación de 30 árboles de la especie arbórea.
- Medición del diámetro y altura de los 30 árboles seleccionados
- Colecta y medición de las hojas de los árboles muestreados, para determinar el peso, longitud, área y volumen de éstas.
- Secado y medición de las hojas en seco de los árboles muestreados.
- Organización de los datos obtenidos.

3)

- Búsqueda de información bibliográfica sobre la biomasa total de un árbol adulto de *C. brasiliense*, así como de la densidad poblacional de esta especie en una hectárea de selva.
- Entrevista y entrenamiento con ecólogos y biólogos dedicados a la medición y cálculo de la biomasa arbórea, para la adquisición de conocimientos básicos biométricos.
- Análisis y cálculo del área, volumen y peso de la copa de un árbol adulto de *C. brasiliense*.
- Estancia en el laboratorio del Instituto de Química, UNAM, con químicos dedicados al aislamiento e identificación de compuestos de origen vegetal, para la comprensión de los métodos analíticos empleados.

4)

- Propuesta de 4 diferentes cosechas, a evaluar.
- Entrevistas con los pobladores del ejido Laguna Escondida, Los Tuxtlas, Veracruz.
- Evaluación económica de los de los datos obtenidos, utilizando el VAN y la Relación Beneficio/Costo.
- Conclusión de los resultados obtenidos.
- Formulación de propuestas y perspectivas económicas del proyecto propuesta.

## I. BIODIVERSIDAD Y ECONOMÍA.

### 1.1 Biodiversidad: concepto e importancia.

En 1992, Río de Janeiro fue sede de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, con el objetivo de mostrar la gran necesidad de un cambio en materia ambiental; y en la cual se suscribieron más de 150 gobiernos al Convenio sobre Diversidad Biológica. En este foro, también conocido como la Cumbre de la Tierra, se acuñó el término "diversidad biológica" o "biodiversidad", el cual se ha utilizado desde los años noventa al presente, tanto en los medios de comunicación como en círculos científicos y de las administraciones públicas mundiales. Esta palabra, contracción de la expresión 'diversidad biológica', expresa la variedad o diversidad del mundo biológico. En su sentido más amplio, biodiversidad es casi sinónimo de 'vida sobre la Tierra'. Según el Convenio de las Naciones Unidas sobre Conservación Y uso Sostenible de la Diversidad Biológica, la biodiversidad es:

“La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”.

La magnitud de la biodiversidad de un país puede ser reflejada a través de indicadores tales como los diferentes tipos de ecosistemas y vegetación que contiene, el número de especies que posee, el cambio en la riqueza de especies de una región a otra, los endemismos, la variación genética de las poblaciones, el número de plantas domesticadas, así como la variedad de procesos y funciones que desarrollan los seres vivos (Benítez y Neyra, 1997). Puesto que la más evidente transformación provocada por el hombre en los ecosistemas es la simplificación de la estructura biótica, la biodiversidad es quizá el principal parámetro para medir el impacto directo o indirecto de las actividades humanas (Benítez y Neyra,

1997). Aunque la medida o estimación de la biodiversidad depende, entre otras cosas, de la escala a la cual se defina el problema (Halffter, 1992).

La diversidad biológica reúne formas de organización implícitas dentro de un sistema complejo, donde el ecosistema y el ser humano mantienen relaciones físicas, biológicas y químicas. El ser humano, además, se encuentra ligado estrechamente a la biodiversidad por factores que van desde los sistemas productivos hasta los culturales. “La enorme variedad de culturas del mundo son producto del entorno natural en el que se desarrollan y, por tanto, de la biodiversidad depende la conservación de la riqueza cultural del planeta” (Sarukhán, 1992).

La importancia de la biodiversidad se refleja en términos de la abundancia de especies y su potencial económico. A la fecha se han descrito y nombrado formalmente cerca de 1.75 millones de especies (Convenio sobre diversidad Biológica, 2002). En este contexto, descripción significa que se han colectado ejemplares, se han obtenido muestras, las cuales se han llevado a un museo, y se han identificado como especies nuevas y, por último, estas se han descrito y nombrado con carácter formal en una publicación científica. Las estimaciones del número total de especies que podría haber en el mundo se basan sobre todo en el número de especies hasta la fecha desconocidas que se han descubierto en zonas tropicales muestreadas meticulosamente y en la proporción que representan dentro del conjunto de muestras recogido. Estas estimaciones oscilan entre 5 y casi 100 millones de especies. Se ha propuesto una cifra de aproximadamente 12,5 millones como estimación conservadora útil, aunque el Convenio sobre Diversidad Biológica afirma que una estimación adecuada ronda los 14 millones. Sin duda, el número de especies que existen en el planeta es enorme, sin embargo la mayoría es aun desconocida, así como su potencial económico.

### **1.1.1 Naturaleza Económica de la Biodiversidad.**

De la biodiversidad, depende la mayor parte de las condiciones que nos permiten sobrevivir, como son: producción de oxígeno, capacidad productiva de suelos y disponibilidad del agua. También es fuente de materias primas utilizadas para generar productos fundamentales para el ser humano. Bastan algunos ejemplos: de la biodiversidad proviene el 25% del combustible (leña, carbón, combustibles fósiles) que se usa a nivel mundial, el 50% de las fibras utilizadas en la fabricación de ropas, casi el 50% de los medicamentos y todos los tipos de alimentos que consumimos. Sin embargo, los países más ricos en biodiversidad (es decir, megadiversos), los cuales concentran el 50% de las especies biológicas, no son los países más ricos económicamente hablando (Benítez y Neyra, 1997).

Determinar la naturaleza económica de la biodiversidad requiere estudiar su valor, en particular económico, y por lo tanto también requiere la investigación de nuevas posibilidades de producción. Ambas cuestiones se ha intentado responder a nivel mundial, por ello, se ha convergido hacia el establecimiento de convenios internacionales con la intención de ofrecer una respuesta a la valoración económica de la biodiversidad, y así mismo, visualizar nuevas posibilidades de aprovechamiento y de paso detener la pérdida de la misma. El Convenio sobre Diversidad Biológica, que entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, se estableció tomando en cuenta que la pérdida de la biodiversidad no es solo una tragedia ambiental, sino que también tiene repercusiones profundas en el desarrollo económico y social, considerando que los recursos biológicos representan al menos el 40% de la economía mundial y el 80% de las necesidades de los pobres son cubiertas por esos recursos.

La valoración económica de los recursos naturales y la gestión de los problemas ambientales generados han tenido un tratamiento por separado, esta división no permite tomar al medio ambiente y a los recursos naturales, entre ellos la biodiversidad, como formas conjuntas de capital. Sin embargo, la biodiversidad presenta y representa un factor

muy importante de desarrollo a través de su uso sustentable, ya que significa una alternativa para muchos países, en especial para los megadiversos, sobre todo por que estos últimos son principalmente subdesarrollados o se encuentran en vías de desarrollo. La biodiversidad suministra beneficios a la humanidad, a través de bienes y servicios definidos. Pero también su disminución o pérdida genera el deterioro ambiental, la desaparición de especies y la disminución de la calidad de vida, lo que en conjunto conduce a costos cada vez mas crecientes. Al conocer mejor nuestra biodiversidad, así como sus beneficios y costos, indudablemente se logrará una mejor gestión de la misma.

### **1.1.2 Potencial Económico.**

La biodiversidad tiene gran importancia económica actual y potencial a nivel nacional y mundial. Su importancia económica actual deriva de la dependencia de la humanidad de los recursos vivos para la agricultura, la ganadería, el sector forestal, la pesca, y una diversidad de industrias, entre muchas otras; entre las cuales, la más trascendente es la dependencia alimentaría de los recursos de la biodiversidad.

La importancia económica potencial se expresa en el creciente desarrollo de nuevos productos e industrias, cuya fuente son los recursos genéticos, las especies de flora y fauna, y los microorganismos. Miles de especies de usos conocidos por las comunidades locales contienen compuestos químicos con potencial para su uso en la medicina, la industria, la cosmetología, etc. Además, las tendencias del comercio mundial indican una presencia creciente de consideraciones ambientales en los acuerdos de libre comercio, ya que durante las últimas décadas se ha observado que la destrucción del ambiente está cambiando el clima global, lo cual ha afectando la salud y la seguridad alimentaría, entre otras cosas.

Las medicinas, fibras, mascotas exóticas, artesanías, turismo, alimentos y otros productos y servicios "ecológicos", son cada vez más valorados con un nicho de mercado que puede incrementar significativamente en los próximos años, y que pueden ser una fuente de empleo e ingresos inmediata. La biodiversidad genera enormes beneficios tanto en el ámbito de la investigación académica, como en el económico - comercial.

Se ha tratado de estudiar y analizar el potencial económico de la biodiversidad, principalmente para otorgarle un valor monetario, el cual puede influir en pro o en contra de la misma. Es decir, si sabemos el valor monetario de la biodiversidad en todos y cada uno de sus niveles jerárquicos, ¿se podrá aspirar a su conservación a través de valores y costos de modo que las llamadas “externalidades” se interiorizaran?, o por el contrario, ¿al saber su valor monetario simplemente la biodiversidad se seguirá explotando con un fin de lucro, sobre todo por que ya sabe el valor de la “recompensa”?

La evaluación económica de la biodiversidad presenta algunos problemas particulares (Ricker, 1998), los cuales son causa de su subevaluación, tales como:

- La exactitud del análisis costo/beneficio de especies comerciales silvestres es baja, dado el gran número de factores biológicos que influyen.
- Gran parte de la biodiversidad tiene un valor no comercial, así los mercados le asignaran erróneamente un precio de cero.
- La extinción de especies es irreversible, así, la ecuación económica completa tiene que evaluar también el riesgo de que la sociedad se arrepienta de las posibles extinciones.

De acuerdo a este autor, una alternativa para determinar el valor económico total, tomando como ejemplo una selva tropical, es mostrar que un manejo con un impacto relativamente bajo puede dar un considerable valor comercial. De este modo, se proporcionará un incentivo a los propietarios para la conservación de forma manejada.

Un análisis de la Universidad de Cornell, Estados Unidos, señala que si la biota del planeta, todas las plantas, animales y microorganismos, expidieran una cuenta por sus servicios, su total sería de \$2,9 trillones de dólares anuales. Y que tan solo para los Estados Unidos las ventajas económicas y ambientales de la biodiversidad serían de \$319 mil millones de dólares (David Pimentel, 1997). Las cantidades citadas podrían ser tildadas de poco confiables, pero de todas maneras son inmensas.

Tal vez estas cifras podrían contribuir a impulsar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad con más fuerza que cientos de tratados internacionales concebidos en los últimos 20 años para proteger al ambiente, y por tanto a la biodiversidad, los cuales generalmente han sido poco efectivos por la sistemática violación y contradicción a la que están sujetos.

Pero es importante señalar que el valor económico total de los bosques y áreas verdes consiste no sólo en valores comerciales, sino también en valores no comerciales. Estos últimos son la preocupación de los conservacionistas que buscan preservar la biodiversidad, mientras que los científicos tienen que considerar ambos intereses para recomendar un manejo óptimo para la sociedad (Ricker, 1997).

### **1.1.3 Uso o Abuso de los Recursos Naturales: La Biodiversidad como Negocio.**

La Biodiversidad se ha convertido en un verdadero negocio. El sector de las tecnologías, productos y servicios ambientales ha alcanzado en 20 años un tamaño comparable al de las industrias aeroespacial y farmacéutica, con una cifra de negocios de unos US\$ 450.000 millones en el 2000. Se estima que en 2010, dicha cifra alcanzará US\$ 640.000 millones. De este total, más del 15% corresponderá a los países en desarrollo y emergentes (Forum del Comercio Internacional, 2001).

La industria forestal mundial tiene un valor de unos 330 mil millones de dólares norteamericanos en ventas anuales de madera. Los países tropicales, principalmente subdesarrollados, producen anualmente 122 millones de metros cúbicos de madera, lo cual corresponde a una cuarta parte de la que se comercializa en el mundo. De hecho, se espera que la demanda de troncos aumente 1,7% al año en el periodo 2000-2010 (Biodiversidad en Breve, 2000). Además, los bosques proporcionan una amplia gama de productos no maderables que sustentan los medios de vida de las poblaciones locales por medio de recursos de subsistencia, trueque o comercio, incluyendo alimentos y forrajes, materiales de construcción y fibras, medicinas y combustible.

Además, existen otros bienes obtenidos de los bosques, por ejemplo, el comercio de animales y plantas protegidos es el tercer negocio ilegal más rentable en el mundo, después del narcotráfico y la venta de armas. Así mismo, lo que hoy conocemos como ecoturismo es una fuente importante de ingresos para países poseedores de riqueza biológica. Otra forma no convencional de aprovechamiento de los recursos bióticos de selvas y bosques es como fuente de sustancias químicas, principalmente para su empleo como fármacos. Los avances tecnológicos han hecho posible que a diferencia del pasado, el mero conocimiento de las estructuras moleculares de compuestos naturales sea el principal recurso extraíble de las selvas, puesto que se prefiere obtener tales sustancias por síntesis química y no por extracción de fuentes naturales, sin embargo fuentes inspiradoras de fármacos aun se encuentran en la selva.

Se ha estimado que el mercado mundial de fármacos de origen vegetal y basados en la medicina tradicional es de aproximadamente 35 mil millones de dólares anuales, de los cuales solamente 551 millones de dólares representaron las utilidades obtenidas para los países en desarrollo (Varea, 1997).

Se puede hablar, además, del negocio producto de los nuevos desarrollos en la ingeniería genética y las investigaciones en la genómica vegetal y animal, las cuales, han creado prácticamente infinitas fuentes de genes, cuya explotación depende de la actitud, honestidad y ambiciones de los investigadores del área y de los intereses de las empresas que financian las investigaciones, propias o no. Frecuentemente esto ha contribuido a generar marcados problemas bioéticos (Edgar Otaiza Vásquez, E-Negocios).

Las corporaciones llamadas de la “ciencia de la vida” han tenido ganancias enormes gracias al comercio de alimentos procesados, fármacos, agroquímicos y semillas que de alguna u otra manera tienen relación directa o indirecta con la biodiversidad (Cuadro 1.1). El reparto del mercado por las 10 corporaciones más grandes ilustra el control oligopólico de estos mercados estratégicos.

<b>Cuadro 1.1</b>				
<b>Ventas netas anuales de las diez corporaciones más grandes de "ciencias de la vida"</b>				
<b>Lugar</b>	<b>Agroquímicos</b>	<b>Semillas</b>	<b>Alimentos procesados</b>	<b>Fármacos</b>
1	Aventis (Francia) \$4,554	Dupont (Pioneer) (US) \$1.85	Nestle SA \$45.38	Aventis (Francia) \$13.75
2	Novartis \$4,199	Pharmacia (Monsanto) (US) \$1.7	Philip Morris (US) \$31.89	Merck (US) \$13.64
3	Monsanto \$3,126	Syngenta (Novartis) \$0.947	Unilever PCL (UK) \$24.17	Glaxo Wellcome (UK) \$13.082
4	Astra Zeneca \$2,674	Groupe Limagraia (Francia) \$0.686	ConAgra (US) \$24.0	Novartis \$10.943
5	Dupont \$2,518	Grupo Pulsar (Seminis) (México) \$0.531	Cargill \$21.0	AstraZeneca \$10.0
6	Bayer (Alemania) \$2254	Advanta (AstraZeneca & Cosun) (UK) \$0.416	Pepsi Ko (US) \$20.91	Bristol-Myers (UK) \$9.725
7	Dow Agrosciences (US) \$2.2	Sakata (Japón) \$	Coca Cola (US) \$18.86	Pfizer (US) \$9.725
8	America Home Products (US) \$2,119	KWS AG (Alemania) \$0.355	Diageo (UK) \$18.77	American Home Products (US) \$8.699
9	BASF (Alemania) \$1,855	Dow/Cargill North America (US) \$0.350 estimado	Grand Metropolitan (UK) \$14.0	Jonson & Jonson (US) \$7.696
10	Sumitomo (Japón) \$1,17	Delta y Pine Land (US) \$0.301	Mars Inc. (US) \$13.97	Smith Kline (US) \$7.495
<b>Total</b>	26.2 billones	23 billones	232.95 billones	104.93 billones

Fuente: "Pujuk" (CIEPAC, 2000), RAFI and Global Exchange.

Notas:

1. Aunque los Agroquímicos no provienen directamente de la biodiversidad (por ejemplo fertilizantes y plaguicidas), influyen sobre la misma y sobre la agricultura.
2. De igual modo, aunque varios fármacos sean sintéticos, muchos de estos fueron inspirados por fuentes naturales provenientes de la biodiversidad.

Es importante señalar que en el negocio de la biodiversidad se sigue observando la situación centro-periferia, es decir, se prioriza la venta y abastecimiento a un comprador extranjero por encima de su utilización sustentable a escala local, lo cual puede conducir a un desastre potencial. Las transnacionales han jugado un papel importante en este “gran negocio”, un ejemplo interesante es el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), que agrupa a más de 170 compañías (a menudo transnacionales) de 35 países, incluyendo a México, y 20 sectores industriales mayores (entre ellos el alimentario y el farmacéutico), y el cual se supone, es una organización que se ha constituido como el vocero más importante de los “intereses empresariales” en el debate ambiental.

Lo interesante de este ejemplo es que, según un informe del Institute for Policy Studies del 2000, que incluye datos de la Revista Fortune y del Banco Mundial, de las cien economías más grandes del mundo 51 son corporaciones transnacionales y 49 países, los cuales son liderados por el Grupo de los Siete (G-7) que incluye a Estados Unidos, Canadá, Francia, Reino Unido, Alemania, Italia y Japón. Estas grandes empresas usan su enorme poder para influir y hasta dictar las políticas sociales, económicas y comerciales de las naciones usurpando roles y responsabilidades del sector público; y hasta los propios bienes y servicios, incluyendo la biodiversidad.

Ante esta situación es importante mencionar que cuando se considera a la biodiversidad como una mera mercancía comercializable, muchas veces se ignora y potencialmente se socava el papel crucial que desempeña como sostén de los sistemas de vida. Ya que esta continúa siendo el pilar central del cual dependen directamente miles de millones de personas para su sustento diario. De esta forma priorizar la venta de biodiversidad a un comprador extranjero por encima de su utilización sustentable a escala local, puede conducir potencialmente a un desastre. Sobre todo si la explotación se expone, en mayor grado, a los vaivenes de los ciclos económicos de auge y ocaso de las mercancías comercializadas internacionalmente.

## **1.2 Crisis de la Biodiversidad.**

Existe una marcada tendencia hacia la disminución del número de especies en el mundo y de la variabilidad genética de las poblaciones silvestres, así como una simplificación de los ambientes naturales con la consecuente pérdida de hábitat y ecosistemas. A esta situación se le denomina “crisis de la biodiversidad”, ocasionada por el efecto negativo provocado por una gran cantidad de actividades humanas (Dirzo, 1992); la cual se acentúa considerando que solo el 4% aproximadamente de la diversidad biológica mundial ha sido estudiada científicamente (Convenio sobre diversidad Biológica, 2002). Además, con la pérdida de diversidad biológica aumenta la uniformidad, la dependencia de unas pocas variedades de plantas y animales para la alimentación, la contaminación y el cambio climático, la vulnerabilidad ante plagas y enfermedades, entre otras múltiples consecuencias.

En la actualidad es totalmente evidente el hecho de que las actividades humanas han reducido la biodiversidad a escala nacional y mundial, y que esta tendencia continúa. Observaciones de campo han confirmado que hay una relación entre el tamaño de un área y el número de especies que contiene. Una generalización sugiere que si una mancha de hábitat se reduce hasta la décima parte de su superficie original, es probable que pierda la mitad de las especies que tenía (Ruete, 2000). De esta forma las tasas de extinción son cada vez más grandes. Así, año con año, desaparecen ecosistemas y con ellos miles de especies que los habitan; y a la par va disminuyendo la ya mínima calidad de vida de los seres humanos que habitamos en este planeta y dependemos de él.

Numerosos individuos, organizaciones y países han trabajado en las últimas décadas para identificar poblaciones, especies y hábitats amenazados de extinción o degradación con la finalidad de invertir estas tendencias. Los objetivos comunes son gestionar más eficazmente el mundo natural para mitigar la influencia de las actividades humanas y con ello mejorar las opciones de desarrollo de los pueblos desfavorecidos.

### **1.2.1 Problema: pérdida de cubierta forestal en el mundo.**

Casi la mitad de la cubierta forestal original de la Tierra ha desaparecido en su mayor parte en las tres últimas décadas (Figura 1.1). Los bosques del mundo han sido fundamentalmente alterados por el ser humano y transformados en fincas y pastizales, entre otros usos (Bryant, et al, 1997). En la actualidad, sólo una quinta parte de la cubierta forestal original de la Tierra está comprendida por grandes extensiones boscosas con un grado relativamente bajo de perturbación (World Resources Institute, [www.wri.org](http://www.wri.org)).

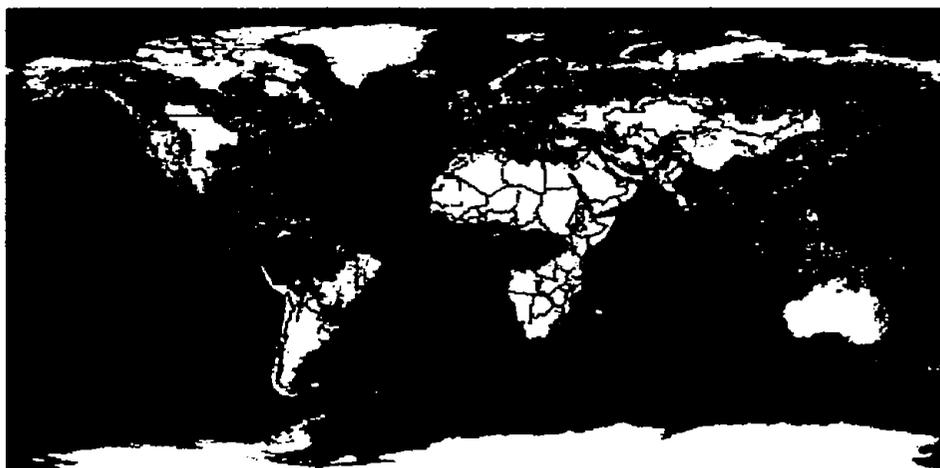
Cerca de la mitad de estas extensiones están constituidas por bosques boreales, conformados fundamentalmente por un amplio cinturón de coníferas, los cuales han sufrido menos perturbaciones que otros tipos de bosque por dos razones:

- Primero, la dificultad de labranza, debida a los inviernos prolongados, la mala calidad de los suelos y otros factores, por lo que son pocos los que han sido convertidos a la agricultura;
- Segundo, los árboles boreales, particularmente los que crecen en el extremo norte, tienden a presentar un crecimiento lento, son escuálidos y se hallan muy dispersos.

Por tanto, hasta que la tecnología moderna, la creciente demanda de madera y otros factores cambiaron el panorama, fueron pocos los incentivos que tuvieron las empresas dedicadas a la tala a escala industrial para explotar estos bosques. Por el contrario los bosques templados y tropicales son los más fragmentados y degradados de todos los tipos existentes, debido a sus suelos fértiles y a su clima favorable (Cuadro 1.2).

**Figura 1.1**

**Perdida de bosques en el mundo**



En rojo: superficie boscosa perdida .

En verde: superficie boscosa que permanece

Fuente: Libro Electrónico, Ciencias de la tierra y el medio ambiente. [www.1.ceit.es](http://www.1.ceit.es)

**Cuadro 1.2.**

**Variación anual de la superficie forestal (1990-2000) (Millones de ha/año)**

Zona forestal	Deforestación de bosques naturales	Transformación en plantaciones forestales	Perdida total.
Tropical	-14.2	-1.0	-15.2
Otras zonas	-0.4	-0.5	-0.9
<b>Todo el mundo.</b>	<b>-14.6</b>	<b>-1.5</b>	<b>-16.1</b>

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001.

Los bosques templados fueron los primeros en ser desmontados en gran escala por los seres humanos. Para el año 1.000 antes de Cristo, la mayor parte de los bosques del oriente de China habían sido convertidos en tierras de labranza (United Nations Environment Programme, 1995). Hace más de 2.000 años, los griegos y los romanos destruyeron la mayor parte de los bosques que bordeaban el Mediterráneo. Las fronteras forestales de Europa Occidental fueron arrasadas durante la Edad Media, a medida que se fueron fundando ciudades y pueblos en toda la región (Westoby, 1989)

Los bosques templados y tropicales de las Américas fueron abiertos hace relativamente poco por exploradores y colonizadores europeos. Si bien, existían comunidades indígenas que habían vivido siempre en ellos y los habían transformado, los cambios introducidos por los recién llegados fueron mucho más espectaculares. A partir del primer contacto de los europeos con el Nuevo Mundo, hace más de 500 años, los bosques comenzaron a desaparecer, ya que fueron convertidos para usos de sustento como agrícolas y ganaderos, llegando incluso a la sobre explotación, ya que los recursos se consideraban inagotables. Mientras tanto, la llegada de la revolución industrial significó en Europa una tremenda presión sobre lo que quedaba de los bosques para abastecer de combustible los hornos de fundición de las nuevas industrias. Antes de fines del siglo diecinueve, la mayor parte de los antiguos bosques europeos eran sólo un lejano recuerdo.

Entre 1850 y 1980 se taló el 15 por ciento de los bosques y tierras boscosas del mundo (Rowe, 1992). En 1997 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) calculó que la deforestación se produjo a razón de 15,5 millones de hectáreas por año durante el período de 1980 a 1990 en los países en vías de desarrollo y de 13,7 millones de hectáreas entre 1990 y 1995. El área forestal total perdida durante el período de 15 años fue de aproximadamente 200 millones de hectáreas. Para poner esta cifra en perspectiva, hay que considerar que 200 millones de hectáreas es superior a la superficie total de México. En el 2000 los bosques cubren alrededor de 3 870 millones de hectáreas, lo cual representa tan solo el 30 por ciento de superficie terrestre del planeta. Los bosques tropicales y subtropicales comprenden el 56 por ciento de los bosques del mundo y los bosques templados y boreales el 44 por ciento. Las plantaciones forestales constituyen

tan sólo en torno al 5 por ciento de los bosques; el resto es bosque natural. Sin embargo, del estado de los bosques, el cual es más difícil de evaluar, aún se sabe poco (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001).

**Cuadro 1.3.**

**Superficie total de bosques(millones de hectáreas), 2000**

Región	Superficie total de bosques (millones de hectáreas), 2000	Superficie de bosques naturales (millones de hectáreas)	Superficie de plantaciones forestales (millones de hectáreas).
África	650	642	8
Asia	548	432	116
Europa	1039	1007	32
América del norte y central	549	532	18
Oceanía	198	194	3
América de sur.	886	875	10
<b>Total Mundial.</b>	<b>3869</b>	<b>3682</b>	<b>187</b>

Fuente: Situación de los bosques del mundo, 2001. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma - 2001.

Las causas de la degradación y desaparición de los bosques son complejas y muy diferentes en los distintos lugares. Cabe distinguir entre causas directas y causas subyacentes. Entre las principales causas directas de la degradación forestal se mencionan las plagas y enfermedades; los incendios; el aprovechamiento excesivo de madera industrial, leña y otros productos forestales; la explotación inadecuada de los bosques de producción, derivada entre otras cosas de unos sistemas de extracción poco apropiados; el pastoreo excesivo; la contaminación atmosférica; y los fenómenos climáticos extremos, como las tormentas. La degradación de los hábitats provocada por estos factores y la sobre explotación de la vida silvestre son las causas principales del agotamiento de las poblaciones silvestres de los bosques en muchos lugares. Entre las causas subyacentes se

encuentran la pobreza, el crecimiento demográfico, los mercados y el comercio de productos forestales, las políticas macroeconómicas, etc.

### **1.3 Conservación.**

La conservación se debe observar como un ejercicio de intercambio y trabajo social enmarcado en procesos de acuerdo común tanto de intereses como de percepciones sobre el ambiente. Y debe estar orientado por el análisis y comprensión de las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, en sus diversas expresiones.

El enfoque de ecosistemas suscrito como marco básico del Convenio sobre la Diversidad Biológica (Decisión V/6) reconoce el carácter central de los factores sociales, culturales, económicos e institucionales para promover la conservación y exhorta a la descentralización de la gestión en el nivel apropiado más bajo y a la participación de los interesados directos en la conservación.

Algunos de los objetivos de conservación son:

- Asegurar la continuidad de los procesos evolutivos y el flujo genético necesario para preservar la diversidad de especies de flora y fauna terrestre y acuática;
- Garantizar la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano;
- Garantizar la diversidad cultural asociada al cumplimiento de los anteriores objetivos;
- Generar las condiciones necesarias para el uso y aprovechamiento sostenible de la fauna silvestre como alternativa socioeconómica y estrategia de conservación para el desarrollo del país garantizando la permanencia y funcionalidad de las poblaciones naturales y de los ecosistemas de los cuales hacen parte; y
- Lograr el uso sostenible de los bosques, con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Sin embargo, uno de los grandes conflictos económico - ambientales, se visualiza ante la perspectiva del aprovechamiento vs. Conservación. Las diferentes formas de aprovechamiento de la Biodiversidad conducen a conflictos de conservación cuando:

- las decisiones privadas de uso son incompatibles con los objetivos de política general relacionada con la conservación y uso sostenible de la Biodiversidad;
- las decisiones privadas no consideran el costo del agotamiento y degradación progresiva de los recursos asociados a la Biodiversidad;
- las decisiones de política nacional y / o sectorial envían a los actores sociales señales que conducen a la degradación y pérdida de la Diversidad Biológica (p. ej. La reforma agraria como causante de ocupación de terrenos en zonas de bosque natural); y
- algunos instrumentos económicos conducen a comportamientos no deseados por parte de los actores económicos (efectos perversos).

Por otro lado, Cunnigham, (1987) (Citado por Molina, 2001), enumeró las cuatro razones, "las 4 E", por las cuales debemos conservar la biodiversidad:

- 1) La razón ética, el derecho a la vida de todas las especies.
- 2) La razón estética, preservar la belleza de las especies que se extinguen.
- 3) La razón ecológica, el papel vital que puede desempeñar en un ecosistema la especie que se extingue.
- 4) La razón económica, el interés para la industria, entre ellas, la farmacéutica o alimenticia que puede tener la especie que se extingue.

Lamentablemente, parece ser que esta última es la única razón que llevaría al ser humano a crear las condiciones que eviten las extinciones masivas, debido a que en nuestra "naturaleza" se concibe el hecho de cuidar o mantener lo que nos puede contribuir en algo, principalmente económico.

El conflicto de la Conservación proviene del desfase entre beneficios y costos percibidos a niveles espaciales y temporales diferentes. Si se lograra identificar los beneficios de conservar la biodiversidad a mediano y largo plazo, nos daríamos cuenta que el problema

se reduce a una mala asignación de costos y beneficios y a un problema de transferencias entre actores sociales por la conservación de la diversidad Biológica.

### **1.3.1 Identificación de beneficios: importancia biológica, ambiental y económica de los bosques tropicales húmedos.**

Los bosques tropicales húmedos (selvas húmedas) son los ecosistemas terrestres más importantes de la tierra y los que contienen la mayor riqueza de biodiversidad del mundo, ya que concentran una enorme cantidad de especies. A pesar de cubrir sólo entre el 6% y el 7% de la superficie mundial, se estima que contienen más del 60% de las especies totales de seres vivos. Además proporcionan servicios y productos que contribuyen directamente al bienestar de la población en todo el mundo que son vitales para las economías, el medio ambiente y la vida cotidiana.

- *Estabilización climática y atmosférica.* Los bosques actúan como un importante almacén de carbono, por lo cual son un factor fundamental en la absorción del CO<sup>2</sup> (se estima que absorben la sexta parte del CO<sup>2</sup> producido por la quema de combustibles fósiles) y en la producción de oxígeno, por lo que juegan un papel importante en el ciclo mundial del carbono y actúan contra el calentamiento global. Se estima que su deforestación contribuye aproximadamente del 25 al 33% de las emisiones globales de CO<sup>2</sup>. La biomasa existente en bosque y suelo contiene hasta cien veces más carbono que los cultivos que los reemplazan.
- *Regulación fundamental del ciclo hídrico y de la humedad mesoclimática.* La función reguladora del ciclo hídrico de las selvas húmedas reviste una importancia global, ya que constituyen un elemento estabilizador del agua y del clima. La temperatura y la humedad son controladas por la cubierta vegetal y su contribución a la producción de precipitaciones es muy significativa.
- *Regulación hídrica en cuencas y aminoramiento de inundaciones y deslaves.* La cobertura de los bosques húmedos tropicales es un factor importante en la regulación de los flujos hidráulicos de las cuencas hidrográficas, por lo cual, gracias a su

existencia, el agua desciende más lentamente y puede ser aprovechada de mejor manera por los seres vivos. Asimismo, la cubierta vegetal selvática tiene un papel preponderante en la mitigación de inundaciones, lo que resulta muy importante ante el efecto desastroso que provocan las intensas precipitaciones y los huracanes.

- *Protección de suelos y control de sedimentación.* El efecto pedogenético de las selvas y su papel de protector de los suelos son también fundamentales, ya que reducen y controlan los procesos de erosión en zonas de alto poder pluvial y de sedimentación de los cuerpos de agua, en particular, aumentan la vida útil de presas hidroeléctricas y de otro tipo.
- *Fuente de productos forestales.* Las selvas son una inmensa fuente de productos forestales, entre los que se encuentran las tradicionalmente explotadas maderas preciosas, como el cedro y la caoba, pero también incluyen un enorme número de especies cuya madera posee muy valiosas propiedades que no han sido aprovechadas plenamente. Asimismo, se debe considerar la enorme gama de productos no maderables que ofrecen una potencialidad económica muy grande.
- *Fuente de productos de la vida silvestre.* El aprovechamiento de la abundante y diversa vida silvestre resulta de un potencial enorme, que no ha sido explotado de manera sustentable y que podría ser fuente de altos ingresos.
- *Productos farmacéuticos.* Se estima que, en la actualidad, las selvas húmedas proveen el 32% de las materias primas para la industria farmacéutica y que entre su riqueza biológica se encuentran cerca de 1,400 plantas que son activas contra el cáncer. Sin embargo “aunque existan cerca de 1500 especies con bioactividad, una investigación completa de todas éstas se traduciría quizá en unos cuantos, pero no en 1500 nuevos medicamentos. Aún así ..... se puede descubrir una gran cantidad de sustancias bioactivas, algunas de las cuales pueden lograr una importancia mayor a la región , y servir como medicamentos o modelos para la investigación farmacológica y química medicinal en el mundo” (Ricker, 1998).
- *Valor estético y turístico.* Las selvas constituyen una de las mayores bellezas naturales, por lo cual ofrecen un gran potencial a la actividad ecoturística. (SEMARNAP - PNUMA, 2002)

### 1.3.2 Propuestas de conservación y aprovechamiento sustentable de selvas tropicales.

En la XII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe (Barbados, 2000), se desarrollaron algunas propuestas de conservación y aprovechamiento sustentable para selvas tropicales, con la finalidad de servir de respaldo a la discusión y aprobación de cursos de acción por parte del Foro en el ámbito del Plan de Acción Regional.

- 1) **Objetivo general:** “Detener el deterioro ecológico de las selvas húmedas en América Latina y el Caribe y mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales del trópico húmedo, para contribuir al crecimiento económico y al mejoramiento social en regiones críticas, a través de un programa integral de desarrollo regional sustentable, que incluya diversos instrumentos de política institucional y social”.
- 2) **Focalización de esfuerzos en micro regiones prioritarias (Relictos aún conservados y frentes de deforestación).** Distinguir, aquellas micro regiones en situación crítica, ya sea porque constituyan remanentes forestales o micro regiones que se encuentran sobre los frentes de deforestación actual.
- 3) **Focalización de esfuerzos dentro de las micro regiones en conjunto con las comunidades y localidades limítrofes (o limitantes) con las zonas conservadas.**
- 4) **Enfoque regional a través de planes integrales de conservación, aprovechamiento de recursos naturales y desarrollo sustentable (a mediano y largo plazo) en las micro regiones prioritarias,** así como la integración de políticas de conservación y desarrollo que incluyan como un asunto esencial la conservación ecológica, junto con el mejoramiento social y económico
- 5) **Coordinación interinstitucional y participación social.**
- 6) **Líneas estratégicas integradas en un plan micro regional sobre la base del ordenamiento ecológico y territorial que establezcan con claridad las zonas de protección y conservación, así como la producción y el desarrollo económico.** La estrategia debe integrar las siguientes líneas:

- a) Fortalecimiento y creación y de nuevas Áreas Naturales Protegidas.**
- b) Ecoturismo.** Como una alternativa económica con altos ingresos económicos y poco impacto destructivo.
- c) Establecimiento de corredores biológicos** entre los macizos conservados, con la promoción de usos sustentables que impliquen una mayor cobertura vegetal entre las diferentes reservas y zonas conservadas.
- d) Protección contra incendios forestales**
- e) Aprovechamiento sustentable forestal y de la vida silvestre.** Impulsando la regularización del enorme aprovechamiento ilegal y el fortalecimiento de la integración de cadenas productivas que permitan el conocimiento, manejo, aprovechamiento, procesamiento y comercialización de estos bienes, asegurando su conservación y procurando que las ganancias beneficien también a los indígenas y campesinos.
- f) Restauración Ambiental**
- g) Captura de carbono.** La deforestación de las selvas húmedas, en la contribución a las emisiones de carbono y otros gases invernadero, hace de las acciones encaminadas a comercializar los resultados de programas de conservación en regiones prioritarias un importante instrumento económico.
- h) Plantaciones forestales comerciales sustentables.** Su impulso en las áreas ocupadas por la ganadería extensiva, puede ser una importante forma de producción de bienes forestales, siempre y cuando se procure el uso diversificado de especies, de preferencia nativas, y se asegure que no se sustituyan ecosistemas naturales con plantaciones.
- i) Uso de modelos de agricultura sustentable y reconversión agro ecológica**
- j) Educación, capacitación, fortalecimiento de la sociedad civil.**
- k) Investigación básica, y aplicada; generación de tecnología (ecología de las selvas húmedas, biología de su conservación, aprovechamiento y manejo, etc.).** El impulso conjunto de la investigación básica y aplicada y de la generación de alternativas tecnológicas para la conservación y el manejo de las selvas es una línea

fundamental. La elevación de la productividad y el ingreso, a la vez que se asegure la conservación de estos ecosistemas, se podrá lograr sólo en la medida en que se tengan mayores conocimientos científicos y técnicos acerca de su funcionamiento básico y de sus posibilidades de uso sustentable.

**7) Atención privilegiada a las comunidades indígenas y campesinas.**

**8) Monitoreo del proceso de deterioro.**

**9) Metas: Articulación horizontal de actores y creación de redes de intercambio.** El programa debe ser muy ágil y ligero para operar como integrador de diferentes esfuerzos e instituciones, en todos los niveles. Para promover y compartir experiencias, a los técnicos, dirigentes, funcionarios, empresarios, representantes indígenas y campesinos, científicos, ONGs y otros actores.

## II. RECURSOS FORESTALES EN MEXICO.

### 2.1 Conceptos.

Son recursos forestales los bosques naturales, plantaciones forestales y las tierras cuya capacidad de uso mayor sea de producción y protección forestal y los demás componentes silvestres de la flora terrestre, acuática emergente, cualquiera que sea su ubicación en el territorio nacional (Comisión Nacional Forestal, Programa Nacional Forestal 2001-2006).

Aprovechamiento forestal es la extracción, en los términos de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable en México, de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y los no maderables.

Las Áreas de Protección Forestal comprenden los espacios forestales o boscosos colindantes a la zona federal y de influencia de nacimientos, corrientes, cursos y cuerpos de agua, o la faja de terreno inmediata a los cuerpos de propiedad particular, en la extensión que en cada caso fije la autoridad, de acuerdo con el reglamento de esta Ley.

Manejo forestal es el proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos forestales de un ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos y respetando la integralidad funcional e interdependencia de recursos sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma.

Sector Forestal es el conjunto de actividades económicas, sociales y de tipo ambiental que realizan las comunidades, organizaciones no gubernamentales, empresas y el gobierno, relacionadas con el conocimiento, conservación, administración, uso y aprovechamiento de los bienes, servicios y valores que generen los ecosistemas forestales" (Leguizamó A.,2000).

## 2.2 Importancia.

México ha perdido la mayor parte de la cobertura original de bosques y selvas. Se estima que las selvas altas, por ejemplo, ocupan actualmente sólo el 10% de la superficie original (Rzedowski, 1978). La historia del proceso de deforestación en el país es larga y compleja. Probablemente la primera tala de bosques a gran escala ocurrió a principios del periodo colonial —entre los siglos dieciséis y diecisiete— cuando los conquistadores españoles forzaron a los grupos indígenas a abandonar las mejores tierras agrícolas y éstos tuvieron que establecerse en terrenos forestales (Noble et al, 1997). Desde entonces, las principales causas de la deforestación en México son: el cambio de uso de suelo a actividades agropecuarias o ganaderas, los incendios y la tala ilegal. Asimismo muchas de estas causas se encuentran ligadas a la imposibilidad de lograr, por medio del aprovechamiento de los bosques, un sustento económico digno y suficiente.

Alrededor de 12 millones de personas viven en áreas forestales y una gran proporción de éstas viven en condiciones de pobreza y pobreza extrema. (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, 2004). Dado que, México cuenta con una vasta diversidad en especies arbóreas y una gran riqueza de flora y fauna silvestre, los bosques mexicanos tienen una importancia clave por los productos forestales y servicios ambientales que proveen a la sociedad entera. Desgraciadamente, en la mayoría de las regiones forestales del país se presentan señales graves de deterioro y deforestación. Según la OECD, México tiene uno de los índices más altos de deforestación en el mundo, con un índice de pérdida de 1.1% anual. Asimismo, según el Inventario Nacional Forestal, alrededor de 770,000 hectáreas de bosque se perdieron entre 1993 y 2000.

A esta precaria situación actualmente se suma una crisis del sector forestal que está causando una disminución en la producción forestal, pérdidas económicas y reducción en la creación de empleos. Esta crisis puede tener consecuencias funestas tanto para el recurso forestal como para la población que lo habita. (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, 2004)

## 2.2 Antecedentes.

### 2.3.1 Cubierta forestal de México

Aproximadamente, el 70% del territorio mexicano es de aptitud preferentemente forestal (CONAFOR, 2002). De acuerdo a datos del Instituto de Geografía de la UNAM, para el año 2000, México posee una superficie forestal de bosques y selvas de 63,584,000 hectáreas (63,585,587, estimadas por el INEGI en el mismo año). De esta superficie, 107,123 son predios, de los cuales el 80 % es propiedad ejidal y comunal, el 15% particular y el 5% nacional (SARH, 1993).

Según datos otorgados por el Inventario Forestal Nacional del año 2000, los matorrales son el bioma mas importante por su extensión, ya que cubren cerca del 29% del territorio nacional, le siguen los cultivos (23%), los bosques (17%) y las selvas (16%). Del total de las superficies de tipos forestales, el 30% corresponde a vegetación secundaria asociada a algún tipo de vegetación original.

**Cuadro 2.1**

**Formación vegetal en México.**

<b>Formación</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Total</b>	<b>191 852 954</b>	<b>100.0</b>
Cultivos	45 687 017	23.8
Bosques	32 850 691	17.1
Selvas	30 734 896	16.0
Matorral	55 451 788	28.9
Pastizal	18 847 355	9.8
Vegetación hidrófila	2 082 584	1.1
Otros tipos de vegetación	6 198 623	3.2

Fuente: UNAM. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, número 43. *La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del Inventario Forestal Nacional, 2000.* México, D.F., 2000.

Hasta el momento, México cuenta con 124 áreas naturales protegidas, (más 5 que se encuentran en proceso de recategorización y redelimitación) de las cuales 66 se encuentran dentro de la categoría de Conservación de ecosistemas y turismo (de acuerdo a las categorías de la UICN), 31 están bajo protección estricta y otras 22 dentro de las áreas de

Conservación de Paisajes Marinos y Recreación. Los tipos forestales presentes en estas áreas naturales son preponderantemente matorrales, selvas y bosques. (Unión Mundial para la Naturaleza, 2002).

En el 2003, el país pasó del 11° lugar (CONAFOR, 2000) al 14° lugar mundial en superficie forestal con 142 millones de hectáreas (de las cuales solo 56 millones corresponden a bosques y selvas) y al cuarto lugar entre los países considerados como megadiversos, concentrando entre el 10 y el 15 por ciento de las especies de flora y fauna del planeta (Tercer Informe de Gobierno, México 2003). También se localiza en el cuarto lugar respecto al número de especies de plantas, el primer lugar en especies de pinos, el quinto en mamíferos y el primero en endemismos de reptiles (SEMARNAP, 2003).

Con relación a la riqueza de especies, el tipo forestal con mayor número de especies (considerando briofitas, pteridofitas, plantas vasculares, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) es el bosque seguido por las selvas y matorrales. (Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques, 2002).

**Cuadro 2.2**

**Riqueza de especies de los tipos forestales**

<b>Tipos Forestales</b>	<b>Número de especies</b>	<b>Porcentaje</b>
Bosque	11,573	35,0
Selva	9,038	27,3
Matorral	4,287	13,0
Pastizal	3,048	9,2
Plantaciones	1,703	5,2
Otros Tipos de Vegetación (vegetación de desiertos arenosos, vegetación halófila, vegetación hidrófila y palmar)	1,722	5,2
Cuerpos de agua	1,438	4,4
Áreas sin vegetación aparente	240	0,7
<b>Total</b>	<b>33,049</b>	

Fuente: Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques, 2002.

Notas:

- 1) No se incluyeron aquellas especies que pueden localizarse en terrenos dedicados a actividades agropecuarias y zonas urbanas.
- 2) El número de especies de plantas puede estar sobreestimado ya que se incluyeron sinonimias.

### 2.3.2 Deforestación.

En los últimos 40 años la deforestación y degradación de ecosistemas forestales en México ha sido uno de los problemas más graves del país. Las tasas de deforestación reportadas para la década de los ochenta y el primer lustro de los noventa varían entre 370 mil y 1.5 millones de hectáreas, dependiendo de la metodología utilizada por los diferentes autores. Las cifras que se han considerado más confiables y que pueden ser metodológicamente comparables con las de otros países del mundo son las reportadas por la FAO, que para 1995 estimó una pérdida anual para México de 678 mil hectáreas por año; las reportadas por el Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (2002) de 1 millón 206 mil hectáreas perdidas en el 2000; y las reportadas por SEMARNAT para el 2001 de 1 millón 127 mil 845 hectáreas. “En los últimos siete años la tasa de deforestación que anualmente se registraba en México se ha duplicado, convirtiendo al país en el segundo a nivel mundial, después de Brasil, en problemas de deforestación” (SEMARNAT, 2001).

En el año 2000, la SEMARNAT elaboró el Proyecto de Evaluación del Estado Actual de la Cobertura Forestal, los resultados de este proyecto mostraron que las tendencias de la tasa nacional de deforestación entre 1993 y 2000 aumentaron considerablemente. El proyecto también señaló que durante el periodo comprendido entre las décadas de los setenta y ochenta, el reparto de los antiguos terrenos nacionales que existían en los estados del sur y sureste del país (tales como Chiapas, Veracruz, Tabasco y Quintana Roo) ocasionó la pérdida de millones de hectáreas; y por tanto fue un periodo de desaparición acelerada de las selvas tropicales. La colonización de esas tierras se basaba en la activa promoción oficial de programas agropecuarios, que buscaban “hacer llegar la frontera agrícola hasta el mar”. En los estados del centro, con alta densidad de población, la deforestación se asoció al crecimiento de la población y la apertura, mediante la aplicación de técnicas de la revolución verde, de numerosas áreas montañosas al cultivo. (Merino & Segura, 2002).

Las consecuencias de estos procesos de pérdida de vegetación son cada vez más obvias y en ocasiones desastrosas. Las políticas de desarrollo rural que han fomentado la sustitución de la cobertura forestal (primaria) por otro tipo de coberturas de mayor producción a corto plazo (cultivos y pastizales inducidos), pero de bajo rendimiento a mediano y largo plazos son las causas principales de la deforestación. Ante esta perspectiva se hace urgente contar con estimaciones precisas de las tasas de deforestación en aras de identificar qué se pierde y en dónde ocurre para poder definir estrategias encaminadas a reducir la drástica pérdida de los bosques y todo el bagaje genético que albergan (Challenger, 1998; Velásquez et al, 2002).

**Cuadro 2.3**

**Deforestación.  
Tasas de cambio anual (Período: 1976-2000, miles de hectáreas).**

<b>Formaciones</b>	<b>1976 (ha)</b>	<b>%</b>	<b>2000 (ha)</b>	<b>%</b>	<b>Cambio (ha)</b>	<b>Cambio %</b>	<b>Tasas de cambio</b>
Bosques	352	18.21	331	17.13	-21	-1.08	-0.25
Selvas	378	19.56	314	16.25	-64	-3.31	-0.76
Matorral	607	31.41	561	29.03	-46	-2.38	-0.33
Total	1337	69.20	1206	62.42	-131	-6.78	
<b>Total</b>	<b>1 932</b>	<b>100</b>	<b>1 932</b>	<b>100</b>			

Fuente: Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques, 2002

Las selvas, los matorrales y los bosques son las formaciones propiamente forestales que tienen las mayores tasas de cambio anual (0.76, 0.33 y 0.25, respectivamente) y por lo tanto son las mayores superficies de pérdida, por lo que las acciones para el mejoramiento de los recursos deberán estar orientados específicamente hacia estos biomas.

**Cuadro 2.4**

**Estados más afectados por deforestación, 2001.**

Estados	Deforestación	
	Bosques (%)	Selvas (%)
Campeche	100	-
Hidalgo	9.76	20.49
Nayarit	8.65	-
Querétaro	-	30.21
Tabasco	58	20.71
Veracruz	9.64	22.38
Yucatán	-	35.21

Fuente: Raúl Arriaga. Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental de la Semarnat.

“Aproximadamente se pierden 60 mil hectáreas de bosques y selvas anualmente, lo cual significa que se pierde el doble de masa forestal y vegetal, principalmente debido a las actividades relacionadas con el cambio en el uso del suelo para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas: se han perdido más del 95% de los bosques tropicales húmedos (incluyendo selvas perennifolias y bosques mesófilos), más de la mitad de los bosques templados y un porcentaje difícil de cuantificar de sus zonas áridas y desiertos naturales, pero que sin duda rebasa a la mitad del acervo original” (Dirzo, 2004).

**Cuadro 2.5**

**Estimación del porcentaje del área deforestada según la actividad de cambio de uso del suelo (miles de ha/año)**

Actividad	Bosque de coníferas	Bosque de encino	Selva alta	Selva baja	Total
Ganadería	28%	28%	58%	57%	49%
Agricultura	16%	17%	10%	14%	13%
Extracción de madera	5%	5%	2%	5%	4%
Incendios forestales	49%	47%	22%	7%	24%
Otros	3%	3%	7%	16%	10%

Fuente: Masera et al, (1996).

Las causas de la deforestación en México son variadas pero aquellas que se presentan en bosques y selvas, por ser estas las formaciones forestales mas afectadas, son de gran importancia:

**Cuadro 2.6**

**Causas de la deforestación en México**

Selvas	Bosques
<b>Causas estructurales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas de desarrollo rural</li> <li>• Problemas de tenencia de la tierra</li> </ul>	
<b>Causas específicas:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsidios directos / indirectos a la ganadería</li> <li>• Crisis de la agricultura temporal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Política Forestal</li> <li>• Crisis de la agricultura</li> </ul>
<b>Factores Puntuales:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión a potreros</li> <li>• Agricultura de roza, tumba y quema</li> <li>• Obras de infraestructura (explotación petrolera)</li> <li>• Presión de la agricultura comercial (cítricos, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clandestinaje de la madera</li> <li>• Incendios y plagas</li> <li>• Manejo “minero” del recurso</li> <li>• Presión de la agricultura comercial (aguacate y frutales)</li> </ul>

Fuente: Masera et al, (1996).

**2.4 Servicios Ambientales de los Recursos Forestales.**

Se define como servicios ambientales a las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas (incluyendo las especies y los genes) por medio de los cuales el hombre obtiene algún tipo de beneficio. Estos servicios mantienen la biodiversidad y la producción de bienes tales como alimento, agua, madera, combustibles y fibras, entre otros.

Los servicios que proporcionan los recursos forestales son diversos, entre ellos la degradación de desechos orgánicos, la formación de suelo y control de la erosión, fijación del 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, secuestro de dióxido de carbono y muchos más.

Sin embargo, varias son las actividades humanas que alteran los procesos naturales, en la mayoría de los casos su remedio es muy costoso e incluso imposible. En este sentido, se deben tomar medidas que prevengan los daños. Cairns (1995) propuso como medida la asignación de valor de uso y no uso a los servicios, para lo cual en principio, se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) los servicios ecológicos son tan importantes para la supervivencia humana como los servicios tecnológicos;
- b) reemplazar los servicios naturales con tecnología equivalente (sistemas tecnológicos) es un esfuerzo muy grande y costoso;
- c) el mantenimiento del planeta es imposible sin los servicios ecológicos;
- d) la cantidad de servicios ambientales *per cápita* puede incrementarse por medio de la restauración ecológica de ecosistemas dañados.

Al margen del potencial maderable, los bosques mexicanos ofrecen una amplia gama de servicios y beneficios ambientales, los cuales en su mayoría, no se encuentran cuantificados. Los servicios forestales que han sido cuantificados, son derivados de la recreación y el turismo; los cuales están en gran medida en manos de empresas privadas debido a su potencial lucrativo. Es importante señalar, que los principales proveedores de dichos beneficios económicos son el paisaje, la recreación y la naturaleza. Si embargo, en un futuro próximo cuando el mercado de carbono cobre importancia, el secuestro del mismo podría ser uno de los productos más importantes del bosque; pues se establecerá un precio y las empresas que emiten gases de efecto invernadero podrán comprar bonos de

reducción de carbono. Actualmente no existe el mercado abierto para este proceso comercial; sin embargo, la fijación y secuestro de carbono en el bosque por las actividades forestales posibilita la obtención de financiamiento de los países del Norte para proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio que permiten el intercambio de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) entre estos países desarrollados y países en desarrollo como México.

## 2.5 Sector Forestal en México.

El sector forestal de México es un sector parcialmente estudiado y explotado de forma legal y sustentable. Los bosques, además de ser importantes para el hábitat del ser humano son un recurso económico importante, ya que de ellos se extraen diferentes productos que participan en las economías locales, nacionales e internacionales; como materias primas o como productos finales. Sin embargo, no se cuenta con las políticas, estudios, tecnología y mano de obra especializada, para su adecuada explotación.

De las 56.8 millones de hectáreas forestales arboladas, que representan la tercera parte del territorio nacional, tan solo 21 millones de hectáreas, es decir el 37%, tienen la capacidad de ser usadas con propósitos comerciales, sin embargo, de esta superficie sólo se aprovechan apropiadamente unas 7.1 millones de hectáreas (33%), las cuales aportan alrededor del 1.83% del Producto Interno Bruto Nacional (CONAFOR y el Inventario Nacional Forestal Periódico, 2000).

Las principales especies maderables existentes en el país, tanto por las superficies que cubren, como por su importancia económica, son las pertenecientes a los géneros *Pinus* (pinos) y *Quercus* (encinos), de las cuales se obtiene, en términos de volumen, aproximadamente el 80% y 5% de la producción nacional maderable, respectivamente. Los bosques y selvas del país cuentan con un volumen total de madera de 2,803 millones de metros cúbicos en rollo ( $m^3r$ ), de los cuales el 65% corresponde a bosques y el 35% a selvas. Los estados con mayor volumen de madera son Durango (422 millones de  $m^3r$ ), Chiapas (308 millones de  $m^3r$ ), Oaxaca (291 millones de  $m^3r$ ), Chihuahua (270 millones de

m<sup>3</sup>r) y Jalisco (209 millones de m<sup>3</sup>r). De incorporarse toda la superficie potencial al manejo, se producirían anualmente alrededor de 30 millones de metros cúbicos de madera, de los cuales el 38% podría provenir de coníferas, 32% de especies tropicales y 30% de encinos y otros árboles latifoliados (Semarnat, 2000).

En lo que respecta a los recursos no maderables, estos se encuentran en todas las regiones forestales de México. En los ecosistemas de clima templado, se presenta la mayor producción de dichos bienes, representando el 54% del total nacional, seguidos consecutivamente por las zonas áridas y las zonas selváticas en donde se concentra el 32% y el 14% de la producción nacional de recursos forestales no maderables. Existen siete categorías de recursos no maderables: resinas, fibras, ceras, gomas, rizomas, tierra de monte y otros productos. Sin embargo, otros productos no maderables con potencial económico no se encuentran categorizados de forma individual, tales como las plantas medicinales. Por lo menos 1,200 especies de éstas, integran los catálogos, formularios y listados que manejan grupos étnicos, médicos tradicionales, distribuidores mayoristas y herbolarios en todo el territorio mexicano (SEMARNAT, 2000). Un estudio más completo acerca de los Productos Forestales No Maderables se podrá observar en el capítulo III.

### **2.5.1 Políticas de Manejo y Conservación.**

México ha formulado políticas, planes, programas e iniciativas que en conjunto, y con la participación de los dueños y poseedores de los recursos forestales y otros grupos de interés de la sociedad, deberán contribuir y alcanzar un manejo forestal sustentable.

En 1994, la administración forestal federal se incorpora al sector del medio ambiente, en la *Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)*. Con esta reubicación se busca incorporar la dimensión ambiental al sector forestal y vincularlo con otras áreas fundamentales para la gestión de los recursos forestales del país, como son la administración de la vida silvestre y de las áreas naturales protegidas. ([www.semarnap.gob.mx/](http://www.semarnap.gob.mx/)).

A partir del año 2001, la nueva administración federal asigna a los recursos agua y bosques una alta prioridad, considerándolos como temas de seguridad nacional. Con base en esta declaración, las instituciones federales con atribuciones y responsabilidades en administración forestal han sido reorientadas en un marco amplio de reingeniería del sector medio ambiente.

- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) formula y conduce la política nacional de desarrollo forestal sustentable y asegura su congruencia con la política ambiental y de recursos naturales, así como las vinculaciones con el desarrollo rural.
- La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) creada en abril del 2001, como organismo público descentralizado, tiene como objetivo desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de protección, conservación y restauración en materia forestal, como área prioritaria de desarrollo y podrá participar en la formulación de los planes y programas en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable y sus instrumentos ([www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)).
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) tiene como funciones inspeccionar, vigilar y estimular el cumplimiento de las leyes, normas y reglamentos ambientales.
- El Instituto Nacional de Ecología (INE), en el ámbito forestal, contribuye sustancialmente a elaborar instrumentos y mecanismo para la implementación de las políticas y programas del sector forestal, en aspectos técnicos, ecológicos, administrativos, económicos y sociales ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).
- La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) es una comisión intersecretarial encabezada por la SEMARNAT y tiene como mandato desarrollar un Sistema Nacional de Información de la Biodiversidad, promover y coordinar estudios e investigaciones y asesorar tanto a los sectores social, privado y gubernamental en materia de biodiversidad ([www.conabio.gob.mx/](http://www.conabio.gob.mx/)).

- La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, que constituyen un espacio de enlace entre la conservación de la naturaleza y el desarrollo de las comunidades locales ([www.conanp.gob.mx/](http://www.conanp.gob.mx/)).
- El Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) es una institución pública de investigación que tiene como objetivo el desarrollar las investigaciones que contribuyan a desarrollar y probar las metodologías, guías, procedimientos y paquetes tecnológicos que permitan mejorar la gestión forestal para alcanzar el manejo forestal sustentable ([www.inifap.conacyt.mx/](http://www.inifap.conacyt.mx/))
- El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2000-2006 y el Programa Estratégico Forestal 2025, establecen líneas y acciones estratégicas para garantizar el desarrollo sustentable de los recursos forestales, dentro de las cuales destacan: garantizar el uso sustentable, regular la salud integral del bosque y regular las plantaciones, forestaciones y reforestaciones (Tercer Informe de Gobierno, 2003).

La restauración de la cubierta vegetal, en aquellos terrenos degradados en los que la situación actual muestra la ausencia del equilibrio entre suelo y vegetación, pretende reintegrar las funciones protectoras de la cubierta vegetal sobre los suelos sometidos a procesos de degradación. Entre las acciones de mayor importancia para detener y revertir los procesos de degradación, destaca la reconversión de terrenos de vocación forestal, que actualmente tienen un uso agrícola o pecuario poco rentable y que presentan condiciones de suelos apropiadas para la reforestación o plantaciones comerciales.

Para contrarrestar la degradación de bosques y selvas y mejorar el nivel de vida de la población asentada en estas áreas, se llevan a cabo diversas acciones; por ejemplo, las realizadas por PRONARE, las cuales se desarrollan a través del Programa de Conservación y Restauración de Suelos, que contempla medidas para garantizar la salud y conservación de suelos en el manejo forestal. El Programa incluye la restauración de las superficies degradadas o erosionadas a causa de la deforestación ([www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)).

### 2.5.2 Economía Forestal.

En México, existen 56.8 millones de hectáreas que están cubiertas con alguna clase de bosque; sin embargo, de este total, 32.6 millones de hectáreas que corresponden al 23% de los bosques de México, están severamente perturbadas y fragmentadas (SEMARNAT, 2001). Por un lado, se tienen amplias zonas cubiertas de bosques naturales sin manejo técnico consistente, y por otro, la persistencia de una idiosincrasia que considera que los bosques son solamente los de coníferas (con una visión casi exclusivamente orientada al aprovechamiento de madera y si acaso resina), y un poco las selvas, dejando de lado otros tipos de vegetación forestal como los bosques fluviales, los manglares, las selvas bajas y los matorrales.

A partir de este contexto, los bosques han sido vistos como abastecedores de materias primas, particularmente de madera y sus derivados. Aunque las contribuciones al PIB del sector forestal mexicano son modestas (1.83 % anual) (CONAFOR, 2002), se estima que dan ocupación a más de 203,000 personas de manera directa y un tanto igual de manera indirecta (FIRA, 2003).

México cuenta con un gran potencial de recursos forestales maderables, sin embargo, de nuevo resulta paradójico que mientras, por un lado, la superficie forestal esta siendo severamente reducida; por otro lado, existe un bajo aprovechamiento del potencial de producción maderable (45 %), así como una baja utilización de la capacidad instalada de la industria forestal.

El volumen de la producción de madera ha registrado un movimiento ascendente en el periodo 1995 – 2002, con un promedio anual de 6,676.250 m<sup>3</sup> y un 8.4% de incremento sobre el volumen del año anterior al periodo señalado, de igual forma el valor maderable de la producción se incrementa en promedio anualmente el 24.1%. De este análisis se desprende que no tiene el mismo comportamiento la producción que el valor de productos maderables en México; por su parte el comportamiento del valor se muestra de una manera atípica y depende en mayor medida de otros factores diferentes al volumen de producción

de madera. En su nivel más bajo, el volumen de producción superó los 6.3 millones de m<sup>3</sup> y en su nivel mas alto, la producción osciló en los 9.4 millones de m<sup>3</sup>.

En el mismo período, la producción y el valor de los productos forestales no maderables totales en el país, tuvo un comportamiento ascendente, salvo la caída de la producción de los años 1996, 1997 y 1998, situación que se reflejó en una mayor apreciación de los escasos productos forestales no maderables de esos tres años; sin embargo, el volumen de producción promedio anual fue de 146, 591 toneladas y el valor promedio anual fue de 203.5 millones de pesos; asimismo, la tasa promedio de crecimiento anual de la producción fue del 21.8%. En su nivel más bajo, el volumen de producción de 1996 fue de 83,366 toneladas y en el nivel más alto la producción de forestales no maderables del año 2000 fue de 237,043 toneladas.

El sector forestal mexicano esta pasando por una grave crisis económica. uno de los indicadores claros es la fuerte tendencia de caída de las exportaciones y aumento a las importaciones. La balanza comercial en productos forestales en 1997 era superavitaria en 100 millones de dólares, sin embargo, el saldo negativo de la balanza comercial de la cadena forestal se ha incrementado de forma sostenida, en el 2000 el déficit comercial ascendió a 3,861 millones de dólares americanos, y para el cierre del 2003 se estimo que la balanza sea deficitaria en más de 600 millones de dólares. Además, el déficit de la cadena forestal representó el 48% del déficit de la balanza comercial del país.

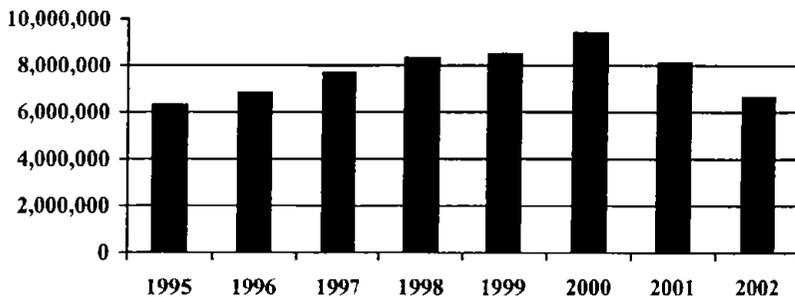
Mientras el consumo interno sigue al alza de manera sostenida, la producción nacional cae dramáticamente de 9 millones de metros cúbicos de madera en el 2000 a 7.4 en el 2002. El promedio del consumo nacional anual en el periodo 1995-2000 fue de 13,382.2 millones de m<sup>3</sup>, que en comparación con la producción media anual de madera se observa un déficit del 41.3% en la producción nacional.

Las cifras de los anuarios estadísticos 2001 y 2002, elaborados por la SEMARNAT, muestra una clara evidencia del proceso de crisis en que se encuentra el sector forestal y

echan abajo cualquier visión triunfalista; la producción nacional se desploma a los niveles del 1996, mientras el consumo interno de productos forestales y las importaciones continúan en ascenso.

**Grafico 3.1**

**PRODUCCIÓN NACIONAL FORESTAL (M3r)**



Fuente: Cifras del Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1995-2002. SEMARNAT

Como se observa en la gráfica, en el sexenio pasado, a partir de 1997 se empieza a dar un ligero repunte de la producción forestal nacional y en un lapso de 3 años se pasa de 7.9 millones a poco más de 9 millones de metros cúbicos en el año 2000. El crecimiento de la producción en ese breve periodo de tres años parece explicarse por las modestas inversiones que se hicieron a través del Programa para el Desarrollo Forestal y algunos otros programas de estímulos a los productores, sobre todo en elaboración de programas de manejo que permitieron incorporar nuevas áreas al manejo forestal. Sin embargo el crecimiento del volumen de la producción del sector basado fundamentalmente en aumentar la superficie bajo manejo, no incidió en el incremento de la productividad de la cadena forestal ni hizo más competitivo al país, es decir, la vulnerabilidad del sector ante la competencia internacional se mantuvo.

En madera aserrada (cuadro 3.7) los volúmenes de importación crecen de manera acelerada y en apenas cuatro años pasan de 49 a 172 millones de dólares.

**Cuadro 3.7**

<b>Importaciones de México por país de madera aserrada (Millones de dólares)</b>						
<b>País</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>Variación (%)</b>
Estados Unidos	37	47	58	58	66	78
Chile	0	0	10	27	46	360
Perú	2	6	9	16	20	900
Canadá	1	4	7	10	13	1200
Brasil	2	2	10	9	11	450
Bolivia	4	2	3	5	6	50
Venezuela	0	0	0	2	6	200
Otros	3	1	2	3	3	0

Fuente: Banco de México

El incremento de las importaciones de productos forestales ha puesto en crisis el sector forestal en México, provocando la caída de la producción nacional. Lo cual ha causado una desarticulación de la cadena productiva nacional desde el mismo manejo sustentable de los montes, generando una cadena de efectos negativos en los ámbitos social, económico y ambiental.

En resumen, la problemática de los bosques mexicanos encara diversas variables que es necesario observar en cuanto a su origen y problemática. Por lo que, factores diferenciales como el técnico, el social, el ambiental, el económico y el político, tienen que ser considerados a trasluz del intercambio comercial, sobretodo el que realiza México con Canadá y Estados Unidos (TLCAN). Por otra parte, hay que insistir en la visión reduccionista del mercado, que sigue considerando al bosque sólo como productor de bienes (principalmente madera), dejando de lado su valor estratégico en el mantenimiento de servicios ambientales como la producción de agua y el control de desastres (inundaciones, regulación climática, etc.), inercia que hay que vencer dentro de la política económica y forestal del país

Asimismo, se puede sugerir que los cambios estructurales propuestos por el estado mexicano no han respondido de manera completa a las necesidades del sector, esto se ve reflejado en el incremento de las importaciones de productos forestales y el creciente déficit en la balanza comercial que se tiene con Estados Unidos. Por supuesto el contexto en que se desarrolla la producción mexicana, sugiere la necesidad urgente de desarrollar políticas integrales para la protección, conservación y restauración de los recursos forestales, esto como una estrategia de vital importancia para el país, pues ofrece oportunidades futuras aun mayores a las que podría ofrecer el petróleo, ya que su valor económico estará en breve más en función de los servicios que provee como la recarga de los acuíferos, producción de agua, control de inundaciones y depuración de contaminantes atmosféricos.

Por último, aunque diferentes opiniones sugieren que las principales causas motoras de la destrucción de los bosques son los incendios, el cambio de uso del suelo forestal a tierras de laboreo, las plagas y enfermedades y la tala clandestina. estas son sólo consecuencias de otros problemas estructurales, políticos, normativos, educacionales y sobre todo económicos. En suma, el modelo económico actual no acrecienta el capital humano, sino que lo merma, y por lo tanto debe reflexionarse sobre la necesidad de diseñar nuevos esquemas de comercio, que hagan al mercado, un servidor de la sociedad, no su amo (Vélez et. al, 2004).

### **2.5.3 Perspectivas**

En el 2004, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) integró en el Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales tres subprogramas: Reforestación, Suelos y Sanidad, con la finalidad de generar mejores resultados en las áreas forestales restauradas y conservadas, así como llevar a cabo una mejor distribución y mayor control en el ejercicio presupuestal. Algunas de sus metas más destacables son:

- Asegurar el establecimiento de 170,00 ha de reforestación con la participación de los tres órdenes de gobierno y de la sociedad, con una meta de sobrevivencia de 55% y una inversión federal de 300 mdp.
- Consolidar el proyecto piloto de siembra aérea de especies nativas con semilla peletizada en áreas degradadas o afectadas por incendios forestales.
- Apoyar la incorporación de 1'200.000 nuevas hectáreas de bosques al aprovechamiento sustentable con una inversión de 335 mdp para elevar la productividad forestal y la calidad de vida de los poseedores o propietarios de los recursos.
- Impulsar 300 proyectos de plantaciones forestales comerciales en 58,000 ha, con una inversión de 284 mdp, para generar empleos, abastecer a la industria nacional y quitar presión al bosque natural.
- Disminuir a un máximo de 29 ha la superficie afectada por incendio con una inversión de 100 mdp de recursos federales. con participación de los tres órdenes de gobierno y de los dueños y poseedores de recursos forestales.
- Incorporar al Pago de Servicios Ambientales 160,000 hectáreas, beneficiando directamente a 30,000 habitantes de zonas forestales, con una inversión de 400 mdp, para garantizar la conservación en el largo plazo de los bosques involucrados.
- Concluir y publicar el Programa para la Competitividad del Sector Forestal por la Secretaría de Economía, para lograr que la actividad forestal contribuya al bienestar de la población en un mundo globalizado.
- Impulsar la educación, capacitación y asistencia técnica de 36,000 productores de regiones marginadas con vocación forestal, en el marco del Prodefor.
- Iniciar el proceso de descentralización de atribuciones, recursos y responsabilidades a las entidades federativas de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Realizar la primera etapa del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2006, con una inversión de 30 mdp e iniciar la integración del Sistema Nacional de Información Forestal con una inversión de 5 mdp.

### III. LOS PRODUCTOS FORESTALES NO MADERABLES (PFNM) EN MEXICO.

#### 3.1 Concepto e Importancia.

En la Consulta de Expertos sobre PFNM celebrada en Tanzania en octubre de 1993, se propuso que a los Productos Forestales No Maderables se les llamase *Beneficios Forestales No Madereros* y que se les definiera como "Todos los productos y servicios vegetales y animales, excluida la madera rolliza industrial y la madera para energía, derivados de los bosques y otras tierras forestadas y de árboles fuera del bosque".

Cuadro 3.1

**"Bosques y otras tierras forestadas y árboles fuera del bosque", conceptos.**

<b>Bosque y otras tierras forestadas:</b>	<b>Árboles fuera del bosque:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tierra que contiene árboles naturales o pantanos, ya sea productiva o no, y que excede las 0.5 ha en extensión. Incluye áreas ocupadas por caminos, pequeños claros y otras áreas abiertas dentro del bosque que constituyen una parte integral del mismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Tierra cultivable:</i> Árboles en sistemas agroforestales en setos vivos y cercos limítrofes.</li> <li>▪ <i>Pastizales y pasturas permanentes:</i> Árboles esparcidos, pequeñas áreas reservadas para bosques de menos de 0.5 ha.</li> <li>▪ <i>Cultivos permanentes:</i> Cultivos de árboles tales como cancho y coco, huertos de árboles frutales, árboles de sombra y árboles para cercos.</li> <li>▪ <i>Otras tierras:</i> Árboles en parques de la ciudad, calles, jardines, alrededor de edificios, árboles en setos vivos y en hileras, a lo largo de caminos, canales, vías férreas, ríos y arroyos, pequeñas áreas reservadas para bosques de menos de 0.5 ha.</li> </ul>

Fuente: FAO, 1995.

Los PFNM constituyen una colección de recursos biológicos que provienen de áreas forestales naturales, áreas forestales bajo manejo y de otras áreas boscosas (Peters, 1992, 1994). Entre ellos se incluyen una variedad de frutas, nueces, semillas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales y muchos otros productos que son específicos para las áreas donde son recolectados.

La recolección de PFNM puede ser oportunista, casual o planeada en expediciones específicas. La decisión de recolectar PFNM puede ser influenciada por: la urgencia de tener dinero, la ganancia, el tiempo disponible adicional a otras actividades, la probabilidad de obtener volúmenes significativos del producto y el esfuerzo requerido (De Beer y Mc Dermont, 1989).

El interés en los PFNM ha aumentado con la conciencia creciente sobre la deforestación de los bosques tropicales y el reconocimiento de la necesidad de aumentar valor a los recursos forestales para poder competir con otros usos de la tierra. Mientras algunos autores han señalado su importancia en el mercado mundial, para otros forestales, los PFNM siguen siendo considerados como bienes marginales, incapaces de competir con la madera y constituir una alternativa económicamente viable del uso de bosques tropicales y subtropicales (De Beer and McDermott, 1989).

Sin embargo, hablar de Productos Forestales No Maderables remite a un importante potencial tanto económico y alimenticio, como ambiental y cultural, que puede ser la base de modelos de aprovechamiento que contribuyan a la conservación de la biodiversidad, mediante la diversificación sostenible de las actividades productivas de las poblaciones locales. A través del manejo holístico de los PFNM se está haciendo un intento de mantener y sostener tanto al recurso como a sus usuarios; de contribuir al desarrollo sostenible o sustentable, conservar las áreas forestales y la biodiversidad, así como de promover empresas tradicionales y no tradicionales para mejorar las economías locales y diversificar la base económica de los pobres en las áreas rurales (Falconer, 1996, Wollenberg e Ingles, 1998).

### **3.2 Variedad de Productos**

Una clasificación universalmente aplicable de los PFNM representa un problema debido a la diversidad y superposiciones en cuanto a sus fuentes, propiedades, características y usos. Es posible hacer más de una clasificación, según los siguientes criterios:

- Por grupo de organismo del cual provienen los productos;

- Por partes específicas de plantas o animales que proporcionan los productos;
- Por propiedades (físicas y químicas) de los productos; y
- Por usos en la industria y el comercio.

Así mismo los PFSM se pueden dividir en varias categorías, dada la amplia variedad de productos que cubre dicho término, en el presente trabajo se considerará la clasificación de la Consulta Regional de Expertos sobre PFSM (celebrada en Tailandia en 1991 y en Tanzania en 1993) (cuadro 4.2), por su funcionalidad. Esta se basa:

- Según el propósito del uso (ej. alimento, medicina, usos espirituales y tradicionales, construcción etc),
- Según el tipo de PFSM cosechado (ej. hoja, fruta, tallo, resinas, corteza) y
- Según el nivel de uso (autoconsumo. comercial).

Los PFSM incluyen una variedad de productos que caen en las amplias categorías de importancia crucial en la vida diaria y bienestar de las comunidades locales para hacer frente a sus diversas necesidades de subsistencia, así como también para generar ingresos adicionales y empleo. Muchos rubros de estos productos tienen raíces sociales y culturales; así mismo algunos se encuentran entre los productos que se conocen solo localmente dentro de los sistemas tradicionales de uso, entre los más antiguos productos básicos comercializados y actualmente entre los productos novedosos y potencialmente comerciales.

Los PFSM proporcionan materia prima para apoyar a empresas de procesamiento, tales como aceites esenciales, resinas y productos farmacéuticos. Las unidades de pequeña escala se prestan para vínculos con unidades centrales de refinamiento y mayor procesamiento. Dicho procesamiento puede significar un considerable valor agregado, que en algunos casos puede contribuir al ingreso de divisas.

Cuadro 3.2

Clasificación de los PPNM	
<b>1</b>	<b>Productos</b>
<b>A.</b>	<i>Alimenticios</i>
	- para animales - para humanos
	Alimentos de origen vegetal: flores, cortezas, bulbos, raíces, nueces, hojas, verduras, forrajes, brotes, frutas, semillas, especias y saborizantes, hongos, brebajes, otros.
	Alimentos de origen animal: carne de animales del bosque, miel, huevos, insectos, nidos, peces, Caracoles, otros.
<b>B.</b>	<i>Medicinales y otros bioactivos</i>
	- Productos medicinales - Insecticidas - Toxinas - Estimulantes
<b>C.</b>	<i>Extractivos (distintos de A y B)</i>
	Gomas, resinas, látex, aceites fijos y esenciales, colorantes, taninos, goma, laca, anilinas, ceras, otros.
<b>D.</b>	<i>Otros animales y derivados (distintos de A, B y C)</i>
	- Animales vivos - Derivados: plumas, pieles, cuernos, dientes, cueros, seda, trofeos, estiércol, otros.
<b>E.</b>	<i>Otras plantas y derivados vegetales (distintos de A, B, C y D)</i>
	- Plantas ornamentales - Material para fabricación de artesanías, utensilios y artículos para el hogar, equipos agrícolas, cuerdas, juegos y componentes para casas: incluye coirón, fibra, corcho, bambú, junco, otros. - Material para envolver - Tallos para masticar - Hojarasca, tierra vegetal y paja
<b>2.</b>	<b>Servicios</b>
<b>A.</b>	<i>Ambientales</i>
	- Biodiversidad - Protección de suelos - Calidad y cantidad de agua - Efectos climáticos
<b>B.</b>	<i>Sociales y culturales</i>
	- Recreación: - No destructiva - Para consumo (pesca y caza)
	- Importancia histórica: - Valores espirituales y rituales - Valor cultural - Valor patrimonial

Fuente: FAO, 1995.

### 3.3 Los PFNM y la conservación

Los PFNM generalmente forman parte de la vegetación natural, es decir, de los ecosistemas de bosque, selvas y semidesiertos. Además, su presencia coincide a menudo con las áreas llamadas "de monte" o terrenos de uso común en ejidos y comunidades.

Si bien originalmente bajo la denominación de PFNM se hacía referencia únicamente a especies "silvestres" de recolección, dicho concepto se ha venido ampliando en la medida que se avanza cada vez más en el desarrollo de técnicas de domesticación, lo que incluye opciones de cultivo en vivero *in situ*, manejo de plantaciones bajo sombra en bosques secundarios o "acahuales", o bien, de manejo de poblaciones naturales (comúnmente conocidos como *manchones*), todo esto orientado mediante planes de manejo que recuperan conocimientos campesinos e involucran estudios científicos en ecología, agroforestería y socioeconomía.

A menudo, los productos no maderables pueden ser extraídos sin cortar los árboles ni destruir los bosques, por lo que son más "amigables" con el medio ambiente y de este modo su buen manejo puede ayudar a la conservación de la riqueza y variabilidad genética. Sin embargo, cuando llegan a adquirir importancia comercial, su extracción puede causar daño, a menos que exista un cuidadoso manejo y un marco legal pertinente. No obstante, los PFNM se pueden vincular estrechamente con las actividades que conforman un desarrollo forestal sostenible.

Dados los sitios en que se tienen los PFNM y las técnicas de manejo sostenible que se han ido generando en torno a ellos, su presencia está casi siempre asociada directamente con la conservación de los ecosistemas de bosques, selvas o semidesiertos. Por ello, el manejo de un PFNM puede mejorar el manejo de los recursos naturales en su conjunto y viceversa.

Esto se ve reforzado por el tipo de estrategias económicas familiares predominantes en el centro y sureste de México, caracterizadas por su amplia diversificación, las cuales implican que el manejo de los PFNM sea complementario y considere la relación de éstos con todos los demás recursos naturales presentes en el territorio. Así, manejar

adecuadamente los PFTM supone para los campesinos conservar los macizos vegetales y las relaciones con especies animales que permiten su reproducción y sobrevivencia. Un reto en el que deben participar tanto las comunidades como las agencias gubernamentales, los grupos científicos y las organizaciones vinculadas de cualquier forma con el desarrollo sostenible.

### **3.4 PFTM, Economía y Desarrollo Sustentable.**

En la Agenda 21 y Principios Forestales de la CNUMAD (1992), se ha identificado a los PFTM como un área importante que requiere una acción concertada con el fin de asegurar su potencial para contribuir al desarrollo económico y a la generación de empleo e ingresos de manera sustentable.

El logro de la conservación forestal sustentable (a través del uso) depende completamente de la habilidad de reconciliar la productividad del ecosistema con la explotación humana. A nivel mundial, las especies forestales, los servicios y los bienes son cosechados y utilizados por los habitantes locales. Sin embargo, el valor de la alta biodiversidad de los bosques tropicales, combinada con la coincidencia geográfica de áreas de alta densidad poblacional y/o alta presión de pobreza y dependencia de los recursos naturales confronta a la comunidad de conservacionistas con la de “facilitadores” del desarrollo en un desafío serio.

A finales de los años 80 y a los comienzos de los años 90, se propuso como tema de investigación, la cuestión de cómo los bosques tropicales podrían resultar económicamente atractivos para las poblaciones locales, a fin de desincentivar la deforestación (Nepstad y Schwartzman 1992, Padoch 1992, Plotkin, y Famolare, 1992). Se consideró a los PFTM como una de las mejores maneras de generar ingresos para pobladores locales a partir de los bosques (Melnyk, 1996; Ruiz-Perez y Byron, 1999). Desde entonces, la sustentabilidad de la extracción de los PFTM se constituyó en el tópico de un debate considerable, ya que se relacionaron intrínsecamente los objetivos básicos de la conservación y del desarrollo sustentable. Esto resultó en un movimiento global hacia la devolución del manejo de los recursos a las comunidades locales (Hobley, 1996).

Sin embargo, los enfoques recientes documentaron que las áreas más ricas en biodiversidad, consideradas como las más necesitadas de conservación, por su naturaleza propia tienden a ser caracterizadas por una menor cantidad de individuos que representan un rango mayor de especies; lo cual, no es lo ideal para la cosecha comercial, dificulta la recolección, y los rendimientos rara vez son viables económicamente. Por esa razón los bosques con biodiversidad limitada, densidades altas de plantas y una distribución de individuos en forma agrupada; subrayan la necesidad de generar información ecológica y socioeconómica de manera paralela (Neumann y Hirsch, 2001).

En ese contexto, las investigaciones socioeconómicas que contribuyen a un entendimiento mejor de las preferencias, redes comerciales, estructura y funciones de los mercados; son claves para diseñar el manejo práctico y conservacionista de los recursos o programas de desarrollo rural para especies comercializadas. El conocer cuáles especies son vendidas, con qué precios y en qué cantidades no es suficiente, es igualmente importante conocer dónde se encuentran las áreas tradicionales de recursos, el reconocimiento de recursos tanto tradicionales como potenciales, quienes están involucrados en la comercialización a lo largo de las cadenas comerciales (las cuales muchas veces son bastante complicadas), conocer cómo este proceso está organizado, cómo están ocurriendo cambios y cómo ocurrirán los cambios en la demanda y oferta en el futuro (Cunningham, A, 2001).

La biodiversidad muchas veces actúa como un “amortiguador” económico al suplir recursos biológicos alternativos según requerimientos o cambios en las preferencias del mercado (Koziell, 2001). Y a través de los PFNM la biodiversidad forestal juega un rol importante en el alivio de la pobreza de las comunidades marginalizadas y dependientes de los mismos. Los PFNM contribuyen a los medios de vida, incluyendo la seguridad alimentaria, salud, el bienestar y los ingresos (FAO; 1995, Falconer, 1996). En muchas partes del mundo, estos recursos son indispensables para los habitantes socialmente más marginalizados, quienes constituyen los actores principales en la extracción de los PFNM, pudiendo constituir la única fuente de ingresos personales (FAO, 1997; Rodda, 1993; Ros-Tonen, 1999).

Existe una necesidad urgente de re-direccionar los variados impactos negativos de la manipulación de los productos forestales y de cambiar el enfoque de ganancias a corto plazo hacia la prevención de la pérdida de los medios de vida de aquellos que dependen de la subsistencia o que obtienen ingresos del comercio de las zonas forestales. El papel de los PFNM a lo largo de los años ha variado significativamente, al aumentar la importancia de su cosecha y comercialización en gran parte del mundo. Con esta tendencia creció la importancia de captar la diferenciación de los impactos de comercialización, así como las implicaciones resultantes sobre los medios de vidas y bienestar rural, acceso a la conservación de los bosques y a otros recursos naturales.

### **3.5 Productos Forestales No Maderables en México.**

En México, estudios etnobotánicos y florísticos indican que, se utilizan alrededor de 1,000 productos no maderables (hojas, frutos, gomas, ceras, fibras, tierra, hongos, cortezas, entre otros), los cuales se obtienen de un gran número de especies distribuidas en los diferentes ecosistemas presentes en el territorio nacional. Se han identificado aproximadamente 5,000 plantas útiles y 215 especies de hongos, cifras conservadoras si se considera que en México existen alrededor de 30,000 especies de fanerógamas y de 120,000 a 140,000 especies de hongos (Rzedowski, 1992, Guzmán, 1995).

En contraste, cifras oficiales (SEMARNAP Y CONAFOR) indican el uso de aproximadamente 250 productos (hojas, frutos, rizomas, gomas, ceras, corteza, tierra, hongos y otros) forestales no maderables, de los cuales solo 70 son más comerciales y su aprovechamiento está sujeto a alguna forma de control. La gran mayoría de estos productos se obtienen por recolección, generan beneficios precarios y estacionales; y en algunas zonas representan la única fuente de ingresos de la familia campesina.

La información estadística de los PFNM es difícil de obtener debido a que no existe un sistema exclusivo para la recopilación de datos, estos se obtienen a través de la documentación forestal general, la cual no tiene un pleno control y continuidad, ocasionando con ello vacíos importantes de información.

La información existente que tiende a ser más continua contempla datos de resinas, fibras, ceras, gomas y rizomas; en cambio la de los llamados “otros productos”, tales como frutos, hongos, plantas medicinales, rattan y bejucos, es muy escasa, aunque son productos con un gran potencial comercial, que no han tenido importancia en la generación de estadísticas que permitan conocer su situación actual en la producción, comercialización y exportación, así como los beneficios generados con su cultivo. El aprovechamiento de los PFNM está ligado tanto al autoconsumo, como al comercio local e internacional, sin embargo la demanda del mercado internacional actualmente ha generado fuertes presiones por el control de calidad y la utilización de productos sustitutos.

Los PFNM que van desde el chicle y la resina hasta hongos, plantas ornamentales y medicinales, son muy importantes en México a pesar de que la mayor parte del comercio de los mismos permanecen en el sector informal. Si embargo, algunas estimaciones sugieren que el valor económico total de estos productos podría llegar a exceder el valor de los productos maderables y su aprovechamiento podría crecer sustancialmente sin efectos ambientales nocivos (FAO, 1995). En nuestro país actualmente se expiden autorizaciones para el aprovechamiento de alrededor de 85 PFNM, siendo los más conocidos la resina de pino, el chicle, el barbasco, la palma comedor, la pimienta, el orégano, la candelilla, la lechuguilla, los hongos silvestres y la tierra de monte. Dependiendo del producto por obtener, se aprovecha la raíz, el tallo, las hojas, secreciones, fibras y en ocasiones toda la planta.

Del potencial existente de los PFNM, sólo se utiliza una mínima parte, por lo que los programas de acción en la materia se deben enfocar principalmente al fortalecimiento de aquellas especies que actualmente se encuentran bajo aprovechamiento comercial, e incorporar otras a un uso más intensivo con base en técnicas que garanticen la sustentabilidad de estas actividades.

Cuadro 3.3

<b>Tipo de ecosistemas y productos forestales no maderables con potencial económico</b>
---

Tipo de Ecosistema	Número total de especies	Especies útiles actualmente	Especies de uso comercial	Especies de uso doméstico y regional	Productos con alto potencial en desarrollo	Productos con alto potencial para desarrollar
Selvas	10,000	200	30	170	Pimienta Palma real Palma palapa Palma camedor Casalote	Chicle Barbasco Bambú Tepescohuite Memela (bejuco)
Bosque Templados-Frios	7,800	300	30	270	Resina de pino Hongo Blanco Heno Vara de perilla Musgo	Hongos Laurel Raíz de zacatón Nuez Pinglica
Zonas Áridas y semiáridas	2,200	450	25	425	Candelilla Lechuguilla Yuca Orégano Maguey	Jojoba Sábila Nopal Damiana Cortadillo Piñón
<b>Totales</b>	<b>20,000</b>	<b>950</b>	<b>85</b>	<b>865</b>		

Fuente: Semarnat, [www.semarnat.com](http://www.semarnat.com)

### 3.5.1 Cultivo

Tradicionalmente, no existía el cultivo de PFM ya que estos eran meramente colectados dentro de áreas forestales tales como bosques y selvas. Sin embargo, ha sido una experiencia común que, cuando un producto adquiere importancia comercial, su suministro proveniente de fuentes silvestres tiende a ser reemplazado por fuentes cultivadas, con el fin de controlar la producción, calidad y costos. La palma aceitera, el caucho, el café, el cacao y la pimienta son sólo unos pocos de los muchos productos forestales silvestres que han sido reemplazados en gran parte por la producción desde fuentes cultivadas. Se ha pensado que los impactos de la deforestación sobre los PFM pueden ser parcialmente prevenidos o

minimizados si se plantan como cultivos, esto sin embargo, por si solo no neutralizará todos los impactos de la deforestación. La domesticación de plantas que producen PFNM, que implica su mejoramiento genético y su crecimiento bajo prácticas de cultivo intensivo, a menudo se considera como un medio para asegurar la producción controlada y el éxito económico de la empresa. El cultivo intensivo puede efectuarse bajo sistemas de monocultivo, cultivos mixtos o agroforestales. No obstante ciertos productos no maderables pueden crecer artificialmente bajo la sombra de bosques y selvas naturales lo cual implicaría una productividad óptima y sostenida tanto de los PFNM como de las áreas forestales.

### 3.5.2 Cosecha

La cosecha de PFNM, tanto de fuentes silvestres como cultivadas, es diferente de la tala de árboles en términos del uso de herramientas y equipo, tecnología, preparativos de pre-cosecha, tratamientos de post-cosecha y necesidad de procesamiento intermedio. Normalmente la cosecha no involucra una planta o árbol entero, sino sólo partes de ellos, y el ciclo de la cosecha también varía desde unas pocas semanas para brotes tiernos, hasta períodos más largos en el caso de fruta madura o rizomas. Así mismo, la naturaleza de la cosecha varía desde la búsqueda, recolección, secado, extracción, etc., de los productos.

Las técnicas de cosecha varían considerablemente para los diversos PFNM, por ejemplo, las nueces comestibles involucran: recolectar, limpiar, secar y pesar; las fibras requieren: cortar las partes pertinentes de la planta (hojas, ramas), remover espinas y corteza dura, hervir, batir y separar las fibras, recubrir o tratar con productos químicos, secar y enfardar; para algunos látex implica: hacer incisión en el tronco del árbol, tratar con ácido para aumentar la exudación; recolectar el exudado crudo, hervir hasta alcanzar una consistencia pastosa, enviar en bolos o bloques para empaquetar y transportar; las semillas de achiote requieren: recolectar las vainas, secar, machacar, seleccionar, inspeccionar y fumigar; el caso de algunas plantas medicinales. la cosecha implica: sacar los tubérculos o rizomas, asegurándose que quede material reproductivo en la tierra, cortar, deshidratar, calibrar y empaquetar.

Los recolectores/extractores, en su mayoría, solo tienen conocimientos empíricos y experiencia personal y no están capacitados en métodos técnicos y administrativos. Por lo cual en muchas ocasiones el nivel de cosecha de varios PFNM es pobre y rudimentario, y cuando se enfrenta con demandas comerciales mayores y más regulares, ha tendido a ser derrochadora, destructiva e insostenible. El sistema de organización de cosecha de los PFNM se basa, principalmente en dos tipos:

- Recolección por la gente local bajo derechos extractivos, y, con algún tipo de auspicio o ayuda financiera por parte del agente comprador, y
- Mediante el empleo de mano de obra casual o contratada por aquellos que han obtenido derechos de recolección en arriendo.

Los recolectores de PFNM a menudo son explotados por intermediarios que controlan el acceso al mercado, o por quienes controlan el acceso al recurso. Por lo tanto, los recolectores no tienen incentivos adecuados para practicar una cosecha debidamente controlada y sostenible. Los cuidados post-cosecha son también deficientes en muchos casos, por lo cual existe una alta tasa de desperdicio. El desperdicio ocurre en términos cuantitativos y cualitativos durante la recolección, el transporte y el almacenaje.

### **3.5.3 Procesamiento**

El procesamiento primario y vertical de los PFNM agrega valor al producto, proporciona empleo local y ayuda a una mayor retención de su valor en el país de origen, sin embargo, este procesamiento orientado al mercado es altamente exigente en cuanto a calidad y confiabilidad de suministro. De esta forma, en la mayoría de los países en desarrollo, el procesamiento vertical sofisticado raramente se practica debido a la falta de tecnología, mano de obra calificada, experiencia en el manejo, mecanismos de inversión y comercialización, junto con una inadecuada información / conocimiento sobre recursos y desarrollo de recursos.

Este tipo de procesamiento utiliza una amplia gama de tecnologías y equipo: desde procesos semi-mecánicos o mecánicos con equipo fabricado localmente, hasta aquellos con

tecnología de procesamiento mejorada y equipos importados. Y las infraestructuras establecidas para producir, por ejemplo, preparaciones medicinales, productos farmacéuticos a base de productos fitoquímicos, y fragancias de aceites esenciales y artículos de consumo similares utilizando PFNM, se encuentran principalmente en los países más grandes y desarrollados.

En México la mayor parte del procesamiento de PFNM es para uso local, ya sea medicinas a base de hierbas o canastos de paja, se realiza en pequeñísimas unidades familiares, empleando personas con conocimientos empíricos o sin capacitación, que trabajan a jornada parcial. Son actividades de bajo retorno. Su supervivencia es poca, ya que tienden a ser abandonadas a medida que surgen oportunidades alternativas. Aquellos productos de unidades comparativamente más grandes y mejores que efectúan procesamiento primario para exportación, como el caso del polvo y pasta de achiote y otros aceites esenciales, son sometidos a un mayor procesamiento en los países importadores desarrollados.

Aunque es importante agregar valor al producto en forma local, el tratar de producir bienes de consumo sin una adecuada preparación o estudios, es un asunto arriesgado. En principio, existe la necesidad de vincular la producción a una fuente confiable de suministro de materia prima, así mismo, se debe vincular la producción al buen manejo de la fuente para no causar mayor destrucción si esta, está ligada a economías extractivas y suministro irregular. Siempre que exista una adecuada tecnología y capacidades, se puede contar con el potencial para instalar el procesamiento orientado a la exportación de PFNM, tales como extractos naturales y colorantes de buena calidad. Sin embargo, es necesario conocer las necesidades específicas del mercado, así como las especificaciones y estándares requeridos para el producto, antes de decidirse a emprender la producción orientada a la exportación.

La tecnología de proceso para plantas medicinales, por ejemplo, ayuda a aislar compuestos activos puros para la formulación de drogas y compuestos intermedios para la producción de drogas semi-sintéticas, y para preparar remedios corrientes (extractos, polvos, tinturas, entre otros).

### 3.5.4 Mercados y comercialización

En vista de la variedad de PFNM, que fluctúa desde frutas y alimentos hasta productos químicos aromáticos y fitofarmacéuticos, los mercados para estos productos muestran la correspondiente variedad: el trueque en la economía de subsistencia, los mercados locales de los pueblos, los mercados de las grandes ciudades (nacional) y los mercados internacionales. Algunos productos cubren la demanda global (por ejemplo, nueces y frutos comestibles, resina, etc.) y otros llegan a nichos específicos (“consumismo verde”; tipos especiales de miel y otros alimentos, productos químicos aromáticos, etc.). De igual modo algunos PFNM no se comercializan, sino que son recolectados y consumidos, de decir autoconsumo.

Existe una gran cantidad de vendedores involucrados en la venta de PFNM. Los comerciantes y mercaderes locales son los principales intermediarios que compran PFNM en forma barata de los recolectores; estos después los venden a otros niveles de compradores y vendedores en la ciudad, tales como procesadores y / o exportadores, o sus agentes a precios altos. Debido a la ausencia de organizaciones cooperativas de recolectores, a la no disponibilidad de información sobre mercados y precios, y a la falta de acceso a crédito y financiamiento para hacer frente a las necesidades operacionales, los recolectores están a merced de los intermediarios. Tradicionalmente, el suministro de PFNM ha involucrado redes de recolectores locales e intermediarios ligados por relaciones de largo plazo, a menudo basadas en el endeudamiento. Este es un sistema dominado por el intermediario, estimula la explotación, y no apoya el desarrollo sostenible. Para apoyar el desarrollo, es esencial que la comunidad de recolectores de PFNM reciban asistencia para formar cooperativas y vender sus productos directamente al procesador o exportador, a través de su organización, en base a contratos de largo plazo.

Los principales productos comercializados son frutas, hojas, palmitos, bolsas, canastos, materiales de construcción, carne y cueros, y plantas medicinales. Un estudio de la FAO (1995) identificó como comercialmente importantes a 116 artículos de PFNM, incluyendo 26 aceites esenciales, y considerando al grupo de plantas medicinales como un solo

artículo; la información disponible indica también que de 500 a 600 distintas plantas medicinales entran al comercio internacional.

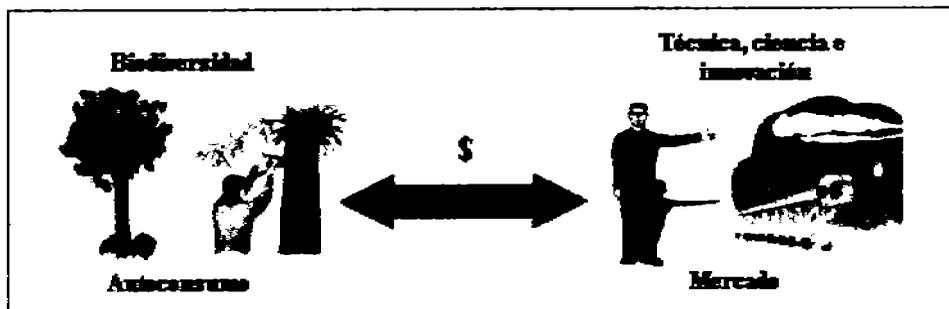
Las normas de calidad generales para productos comercializados internacionalmente son establecidas por la Organización Internacional de Normalización. Las normas de calidad y seguridad por parte de administraciones de alimentos y drogas, y grupos de protección al consumidor de los países importadores, a menudo son rígidas con respecto a artículos tales como extractos medicinales, productos fitoquímicos, colorantes y aditivos de alimentos, aceites esenciales y fragancias. Con respecto a grupos específicos de productos, existen federaciones internacionales que monitorean, entre otras cosas, las normas de calidad (por ejemplo, la Federación Mundial de Fabricantes de Medicina Patentada y la Federación Internacional de Comerciantes en Aceites Esenciales y Aromas).

A menudo las especificaciones de calidad, sanidad y seguridad, así como las normas de envasado, y la falta de conocimientos sobre las preferencias del consumidor, se transforman en barreras no arancelarias para muchos países para obtener acceso a mercados internacionales. Y no hay otra alternativa para hacer frente a esta situación que el mejoramiento de los estándares de producción.

Si se hicieran más eficientes y racionales tanto los canales de distribución y de comercialización, si se mejora la tecnología, y si se desarrolla un procesamiento adecuado para agregar valor en los países productores de PFNM, sin duda sería posible efectuar un cambio positivo en la situación, tanto ambiental como económica, en México. También es necesario desarrollar nuevos productos y nuevos usos para los que ya se conocen, así como asegurar un suministro sustentable de los mismos.

Imagen 3.1

**Canales de distribución, consumo y comercialización de PFNM**



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.5 Producción e Importancia Económica.

La información estadística de la producción forestal no maderable en México muchas veces resulta mínima e incompleta. Los PFNM comprenden una gran variedad de materiales, substancias y materias primas, sin embargo los registros son generales y solo destacan: resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas y otros productos (los cuales incluyen semillas, hojas, pencas, tallos, etc.; pero no incluyen tierra de monte). No existe información detallada y por tanto apropiada sobre la contribución de los PFNM a la economía nacional. De esta forma, los productos acabados obtenidos de los PFNM, como medicinas, pulpas, material de construcción, aceites comestibles y esenciales, tintes y pigmentos, fibras resinosas, gomas, etc., no son clasificados como PFNM en los catálogos nacionales e internacionales ni en los sistemas de contabilidad de comercio interior y exterior (FAO, 1995). Esto ha dado como resultado un negligente y escaso apoyo presupuestario para el desarrollo de este sector, que es especialmente vital para la economía rural y puede ser reforzador de la economía nacional.

Cuadro 3.4

**Producción Forestal No Maderable en México (Toneladas)**

Periodo	Total	Resinas	Rizomas	Fibras	Ceras	Gomas	Otros <sup>2</sup>
1986*	61 049	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1987*	73 204	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1988*	106 546	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1989*	74 088	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1990	194 702	33 306	389	7 238	2 230	449	151 090
1991	167 486	29 248	879	5 477	2 059	457	129 366
1992	148 688	27 396	474	4 157	1 580	421	114 660
1993	143 467	31 034	13	2 708	2 260	314	107 138
1994	111 346	36 731	0	1 963	1 789	393	70 470
1995	104 356	21 605	168	4 039	1 259	211	77 074
1996	83 366	20 633	227	3 017	1 832	209	57 448
1997	89 260	21 456	0	2 023	311	181	65 289
1998	95 962	24 469	0	3 618	1 134	76	66 665
1999	142 944	30 070	0	1 756	309	0	110 809
2000	237 043	36 281	0	454	5 779	12	194 517
2001	276 292	35 012	0	840	50	7	240 383
2002 <sup>3</sup>	143 509	35 781	281	1 135	392	11	105 908

\* Incluye: resinas, fibras, gomas, ceras, rizomas y otros productos (datos no incluyen tierra de asento).

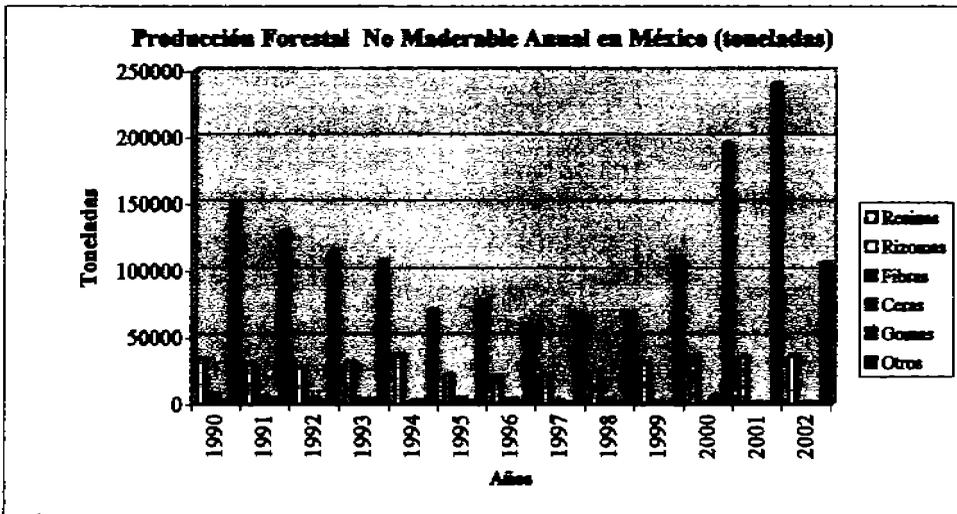
<sup>2</sup> Cifras preliminares

<sup>3</sup> Incluye semillas, hojas, pecanas, tallo y tierra de asento.

ND: No hay datos.

Fuente: Para 1986-1989; SEMARNAP. [www.semarnap.gob.mx](http://www.semarnap.gob.mx). Para 1990-1993; SARH. Compendio Estadístico de la Producción. 1989-1993. México DF. 1994. En INEGI. Para 1993-2002; INEGI. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

Gráfico 3.1

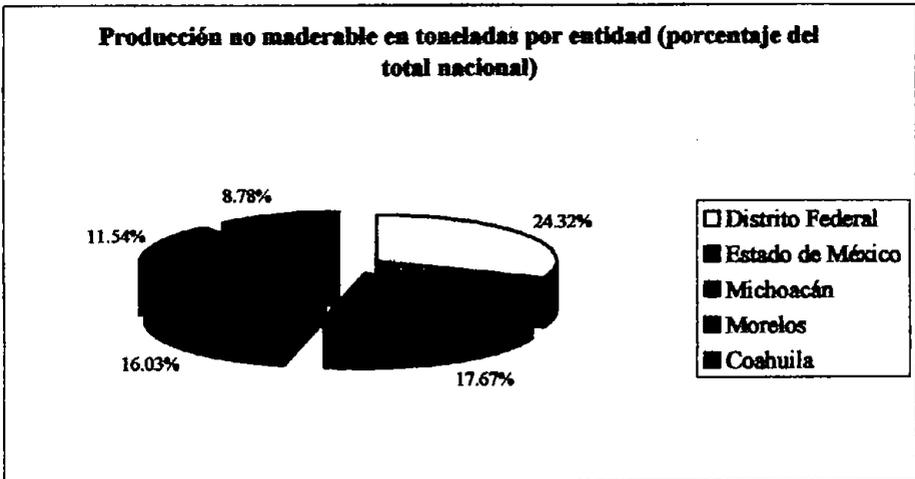


Fuente: Datos del cuadro 4.4.

Las resinas destacan en primer lugar, como producto en categoría individual, siguiendo en este orden la producción de fibras, ceras, gomas y rizomas. Sin embargo la categoría de “otros productos”, que incluyen semillas, hojas, pencas, tallos, etc.; produce en promedio porcentual, de 1990 a 2002, 29% más toneladas, que la categoría individual de resinas. De de 1993 a 2002, la producción anual de PFNM ha sido de 142,754 toneladas en promedio. Las variaciones anuales decrecieron de 1993 a 1996, observándose su crecimiento a partir de 1997 hasta el 2001 mostrando una variación de promedio anual porcentual del 32%, siendo el periodo 1999-2000 el de mayor crecimiento (66% de crecimiento respecto al año anterior). Sin embargo en el periodo 2001-2002 se observó un importante declive de la producción no maderable, siendo el - 48% el promedio anual porcentual.

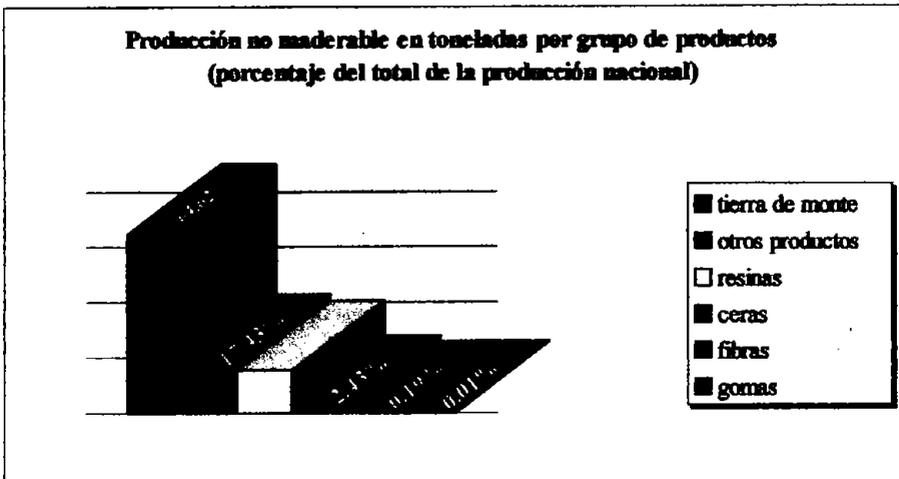
Según datos del Anuario Estadístico Forestal (2000), la entidad con mayor producción no maderable en toneladas es el Distrito Federal con 57,668 (24.32% del *total nacional* (TN) = 237,043 toneladas), por concepto de tierra de monte, sin embargo este tonelaje representa el 100% de la producción no maderable en la entidad; consecutivamente le siguen, Estado de México con 41,894 toneladas (17.67% del TN), por concepto de tierra de monte (99.16% del *total de la producción por entidad* (TPE)), resinas (0.74% del TPE) y otros productos (0.10% del TPE); Michoacán con 38,008 ton. (16.03% del TN), por concepto de resinas (93.41% del TPE) y otros productos (6.58% del TPE); Morelos con 27,378 ton. (11.54% del TN), por concepto de tierra de monte (98.80% del TPE) y otros productos (1.20% del TPE); y Coahuila con 20,822 ton. (8.78% del TN), por concepto de tierra de monte (96.93% del TPE), otros productos (2.11% del TPE), fibras (0.50% del TPE) y ceras (0.45% del TPE). Es importante hacer notar que las cinco entidades, anteriormente señaladas, representan el 78.36% del total de la producción nacional no maderable en el 2000 (Gráfico 3.2).

**Grafico 3.2.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico Forestal (2000).

**Grafico 3.3**

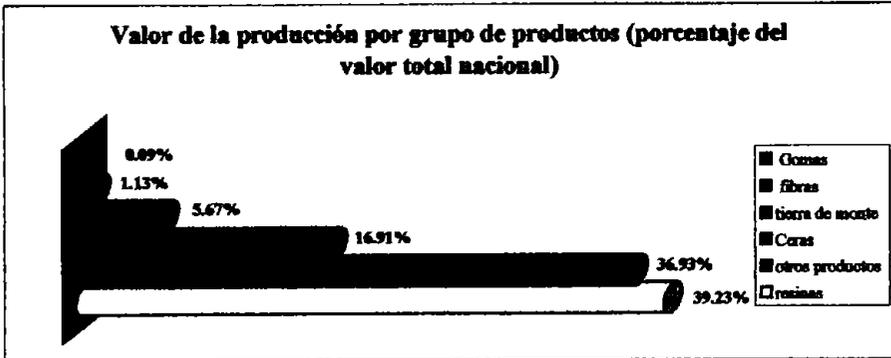


Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico Forestal (2000).

El grupo de productos más grande en México es la tierra de monte con 153,190 toneladas (64.62% del TN) y le siguen; otros productos con 41,327 toneladas (17.43% del TN); resinas con 36,281 toneladas (15.30% del TN); ceras con 5,779 toneladas (2.43% del TN); fibras con 454 toneladas (0.19% del TN); y gomas con apenas 12 toneladas (0.005% del TN) (Grafico 3.3). La entidad con mayor producción de Tierra de Monte es el Distrito Federal con 57,668 toneladas (37.65% del total nacional por grupo de productos (TNGP) = 153,190); otros productos, Zacatecas con 8,978 toneladas (21.72% del TNGP = 41,327); resinas, Michoacán con 35,507 toneladas (97.86% del TNGP = 36,281); ceras, Zacatecas con 5,685 toneladas (98.37% del TNGP = 5,779); fibras, Nuevo León con 201 toneladas (44.27% del TNGP = 454); y gomas, Campeche con tan solo 12 toneladas, que representan el 100% de la producción nacional por grupo de productos. Cabe destacar que la producción de rizomas es nula en México de 1997 al 2001.

El grupo de productos con mayor valor de la producción son las resinas con \$162,558,817 pesos mexicanos (39.23% de total del valor de la producción nacional no maderable, TVPNNM = \$414,366,531 pesos mexicanos), le siguen, otros productos con \$153,066,723 (36.93% del TVPNNM); Ceras con \$70,099,380 (16.91% del TVPNNM); tierra de monte con 23,532,189 (5.67% del TVPNNM); fibras con \$4,724,922 (1.13% del TVPNNM); y Gomas con \$387,500 (0.093% del TVPNNM) (Grafico 3.4). La entidad con mayor valor de la producción no maderable es Michoacán con \$172,296,125 pesos mexicanos (41.58% del TVPNNM); consecutivamente le siguen, Veracruz con \$99,150,360 (23.92% del TVPNNM); Zacatecas con \$71,814,012 (17.33% del TVPNNM); Estado de México con \$15,492,841 (3.73% del TVPNNM); y Baja California con \$14,421,630 (3.48% del TVPNNM). Las cinco entidades, señaladas anteriormente, representan el 90% del total del valor de la producción nacional no maderable.

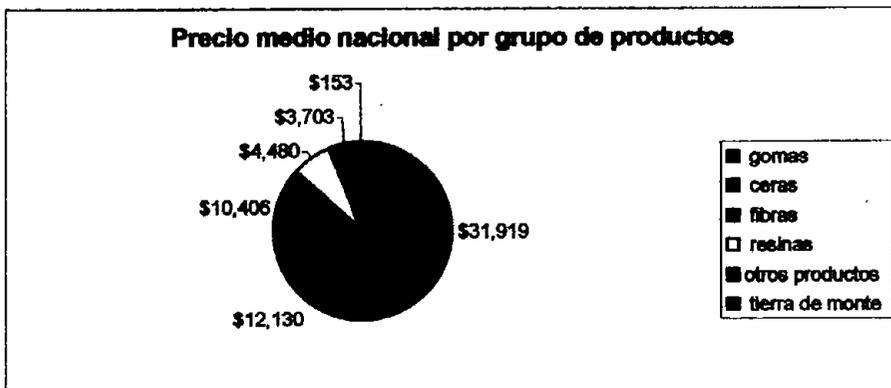
**Grafico 3.4**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico Forestal (2000).

El precio medio nacional (PMN) de la producción no maderable se presenta en pesos por tonelada y es calculado con base al precio l.a.b (libre a bordo) centro de acopio, este es un sistema de precios geográficos, donde el vendedor cotiza su precio de venta en la fabrica u otro punto de producción, en este caso en el centro de acopio; y el comprador paga todo el precio de transporte. Las gomas son el producto con el mayor PMN con \$31,919.28 p/t, consecutivamente le siguen, las ceras con \$12,130.08 p/t; las fibras con \$10,406.88 p/t; las resinas con 4,480.50 p/t; otros productos con 3,703.81 p/t; y finalmente la tierra de monte con \$153.61 p/t (Grafico 3.5).

**Grafica 3.5**

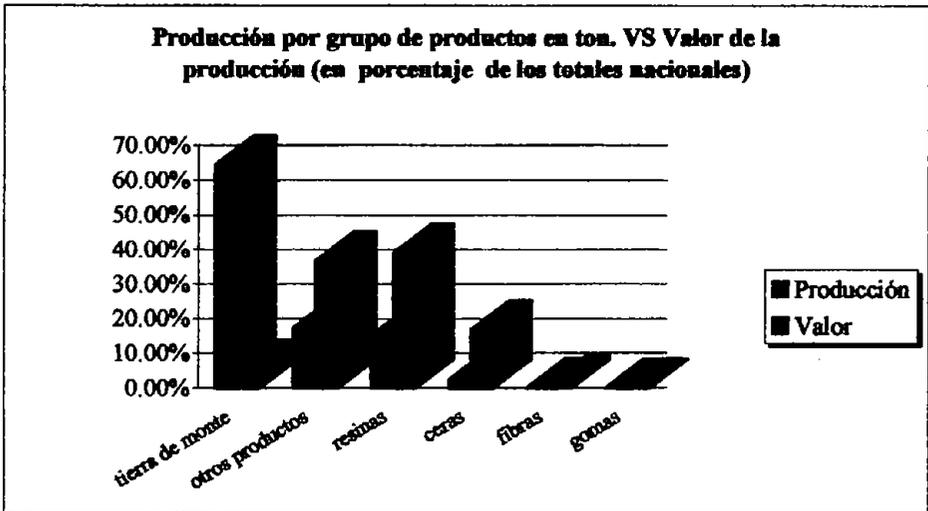


Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico Forestal (2000).

Además es importante resaltar que:

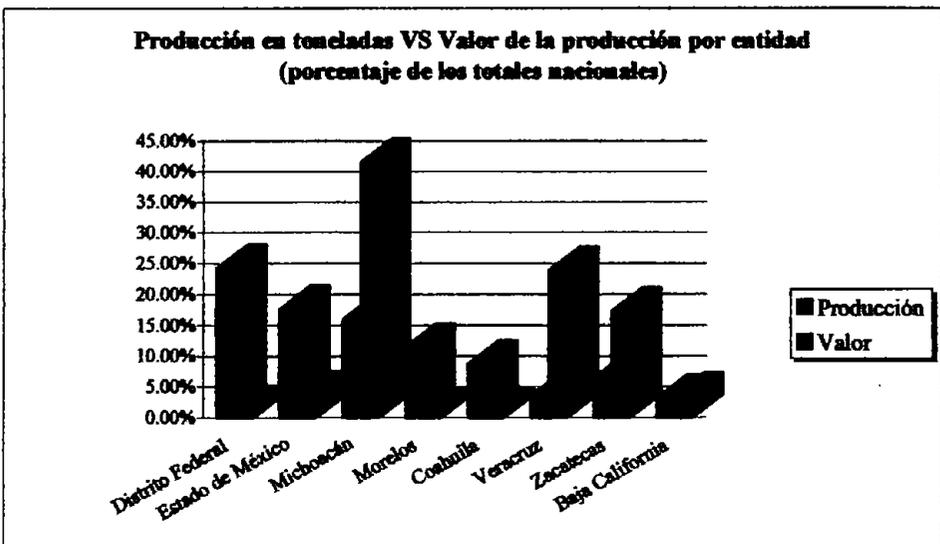
- La producción de tierra de monte representa el mayor porcentaje en el total nacional de productos no maderables por su tonelaje (64.62%), sin embargo su valor de producción constituye solo el 5.67% del total nacional. Las resinas y otros productos representan el 15.30 y el 17.43% de la producción total nacional por su tonelaje, pero su valor de la producción concentra el 39.23 y el 36.93%, del total nacional. De esta forma las resinas y otros productos, que incorporan en conjunto tan solo el 32.73% del total nacional de la producción no maderable en toneladas, contribuyen más a la economía nacional por su valor de producción el cual constituye en conjunto el 76.16% del valor total nacional de la producción forestal no maderable (Grafico 3.6).
- A pesar de que el Distrito Federal constituye la entidad federativa con el mayor porcentaje en la producción nacional no maderable en toneladas (24.32%), no representa la entidad con mayor valor de la producción, debido a que su único grupo de productos explotado es la tierra de monte, el cual personifica el grupo con menor valor de la producción en el país. Michoacán por su parte, representando el 16.03% de la producción nacional en toneladas, es la entidad federativa con mayor valor de la producción (41.58% del total nacional), generada por resinas y otros productos, es decir los dos grupos de productos con mayor valor de la producción en nuestro país. Cabe resaltar la importancia de Veracruz, esta entidad produce solo el 3.58% de la producción nacional en toneladas por entidad, sin embargo genera el 23.92% del valor total de la producción nacional, es decir, con tal solo una cuarta parte de producción en toneladas de Michoacán, genera la mitad del valor de la producción de la misma; y solo por concepto de un grupo de productos, denominado otros productos (Grafico 3.7).

**Grafico 3.6**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico Forestal (2000).

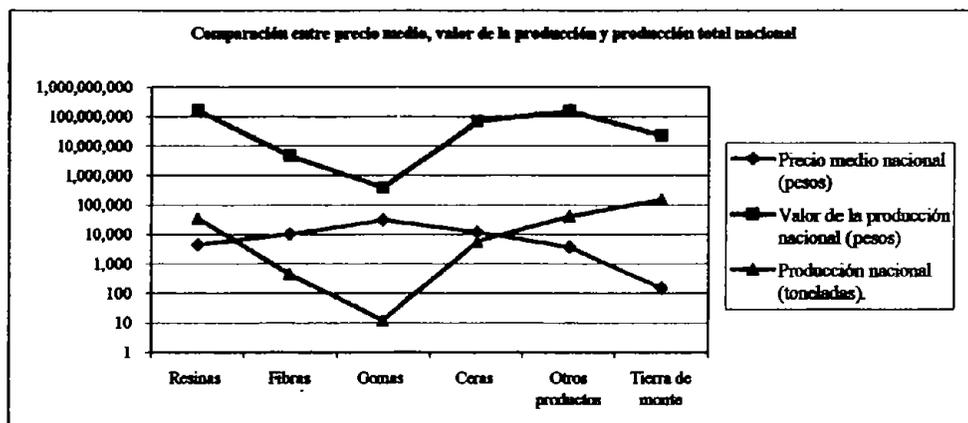
**Grafico 3.7**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico Forestal (2000).

- El precio medio nacional más alto corresponde a las gomas con \$31,919 pesos por tonelada, sin embargo su valor de la producción es mínimo, ya que solo se generan 12 toneladas en México. Le siguen los precios medios nacionales por concepto de ceras y fibras, \$12,130 y \$10,406 pesos por tonelada respectivamente; en el caso de las ceras su producción es de 5779 toneladas, lo cual las ubican en la cuarta posición de la producción nacional en toneladas y en tercero en el valor de la producción nacional. Sin embargo las fibras, a pesar de tener uno de los precios medios nacionales mas altos, debido a su mínima producción (454 toneladas) se ubican en el quinto lugar en el valor de la producción nacional. Las resinas por su parte ocupan el cuarto lugar en el precio medio nacional con 4,480 pesos por tonelada, sin embargo debido a su gran producción en toneladas (36,281) ocupan el primer lugar del valor de la producción nacional. La categoría de otros productos ocupa el quinto lugar en el precio medio nacional, pero genera aun más toneladas que las resinas (41,327) por lo cual ocupa el segundo lugar en el valor de la producción nacional. La tierra de monte tiene el menor precio medio nacional y a pesar de ser la categoría de productos con mayor tonelaje producido no constituye uno de los productos con mayor valor de la producción nacional (Grafico 3.8).

**Grafico 3.8**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico Forestal (2000).

Después de advertir la importancia existente dentro de la categoría de “otros productos”, cabe recalcar que éstos generan bienes tales como plantas medicinales y medicinas las cuales pueden aportar importantes beneficios, que al no estar cuantificados resultan en un escaso apoyo a este sector (PFNM) que es especialmente vital para la economía rural y puede ser reforzador de la economía nacional. Además, es importante resaltar la necesidad de investigación en el área de PFNM, tal como, por ejemplo, la identificación científica de ingredientes activos y valiosos, su suministro potencial de fuentes silvestres, etc.

Actualmente, en los mercados locales las plantas medicinales alcanzan un valor de entre \$50 a 350 pesos mexicanos por Kg. (Mercado Sonora, Jamaica y Central de abastos en la Ciudad de México).

**Cuadro 3.5**

**Precios máximos y mínimos de plantas medicinales, 2004.  
(Pesos mexicanos x kilogramo)**

<b>Precio / Mercado</b>	<b>Sonora</b>	<b>Jamaica</b>	<b>Central de abastos</b>	<b>Media</b>
<b>Mínimo</b>	45	57	48	50
<b>Máximo</b>	370	420	260	350

Fuente: Entrevista con los comerciantes, Julio 2004.

Nota: Solo se sondearon los precios máximos y mínimos por kilogramos de planta medicinal, no importando la especie.

En el mercado internacional de hierbas al norte de México, el precio de un ingrediente medicinal es en promedio de US \$41 (465 pesos mexicanos) por Kg. El comercio informal de plantas ornamentales es también importante. La palma comedor por sí sola genera cerca de US \$20 millones a los mercados locales. Muchas de las semillas y hojas consumidas en los Estados Unidos provienen de lugares silvestres de México, y muchas otras especies son recolectadas en el campo y embarcadas a otros países (Garfias S., R., R. Carmona C and J.A. Cabello. 1995).

Se ha estimado que los bosques templados mexicanos con aproximadamente 613 especies de plantas útiles, podrían generar 1.17 millones de toneladas de biomasa, con un valor de mercado de \$528 millones dólares norteamericanos y los bosques tropicales con 574 plantas usadas localmente, podrían generar 1.6 millones de toneladas de material vegetal

con un valor comercial de \$729 millones de dólares al año en el mercado regional. A pesar de que los precios de mercado están reflejados a través de pequeños volúmenes comercializados, resalta la importancia de estos productos en la economía formal e informal de México (Garfias S., R., R. Carmona C and J.A. Cabello. 1995).

### **3.5.6 Regulación.**

En 1994, la Semarnap promovió junto con la Comisión Nacional para el estudio y uso de la Biodiversidad (Conabio) la creación de la Norma Oficial ECOL-059, que limita el aprovechamiento de más de 350 especies silvestres con la finalidad de evitar su desaparición. Si bien esta iniciativa fue adecuada para ciertas especies que era urgente proteger, para otras fue arbitraria al no existir los estudios científicos que justificaran su inclusión o exclusión. También, en la pasada administración, las autoridades ambientales intentaron modalidades “novedosas” de regulación para los PFSM, aunque basándose en los esquemas de manejo que ya existían para los productos maderables, para aprovechar hongos, fibras naturales como el ixtle, barbasco, musgos, orquídeas, palmas y otros productos silvestres del bosque, las comunidades debían presentar a través de un técnico forestal autorizado, un "informe preventivo" ante la Semarnap, y pagar cada año los derechos correspondientes por un monto aproximadamente de tres mil pesos. Tiempo después, la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) estableció que todos los PFSM podían obtener permisos de aprovechamiento mediante la constitución de la figura denominada *Unidad de Manejo Ambiental* (UMA), instrumento normativo que, inicialmente, fue creado para la fauna, aunado a la presentación de un plan anual de manejo avalado por profesionistas que no necesariamente debían ser técnicos forestales autorizados. (Fabrice Edouard, 2001). En la actualidad los PFSM son regulados por la Ley Forestal y su Reglamento, en particular por los artículos 11, 13, 20 y 21 de la primera, y 26, 27 y 61 del segundo.

Para el caso de ciertas especies con estatus o manejo especial, o de áreas bajo algún régimen de protección, el manejo y la regulación de PFSM son “tocados” también por: la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), misma que estableció la Unidad de Manejo

Ambiental (UMA) y los planes de manejo como condiciones para su aprovechamiento; por la Ley de Salud (publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 15 de diciembre de 1999) que regula, prohibiendo o limitando, el aprovechamiento de plantas de uso medicinal y plantas de uso peligroso; por la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGE EPA). específicamente en su parte reglamentaria referida a las Áreas Naturales Protegidas, en donde se establece la imposibilidad de cualquier tipo de aprovechamiento en el caso, por ejemplo, de las Reservas de la Biosfera; y por el articulado de la Ley Forestal en materia de PFM que remite a lo dispuesto por las Normas Oficiales. Asimismo han influido en su aprovechamiento instrumentos programáticos sectoriales como el PRODEFOR (Programa de Desarrollo Forestal) y el PROCYMAF (Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México) ([www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)).

**Cuadro 3.6**

**Normas Oficiales Mexicanas, emitidas para la protección de especies animales y vegetales específicas, relacionadas con Especies Forestales No Maderables.**

<b>Norma</b>	<b>Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de:</b>
NOM-002-RECNAT-1996	resina de pino
NOM-003-RECNAT-1996	tierra de monte
NOM-004-RECNAT-1996	raíces y rizomas de vegetación forestal.
NOM-005-RECNAT-1997	corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal
NOM-006-RECNAT-1997	hojas de palma
NOM-007-RECNAT-1997	ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas
NOM-008-RECNAT-1996	cogollos
NOM-009-RECNAT-1996	látex y otros exudados de vegetación forestal
NOM-010-RECNAT-1996	hongos
NOM-011-RECNAT-1996	musgo, heno y doradilla
NOM-012-RECNAT-1996	leña para uso doméstico

Fuente: PROCYMAF-SEMARNAT, [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

### 3.5.7 Obstáculos para el desarrollo de PFNM

Los productos forestales no maderables son de gran importancia, ya que representan una importante fuente de ingreso y empleo para diversas comunidades rurales, sobre todo en áreas marginadas. A pesar de esto los PFNM no han contribuido de forma contundente en la economía nacional; tan solo la aportación de todo el Sector Forestal al PIB es de alrededor del 1%, y la aportación del valor de la producción de los PFNM a este sector es de solo el 7% que en comparación al 93% restante, generado por la producción maderable, resulta realmente mínimo (cifras 2002). Sean cual sean las aportaciones maderables y no maderables, el Sector Forestal está atravesando por una crisis severa en donde la producción ha declinado considerablemente y las importaciones de productos forestales se han incrementado significativamente (Segura, 1996). A pesar de ello, los bosques mexicanos poseen un importante potencial productivo que no ha sido aprovechado aún, pero que significaría una importante fuente de ingresos tanto para los dueños o poseedores del recurso, como para incrementar la participación del sector en el PIB.

**Cuadro 3.7**

<b>Factores y circunstancias que constituyen un obstáculo para el desarrollo sustentable de los PFNM</b>	
<b>1) Falta de aprovechamiento sustentable</b>	Los PFNM no han sido aprovechados de manera sustentable y por lo tanto no han sido debidamente conservados. Actualmente México presenta una de las tasas de deforestación mas importantes del mundo debido principalmente a las actividades de conversión del uso del suelo y a las extensas actividades de extracción.
<b>2) Marco legal regulador y políticas mal elaboradas</b>	Un obstáculo para las estrategias de manejo campesino de los recursos naturales reside en el marco legal que regula el manejo de los productos forestales no maderables mismo que, por estar en aún proceso de elaboración, presenta ciertas contradicciones que dificultan el aprovechamiento y la comercialización de numerosas especies (Edouard Fabrice, 2001). Siendo la actividad de la mayoría de los PFNM de importancia local, de pequeña escala, asociada con usos tradicionales y de baja tecnología, a menudo hay políticas sesgadas en su contra; así como mínimos incentivos para los extractores.

<b>3) Prioridad a los Productos Forestales Maderables</b>	En vista de la importancia primordial que se le ha dado a la producción de madera, los PFNM han sido dejados a un lado por los forestales y formuladores de políticas, lo que ha originado una falta de atención sobre su manejo científico y su conservación
<b>4) Falta de integración de productos madereros y no madereros en los objetivos del manejo forestal</b>	La nula integración de productos forestales para generar un buen manejo ha fomentado una cosecha derrochadora, falta de estabilidad y confiabilidad del suministro; así como complicadas cadenas locales de mercadeo las cuales constituyen otros obstáculos del suministro
<b>5) Inadaptación de las necesidades y situaciones laborales</b>	La mayoría de las actividades tradicionales de los PFNM son baratas pero intensivas en mano de obra, por lo que tienden a convertirse en las primeras bajas dentro del proceso de desarrollo económico
<b>6) Falta de adaptación comercial</b>	Existe una falta de tecnología y facilidades de procesamiento y almacenaje; los estándares de calidad de los productos a menudo son deficientes
<b>7) Falta de información, investigación y desarrollo tecnológico en materia de PFNM</b>	La información sobre la mayoría de los aspectos de los PFNM es escasa. Estos productos no son tratados adecuadamente (y a veces ni siquiera son tratados) en las estadísticas y encuestas oficiales. La investigación y el desarrollo tecnológico en estos productos es mínimo, y en consecuencia sus utilidades no se visualizan más allá de los usos convencionales; de este modo los productos que no contribuyen mayormente a la economía nacional tienden a recibir menos atención.
<b>8) Mercados efímeros</b>	A menudo debido a la competencia por parte de sustitutos más baratos o convenientes, como productos cultivados bajo procedimientos netamente agrónomos o productos sintéticos, los mercados han variado de forma constante debido a la fluctuación de precios y de la demanda.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.7 Algunas Propuestas.

Actualmente, México carece de una política bien definida y específica sobre la gestión de los PFNM, su recolección y desarrollo sostenible, es imposible negar que se han “tocado” algunos de los puntos anteriormente señalados, sin embargo, es imposible negar que solo algunos de los PFNM comercialmente importantes han recibido cierta atención, principalmente por razones de generación de ingresos.

De esta forma existe la urgente necesidad de iniciativas políticas, cooperaciones y otras propuestas, para lograr un manejo sustentable y económicamente viable de los PFNM.

- 1) ***Toma de iniciativas políticas*** que desarrollen una productividad con potencial tanto ambientalmente sustentable como económico, por ejemplo:
  - Mitigación de procesos destructivos y restauración de biodiversidad afectada mediante programa priorizado de investigación científica y planes de manejo.
  - Rescate y documentación del conocimiento tradicional sobre biodiversidad mediante programas de investigación y sistematización de la información.
  - Fortalecimiento de instituciones, capacitación, coordinación y normativas para asegurar las capacidades locales en la conservación de la biodiversidad.
  - Desarrollo de un marco legal para asegurar la propiedad regional-nacional tanto de especies como de los productos químicos derivados de ellas.
  - Potenciamiento por el Estado de las capacidades nacionales para impulsar a los PFNM.
  - Generación de una economía redistributiva y equitativa en la medida que la población de bajos ingresos sea favorecida.
  - Sustentabilidad financiera para garantizar los esfuerzos orientados a la protección de la biodiversidad en el tiempo.
- 2) ***Manejo integrado de los bosques*** para productos y servicios tanto maderables como no maderables, de modo que la práctica del manejo de bosques solo para la producción maderera cambie.
- 3) ***Cooperación entre el gobierno, los científicos y los extractores o las comunidades locales*** para generar información disponible sobre investigaciones, métodos, preservación de recursos, propagación, etc.

#### ***a) Investigación - Evaluación:***

El manejo integrado multipropósito de bosques y selvas demanda conocimientos científicos y tecnología; la cual implica la búsqueda de los recursos forestales no maderables para

alimentos, fibras, productos fitoquímicos, aromáticos, gomas, resinas, entre muchos, así como investigaciones detalladas.

Sin embargo, la investigación sobre el tema, principalmente siguiendo un enfoque de “catálogo”: listando plantas y especies animales encontradas en distintos tipos de bosques, destaca a solo unas cuantas especies. Además la mayor parte de los trabajos han sido hechos a escala local, cubriendo tres perspectivas principales:

- Mercancía - Ingreso - Mercado
- Percepción popular - Conocimiento tradicional - Necesidades domésticas
- Algunas propiedades biológicas

Para desarrollar un buen manejo de los PFTM, la investigación debe considerar:

- La naturaleza y extensión de distribución de recursos vegetales específicos, además de la densidad de ocurrencia.
- La codificación y evaluación de todos los conocimientos locales acerca de casos, técnicas de recolección y uso de los diversos PFTM, tanto para la subsistencia como para la venta.
- Identificación científica de ingredientes activos y valiosos, su suministro potencial de fuentes silvestres, su adaptabilidad para crecer en ambiente de especies múltiples o bajo monocultivo.
- Realización, codificación y evaluación de una colecta de datos cuantitativos que cubra un cierto periodo, de preferencia año completo, para evaluar mejor las influencias estacionales sobre el crecimiento y rendimiento de los PFTM para diferentes partes de la planta (hojas, flores, frutos, rizomas, corteza, etc).
- Desarrollo de tecnología mejorada para la propagación natural, la recolección no destructiva, el tratamiento después de la recolección, procesamiento primario local y almacenamiento para reducir el despilfarro y evitar esquilmar el recurso.
- Prospección, seguimiento, evaluación química y farmacológica de los PFTM e identificación de especies candidatas para el desarrollo de nuevos productos y usos.

- Desarrollo de sistemas de silvicultura para garantizar el uso múltiple del bosque y aumentar la producción deseada de PFMN junto con el rendimiento de otros productos como la madera.
- Desarrollo de tecnología para el procesamiento, la diversificación de productos y de sistemas de información sobre el mercado, para mejorar la disponibilidad de productos y el conocimiento sobre el alcance del mercado, así como para reducir las posibilidades de sustitución por sintéticos.

## IV. ECONOMIA Y QUIMICA DE PRODUCTOS NATURALES

### 4.1 Los Bosques Tropicales como fuente de Productos Químicos.

Además de proporcionar funciones ecológicas fundamentales como la protección de suelos, regulación del flujo de agua y retención del carbono, los bosques tropicales brindan diversos bienes y medios de vida; la evolución humana está entrelazada con el uso de plantas, animales, microorganismos y otros productos naturales. La propagación de especies útiles y sus productos en todo el mundo es uno de los ejemplos más antiguos de la globalización. La quinina (alcaloide derivado de la corteza del árbol de la quina), la diosgenina (esteroide derivado de la raíz del barbasco), la salicina (de plantas como el sauce que contienen compuestos similares a la aspirina), y una multitud de plantas y animales han cambiado el curso de la historia del hombre. A este tipo de sustancias extraídas de los seres vivos se les denomina en Química Orgánica y Biología: Productos Naturales y/o metabolitos secundarios.

**Cuadro 4.1**

**Casos selectos de especies forestales como fuentes de fármacos**

Especies forestales	Compuestos de interés primario y su uso principal	País de origen	Fecha de primer colecta.	Organización que la colecta y su país	Fecha de la primera comercialización
<i>Pilocarpus jaborandi</i>	Pilocarpina (oftalmológica)	Brasil	ca. 1870	Varias	1870 (alrededor)
<i>Camptothecan acuminata</i>	Topotecan (anticancerígeno)	China	ca. 1850	Secretaria de Agricultura, EU.	1996
<i>Taxus baccata</i>	Taxol (anticancerígeno)	Estados Unidos	1962	Secretaria de Agricultura EU.	1991
<i>Ancistrocladus korupensis</i>	Michelamina A y B (Anti-VIH)	Camerún	1987	Jardín Botánico de Missouri, EU.	Actualmente en última etapa antes de la comercialización
<i>Calophyllum spp.</i>	Calanolido A (anti-VIH)	Sarawak, Malasia	1987	PCRSP/ Jardín Botánico Arnold, EU.	Act. ultima etapa antes de la comercialización.

Fuente: A. Laird Sara y ten Kate Kerry (2003).

Por otra parte, la preocupación por la ordenación sustentable de los recursos forestales mundiales cada vez es mayor. Se han emprendido numerosas iniciativas para fomentar la elaboración de planes de ordenación forestal destinados a aumentar al máximo la aportación de los bosques a la consecución de los objetivos socioeconómicos y de desarrollo, sin comprometer la situación actual y futura de la base de recursos. El debate sobre la sustentabilidad tiende a centrarse en la necesidad de una actuación ambientalmente «idónea» que garantice la obtención de beneficios económicos y financieros suficientes a los propietarios y usuarios de las tierras forestales, justificando así su conservación como bosque.

Los requerimientos de sustentabilidad en las prácticas forestales, aunados a la necesidad de vincular estas prácticas con la actividad económica global, imponen nuevos retos sobre el sector forestal. Una de las estrategias indispensables para enfrentar este reto es la diversificación de productos y actividades forestales, dentro de este contexto un concepto poco explorado es el bosque como fuente de productos químicos no convencionales, en especial aquellos obtenidos de tejidos de rápido crecimiento y renovables, como son las hojas, es decir Productos Forestales No Maderables.

**Cuadro 4.2**

<b>Productos Forestales No Maderables (PFNM)</b>		
<b>Fuente</b>	<b>Uso final</b>	<b>Productos típicos</b>
Frutas, semillas, hojas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales, etc.	Productos químicos orgánicos	Productos fitofarmacéuticos, productos químicos aromáticos y saborizantes, fragancias, productos agroquímicos / insecticidas, biocombustibles, curtientes, colores, tintes.

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2 Productos Naturales y / o Metabolitos Secundarios. Definición y criterios de selección.**

Los seres vivos producen compuestos orgánicos clasificados en metabolitos primarios y secundarios. Los primeros son aquellos indispensables e irremplazables en la vida de todos los organismos, pues forman parte de su estructura esencial y realizan funciones fisiológicas vitales. Los segundos, es decir los metabolitos secundarios, derivan de los metabolitos primarios y tienen diferentes funciones según el organismo del cual provengan, en general, son empleados como medios de defensa, comunicación e intercambio de información entre organismos, es decir, cumplen un papel ecológico. Existen tres clases de metabolitos secundarios: 1) terpenoides, 2) alcaloides y compuestos nitrogenados relacionados, y 3) compuestos fenólicos (Harborne, 1989). Las plantas, y por supuesto los árboles, producen numerosos metabolitos secundarios, los cuales están involucrados en sus interacciones. Hasta 1960 a los metabolitos secundarios, también llamados "Productos Naturales", se les llegó a considerar sustancias de desecho; empero estas sustancias que aparentemente no cumplían funciones vitales, pueden alterar la fisiología de otros organismos de ahí que se les emplee como fármacos, venenos, condimentos, cosméticos, etc.

Las diferencias entre ambos tipos de compuestos se pueden apreciar en la siguiente cita: "Los compuestos de los bioquímicos son, entonces, los metabólicos primarios, encontrándose prácticamente en la misma forma desde los microbios hasta los mamuts, lo cual expresa la unidad fundamental de la materia viviente; los compuestos de los químicos, metabólicos secundarios, son raros productos de procedencias restringidas, que expresan la individualidad de las especies en términos químicos..... Mientras tanto, la farmacognosia, la quimioterapia y, sobre todo, la curiosidad de los químicos, han extendido enormemente nuestro conocimiento del grupo de metabolitos secundarios, cuya variedad parece inagotable." (Bullock, 1991 ).

Cuadro 4.3

<b>Metabolismo Primario y Metabolismo Secundario</b>		
<b>Metabolitos</b>	<b>Primarios</b>	<b>Secundarios</b>
<b>Distribución</b>	Ubicua (Monómeros) Restringida (Polímeros)	Restringida (Específicos para taxa particulares: género, especie, subfamilia)
<b>Abundancia en tejidos</b>	Alta	Generalmente baja
<b>Importancia en la fisiología celular</b>	Esenciales	Irrelevantes (¿?)
<b>Importancia en interacciones bióticas</b>	Irrelevantes	Esenciales
<b>Importancia para la vida del organismo</b>	Esenciales	Esenciales
<b>Disciplina que los estudia</b>	Bioquímica	Química en Productos Naturales. Fitoquímica(Química Orgánica).

Fuente: Reyes Chilpa (2003)

A medida que la ciencia explora más a fondo los procesos fundamentales que dirigen a la naturaleza, la búsqueda de nuevos productos naturales se ha orientado hacia el laboratorio. Allí, los investigadores identifican genes, compuestos químicos y organismos que pueden tener uso potencial como productos comerciales. El interés en acceder a la biodiversidad para la innovación farmacéutica ha sido cíclico: aumentó en los años 60 cuando se encontraron antibióticos y agentes anti-cancerígenos en la naturaleza; cayó en los años 70 con la llegada de la tecnología ADN recombinante y la farmacología molecular que facilitó la evaluación biológica, y se incrementó de nuevo a partir de los años 80 cuando las tecnologías como la de los detectores robóticos de alta producción y las técnicas mejoradas de separación y síntesis, hicieron que fuera redituable la exploración de varios centenares de miles de muestras al año (A. Laird Sara y Ten Kate Kerry, 2003).

#### 4.3 Bioprospección: Bosques tropicales como fuente de nuevos fármacos.

Cuando se analiza la historia de la exploración de los recursos naturales en el mundo, especialmente en América Latina, se observa que la *bioprospección*, es decir, *la búsqueda sistemática, clasificación e investigación para fines comerciales de nuevas fuentes de compuestos químicos, genes, proteínas, microorganismos y otros productos con valor económico, que se encuentran en la biodiversidad* (Convenio de la Diversidad Biológica, 1992); no es un asunto nuevo como tampoco lo es la existencia de amplias muestras de vegetales y animales, semillas, frutos, maderas, tinturas, resinas y otros materiales de los países del sur en los acervos, jardines botánicos y bancos de germoplasma de los países desarrollados.

Por ejemplo, en 1787, el Rey Carlos III de España aprobó la ejecución de la Real Expedición Botánica al Reino de la Nueva España, a semejanza de las que ya se habían realizado en Perú, Santa Fe y posteriormente Nueva Granada, con el fin de que *"...se examinen, dibujen y describan metódicamente las producciones naturales de mis Fértiles Dominios de Nueva España no solo con el objetivo general e importante de promover los progresos de las Ciencias Phisicas, desterrar las dudas y adulteraciones que hay en la medicina, tintura y otras artes útiles que aumentan el comercio; sino también con el especial (interés) de suplir, ilustrar y perfeccionar, con arreglo al estado actual de las mismas ciencias naturales, los escritos originales que dexó el Doctor Francisco Hernández, Protomédico de Felipe Segundo, por fruto de la expedición de igual naturaleza que costó aquel monarca, y (que) hasta ahora no ha producido las completas utilidades que debían esperarse de ella...."* (Zamudio, 1991). El protomédico (máxima autoridad virreinal en materia de salud) Francisco Hernández residió en México entre 1580-1586, periodo en el cual documentó con la ayuda de informantes indígenas la flora medicinal. Sus investigaciones están compiladas en el Libro "Historia de la Plantas de la Nueva España" que abarca 3000 plantas.

No obstante la antigüedad de la bioprospección, su definición formal se realizó recientemente. En 1989 Thomas Eisner, entomólogo de la Universidad de Cornell (Syracuse, NY), al observar el problema de la destrucción de los bosques tropicales y su conservación, propuso la asociación estratégica de un país tropical con una empresa farmacéutica con el fin de sondear sistemáticamente especies nativas en la búsqueda de medicinas potenciales. La empresa huésped podría contar con acceso inmediato a la riqueza del bosque tropical, y el país de origen recibiría una parte de las ganancias por permitir el acceso y aprovisionamiento de la materia prima y así añadir algún valor agregado. Este incentivo económico, concluía Eisner, ayudaría a que el bosque por sí sólo se conservara (Eisner, 1989 y 1992).

Eisner concibió para la actividad inicial de búsqueda el término "prospección química", derivado del concepto ya existente de prospección minera o petrolera (Lyons, 1991). Más tarde, se empezó a cambiar el término por el de "bioprospección" ya que la búsqueda sistemática de nuevas fuentes de productos comercializables se amplió para considerar no sólo el rastreo de extractos químicos de plantas, animales y microorganismos silvestres y domesticados, sino también el de sus propiedades genéticas. De esta forma, el concepto de *bioprospección* fue consolidado por el Convenio de la Diversidad Biológica (CBD), firmado en 1992 en la Conferencia de la Tierra celebrada en Río de Janeiro.

Sin embargo, la puesta práctica de la bioprospección, ocurrió antes de la consolidación del concepto por el CBD. El Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos de Norteamérica (NCI), dependencia gubernamental establecida en 1937 con la misión de "proporcionar ayuda para fomentar la búsqueda coordinada contra el cáncer", inició entre 1955-1960 (las fechas varían según la fuente) un programa de colección de plantas en colaboración con el Ministerio de Agricultura de Estados Unidos (USDA), con el fin de identificar sustancias anticancerígenas a partir de plantas (Perdue, 1976). Entre 1960-1980 se colectaron 35,000 especies vegetales, de las cuales de 12,000 a 13,000 las obtuvo el USDA principalmente en regiones templadas, de Norteamérica y México. No se estableció ningún criterio en particular para la selección de muestras, es decir, esta se realizó al azar

(una lista de los criterios de selección de plantas para la bioprospección se puede observar en el Cuadro 4.4 ). Se evaluó la actividad antitumoral de 114, 000 extractos, usando como blanco células tumorales en cultivo y no ratones con tumores, esto permitió evaluar un gran número de muestras. Se aislaron y caracterizaron una gran cantidad de compuestos activos, los cuales pertenecían a una amplia variedad de clases químicas (Cragg et al. 1996, vease también Spjut, 1985). Los compuestos con mayor actividad obtenidos en la etapa de descubrimiento fueron licitados y desarrollados como fármacos por diversas compañías farmacéuticas. Algunos de los principales éxitos del INC fueron el Taxol, producto de la corteza del árbol *Taxus brevifolia* y la Vincristina, alcaloide producto de las hojas de la planta *Catharanthus roseus*; ambos con propiedades terapéuticas contra la lucha del cáncer, hoy de uso clínico (Cragg et al. 1996; Spjut, 1985).

**Cuadro 4.4**

**Criterios para la selección de plantas u otros organismos para estudios bioprospectivos en el área farmacológica**

<b>Criterio</b>	<b>Definición</b>
Azar	Búsqueda aleatoria, es decir, en la cual no existe un criterio de selección predeterminado, ni se puede predecir de antemano los resultados.
Ecofisiológico.	Ecofisiología es el estudio de variables ambientales en las los organismos, por ejemplo, -las causas por las cuales algunos organismos pueden desarrollarse en ambientes extremos-
Ecología química.	Disciplina que estudia las relaciones entre organismos mediadas por compuestos químicos, los cuales pueden actuar, por ejemplo- como repelentes o atrayentes de insectos en una planta-. Se seleccionan plantas que poseen alguna propiedad repelente o atrayente.
Epidemiológico	Epidemiología es el estudio de la frecuencia, distribución y determinantes de las enfermedades. Se ha aplicado relacionado la dieta de ciertos grupos humanos con una menor incidencia de algunos padecimientos. Por ejemplo, la dieta mediterránea parece estar asociada a una baja tasa de enfermedades cardiovasculares.
Etnomedicina (también referida como etnofarmacología, etnobotánica o etnociencia)	Conocimiento, usualmente ancestral generado por ensayo y error. Las plantas u organismos se seleccionan en base a conocimientos empíricos, los cuales son parte de la herencia cultural de grupos humanos de una determinada región y pueden estar validados o no científicamente.
Quimiotaxonómico	Quimiotaxonomía es el estudio de la distribución de los metabolitos secundarios en los organismos de diferentes taxa (grupos) y el empleo de esa información en su clasificación e identificación (Goodfellow & O'Donnell, 1994). Este criterio presupone que plantas relacionadas genéticamente y evolutivamente poseen compuestos químicos similares.

Fuente. Elaboración propia

Es importante resaltar que al comienzo de sus actividades el NCI no establecía relaciones contractuales directas, es decir, relaciones estructuradas con la posibilidad de que los miembros recibieran una proporción justa y equitativa de los beneficios, con los proveedores de muestras de países ricos en biodiversidad, sino que utilizaban intermediarios tales como el USDA, el Jardín Botánico de Nueva York (JBNY) y el Jardín Botánico de Missouri (JBM), quienes a su vez utilizaban universidades de los países ricos en biodiversidad para la obtención de muestras o como fuentes de información sobre sitios biodiversos que no habían sido explorados (Figura 4.1). Sin embargo, en 1990 en respuesta a las críticas de los proveedores de muestras, el INC desarrolló la “Carta de Intención “ para facilitar la distribución equitativa de beneficios; dos años después el INC produjo una versión mejorada a la que llamo “Carta de Colección” y finalmente en 1995 comenzó a utilizar el “Memorando de Entendimiento”, mediante el cual el intermediario (JBNY, JBM, y USDA) es parte del acuerdo y representa los intereses del INC durante el proceso de negociación, por el cual, sí se obtiene un producto una de las cláusulas señala que la compañía farmacéutica (que mejorará o comercializará la muestra) debe recompensar al país proveedor de la materia prima (Melgarejo et al, 2002). En el periodo en el que el INC realizó su programa bioprospectivo, también se empezó a manejar en los medios académicos y luego en los de comunicación, el argumento de que una de las razones más poderosas para conservar los bosques tropicales radicaba en que estos podrían ser fuentes inagotables de medicamentos potenciales para enfermedades todavía sin cura.

Sin embargo, la prospección química tal como Eisner la concibe, pudo llevarse a la práctica por primera vez en el contrato firmado en septiembre de 1991 entre Merck (empresa farmacéutica con sede los Estados Unidos) y el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) (Instituto privado, no gubernamental de investigación de Costa Rica) para el cual Eisner sirvió como intermediario (Lyons, 1991). Aunque el contrato fue establecido antes de que el Convenio de Diversidad biológica (CDB) fuera firmado en 1992, es decir, antes de que el termino bioprospección fuera consolidado, Merck & Co anunció la firma de un acuerdo por dos años y 1.135 millones de dólares (como un porcentaje no revelado de las regalías sobre los productos comerciales que resultaran de dicha investigación, asistencia técnica y

entrenamiento orientados a desarrollar la capacidad para la investigación dentro de Costa Rica) con el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). A cambio de esto, el INBio acordó proveer extractos químicos de plantas silvestres, insectos y microorganismos a los programas de evaluación de fármacos de Merck y se comprometió a destinar al Fondo de Parques Nacionales de Costa Rica el 10% de la asignación monetaria de Merck y el 50% de las regalías que pudiese eventualmente recibir (Figura 4.2).

**Figura 4.1**

**Modelo de Bioprospección del Instituto Nacional del Cáncer, EU.**

**1960-1990**

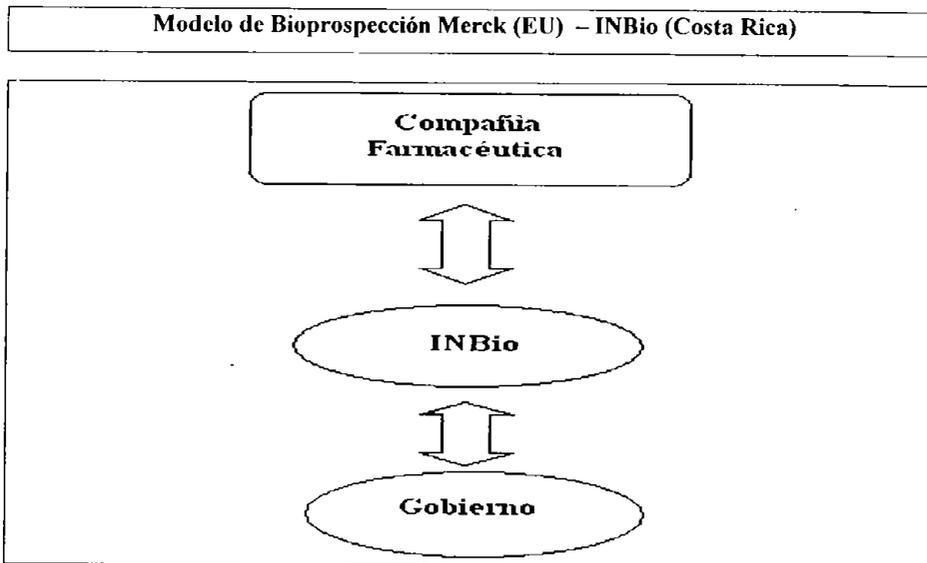


Fuente: Elaboración propia en base a datos de Melgarejo et al, 2002

Notas:

- 1) El socio corporativo es el que generalmente proporciona la mayoría de los beneficios monetarios y no monetarios a los miembros del grupo,
- 2) Los rectángulos representan los socios de los países ricos, si existen vínculos contractuales., y
- 3) Las elipses representan los socios de países ricos en biodiversidad, no existen vínculos contractuales.

Figura 4.2



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Melgarejo et al, 2002

Notas:

- 1) El socio corporativo, localizado en la cima del diagrama, es el que proporciona la mayoría de los beneficios monetarios y no monetarios a los miembros del grupo.
- 2) Las elipses representan los socios de países ricos en biodiversidad, si existen vínculos contractuales.

El acuerdo Merck/INBio fue aclamado por algunos como un "modelo" de contrato sobre bioprospección, sin embargo, las cifras revelaron grandes diferencias, las ventas de Merck para el año 1992 ascendieron a 8.6 billones de dólares, mientras que el PNB (Producto Nacional Bruto) de Costa Rica fue de 5.2 billones de dólares. En contraste el presupuesto para investigación de Merck para 1992 fue de aproximadamente un billón de dólares; sin olvidar que Merck posee al menos tres fármacos cuyas ventas sobrepasan el billón de dólares cada uno (Bioprospección, biopiratería y comunidades indígenas, 1994)

Actualmente, organismos gubernamentales, universidades, jardines botánicos y zoológicos, pero sobre todo compañías y empresas de las industrias farmacéutica y alimentaria, financian programas de bioprospección en países megadiversos para buscar nuevos recursos prometedores. Empresas farmacéuticas, como Merck & Co. y GlaxoWellcome,

iniciaron programas de bioprospección a principios de la década de los noventa, particularmente en las selvas tropicales de los países en desarrollo, con el fin de detectar especies vegetales, animales exóticos y microorganismos que pudieran contener sustancias de acción farmacológica definida.

#### **4.3.1 Bioprospección en México.**

Aproximadamente, el 90% de la biodiversidad restante en el mundo se concentra en regiones tropicales y sub-tropicales de países en desarrollo, mayormente localizados en el hemisferio sur. El Worldwatch Institute ha identificado a México, junto con Brasil, India, Indonesia, Australia y la República Democrática del Congo, como una región de "megadiversidad" por sus altos niveles de diversidad cultural y biológica, además de su alta concentración en especies endémicas

México debe parte de su megadiversidad a su geografía, diversidad climática y complejidad geológica. Adicionalmente, su papel como puente entre especies de Norte y Sudamérica también contribuye a su riqueza biológica. Geográficamente, México funciona como la zona de transición entre dos regiones distintas: la neo-tropical (Sur y Centroamérica) y el neo-ártico (Norteamérica). Por ejemplo, México posee 34 de los 36 ecoclimas identificados, mientras que Estados Unidos tiene sólo 4; de las 28 categorías de tipo de suelos reconocidos, México cuenta con 25. A pesar de que México tiene sólo un 1.3% de la masa de tierra del planeta, contiene el 14.4% de todas las especies vivas del mundo, con un gran número de endemismos (INEGI, SEMARNAP, SEMARNAT). En consecuencia no es extraño que México sea un punto de atención para la bioprospección, de la cual se tienen documentados cuatro proyectos (cuadro 4.4) realizados en los últimos diez años. Sin embargo, éstos no son los únicos acuerdos y mucho menos actividades relacionadas a la bioprospección en el país. Se sabe que hay actividades bioprospectivas de Estados Unidos, Israel, Alemania, Suiza, Japón y otros países (Delgado Gian Carlo, 2002).

**Cuadro 4.5**

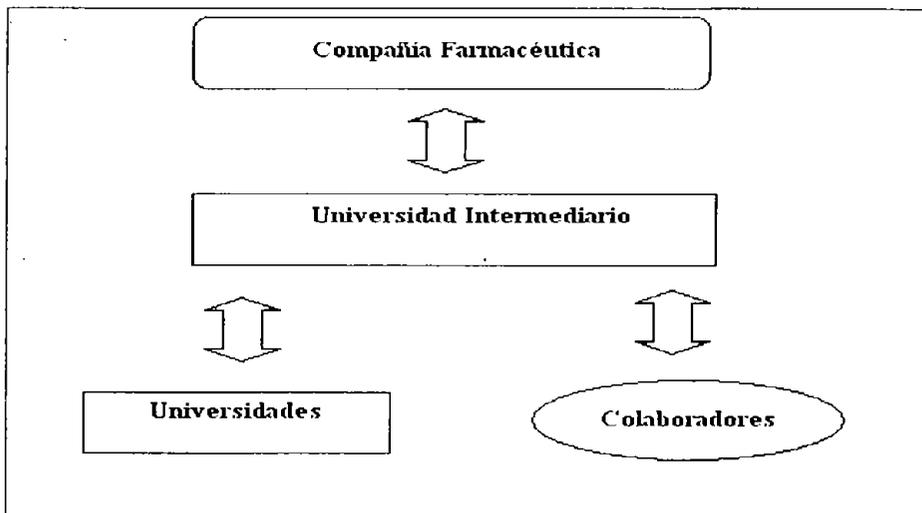
<b>Convenios de Bioprospección en México</b>			
<b>Convenio</b>	<b>Sitio de prospección</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Situación actual</b>
Sandoz (hoy Novartis) en colaboración con la Unión de Comunidades Forestales Zapotecas y Chinantecas (Uzachi).	Sierra de Juárez, Oaxaca.	Muestras de hongos micro y macroscópicos.	Concluido en 1999
American Cyanamid y American Home Products en colaboración con la Universidad de Arizona, el Jardín Botánico del Instituto de Biología y la Facultad de Química de la UNAM.	Zonas áridas	Sustancias bioactivas de plantas de zonas áridas y semiáridas.	Concluido en 2000. No renovado.
Grupo Internacional para la Cooperación de la Biodiversidad Maya (Maya-ICGB). Programa del gobierno de Estados Unidos financiado con fondos públicos y que incluye a la empresa Molecular Natural limited, a la Universidad de Georgia y al Colegio de la Frontera Sur.	Altos de Chiapas.	Medicina tradicional y plantas medicinales. Descubrimiento de medicamentos, desarrollo farmacéutico, conservación, uso sustentable y conocimiento etnobotánico y desarrollo económico sustentable. Extracción de biodiversidad bacterial	Cancelado
Diversa - Instituto de Biotecnología de la UNAM.	Áreas Naturales Protegidas.	Extracción de bacterias que soporten condiciones naturales extremas (de temperatura, salinidad, azufre, presión, etc).	Suspendido temporalmente.

Fuentes: Barreda Andrés, 2000., Delgado Gian Carlo, 2002

La mayoría de los proyectos de bioprospección en México ilustran un escenario en el cual una institución académica o universidad de un país industrializado actúa como intermediario entre una compañía, también de un país industrializado, y universidades de países ricos en biodiversidad estableciendo contratos individuales para la colección de muestras. Pudiéndose establecer también, otros contratos con otras universidades tanto de países industrializados como de países megadiversos para realizar análisis más avanzados (fitoquímico, farmacológico, etc.) de las muestras.

Figura 4.3

**Modelo de Bioprospección Universidad de Arizona - American Cynamid Company – UNAM, en México.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Melgarejo et al, 2002

Notas:

- 1) El socio corporativo, localizado en la cima del diagrama, es el que proporciona la mayoría de los beneficios monetarios y no monetarios a los miembros del grupo,
- 2) Los rectángulos representan los socios de los países ricos, si existen vínculos contractuales, y
- 3) Las elipses representan los socios de países ricos en biodiversidad, incluida la universidad local; existen vínculos contractuales limitados para la universidad, ya que no se negociaron directamente los beneficios con la compañía farmacéutica norteamericana que es la que en un futuro comercializará cualquier producto derivado, y limitados y no seguros para las comunidades prospeccionadas.

Este modelo, en especial en el caso Maya-ICGB, utilizó el conocimiento tradicional para el descubrimiento de compuestos químicos naturales activos farmacológicamente, pero no realizó acuerdos con los proveedores (comunidades tradicionales). No obstante, se contempló la creación de un fondo fiduciario para facilitar la distribución de regalías potenciales para dichas comunidades, en el caso de que realizara algún descubrimiento con base al conocimiento tradicional. Sin embargo, en realidad no se formalizaron vínculos contractuales seguros (Carrizosa, 1996, en Melgarejo et al, 2002).

Los programas de bioprospección en México no pasaron inadvertidos para diversos sectores de la sociedad, incluyendo ONG's y medios de comunicación; generando diversas opiniones y respuestas, la mayoría de ellas adversas. Por ejemplo, Andrés Barrera del periódico "La Jornada" escribió al respecto en el 2000: "Cada parte de la biodiversidad prospeccionada en México tiene una importancia estratégica única. No obstante en muchas ocasiones, los instrumentos técnicos para el descubrimiento y aprovechamiento de estos recursos, así como el destino de las investigaciones realizadas por las empresas trasnacionales están lejos de las posibilidades de aprovechamiento del país. A cambio de los cuatro contratos, a México y ciertas comunidades indígenas se les han prometido regalías ridículas o se han entregado magros equipos técnicos y calificación científica, que en vez de resolver este desequilibrio tiende a convertir a México en un país que se especializará en maquilar su biodiversidad."

Matilde Pérez, también reportera del periódico "La Jornada", señaló en febrero del 2000: "Ante la indiferencia de la secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Julia Carabias, y la tolerancia del Instituto Nacional de Ecología, la Universidad de Georgia y la empresa inglesa de investigación biotecnológica Molecular Nature Limited, con el respaldo del Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), sustraen la riqueza herbolaria y el conocimiento milenario de la medicina tradicional indígena maya de Chiapas. La colaboración del Consejo Estatal de Organizaciones de Médicos y Parteras Indígenas Tradicionales de Chiapas (CEOMPI) y la Organización de Médicos Indígenas del Estado de Chiapas (OMIECh) fue condicionada a la existencia de un marco legal que protegiera sus conocimientos y recursos naturales, lo cual no se cumplió. Los extractos biológicos son entregados a las compañías Bristol Myers, Squibb, American Cyanamid y Monsanto, las cuales acordaron "donar" una porción nunca mayor a uno por ciento de las regalías por las ventas de los productos médicos, cosméticos y fertilizantes desarrollados a través de los programas del ICBG e incluir a los indígenas como inventores de las patentes, todo lo anterior con una actual legislación sobre los derechos de propiedad intelectual incipiente y confusa".

En contraste y respuesta, el Dr. Javier Caballero (director del Jardín Botánico de la UNAM), mencionó, también en febrero del 2000: “El proyecto (bioprospectivo Maya-ICGB) representa un avance. Equivocadamente, los ataques contra el proyecto, se basan en el supuesto de que el conocimiento que se quiere recopilar es el especializado y secreto de los médicos tradicionales. En realidad, el proyecto se enfoca al estudio del conocimiento etnobotánico médico más generalizado que utilizan las comunidades mayas para el tratamiento de las enfermedades comunes. Contrario a lo que afirman los asesores de OMIECh y CEOMPI, el proyecto es respetuoso de los acuerdos internacionales y la legislación nacional actual sobre acceso a los recursos naturales, así como de los principios de respeto a los derechos de propiedad intelectual. De acuerdo con un convenio que incluye la formación de un fideicomiso y una organización no gubernamental (PROMAYA), las regalías que se puedan generar en el futuro de este proyecto se distribuirán en partes equitativas entre los cuatro participantes: la Universidad de Georgia, la compañía farmacéutica, ECOSUR y los individuos o comunidades mayas agrupados en PROMAYA. Y las regalías recibidas por PROMAYA se destinarán prioritariamente a proyectos de desarrollo rural comunitario”.

Por su parte, observadores extranjeros tales como Sara A. Laird y Kerry ten Kate, (investigadoras de los Jardines Botánicos de Kew en Inglaterra) señalaron en 2003: “Los acuerdos de bioprospección en México pueden tener impactos significativos en la capacidad del país para realizar investigaciones y dar mayor impulso a su propia biodiversidad y pueden incluir numerosos beneficios secundarios para las instituciones de investigación, universidades, negocios locales y otros, pero su impacto en la conservación, en el mejor de los casos, es indirecto; además se pueden tener impactos negativos potenciales, tales como: recolección inadecuada de muestras para los propósitos de la investigación, recolección insostenible de materia prima a granel y relaciones potencialmente no equitativas con las comunidades locales, etc.”

#### **4.3.2 Política científica y tecnológica y bioprospección**

La bioprospección puede ser conceptualizada como un método o como una política realizada por una institución pública y/o privada con el fin de descubrir y desarrollar

nuevos productos a partir de la biodiversidad. Brevemente se ha ejemplificado como en los países desarrollados las instituciones publicas (INC) y privadas (Compañías farmacéuticas) realizan, coordinadamente, investigaciones científicas (básica y tecnológica) para desarrollar dichos productos. Los montos de investigación no son despreciables, tampoco lo son los recursos humanos involucrados.

Un país en desarrollo que carece de políticas y/o programas de investigación tendientes al aprovechamiento de sus recursos bióticos (biodiversidad) estará mas proclive a aceptar convenios de bioprospección desfavorables a sus intereses. Por tanto, probablemente la mejor defensa de la biodiversidad de una nación es el conocimiento de sus recursos y la creación de programas nacionales de investigación de estos recursos (Reyes Chilpa, 2003).

#### **4.4 Importancia y Potencial Económico de los Metabolitos Secundarios o Productos Naturales (PN).**

Los conflictos y debates generados en la opinión publica por los proyectos bioprospectivos, no son gratuitos, sino que reflejan la importancia económica y las expectativas que se han generado en torno a los productos naturales en los últimos 30 años, especialmente en el desarrollo de nuevos fármacos.

##### **4.4.1 Medicamentos basados en metabolitos secundarios y / o productos naturales**

Existen al menos tres tipos de medicamentos basados en metabolitos secundarios:

- **Fármacos:** medicamentos valorados química y clínicamente, conformados por compuestos puros (principio activo); estos pueden ser sintetizados y / o modificados industrialmente, por lo general, son medicinas de patente.
- **Fitofármacos o medicamentos herbarios:** extractos vegetales (mezclas de compuestos) valorados química y clínicamente. Pueden formularse industrialmente; su presentación es similar a los medicamentos. Estos aparecen hacia 1990 como

respuesta innovadora de compañías farmacéuticas pequeñas que intentan satisfacer a los “consumidores verdes” y a los médicos que demandan productos naturales con un aval científico. Cabe señalar la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS): “Productos medicinales acabados y etiquetados cuyos ingredientes activos están formados por partes aéreas o subterráneas de plantas u otro material vegetal, o combinaciones de éstos, en estado bruto o en forma de preparaciones vegetales. Por material vegetal se entienden: jugos, resinas, aceites vegetales y cualquier otra sustancia de naturaleza semejante. Los medicamentos herbarios pueden contener excipiente además de las ingredientes activos. Si el material se combina con sustancias activas definidas desde el punto de vista químico, inclusive constituyentes de plantas aislados y químicamente definidos, no se consideran medicamentos herbarios”.

- Uso tradicional : las plantas se preparan y administran en base a conocimientos empíricos, los cuales suelen ser ancestrales y pueden estar validados o no científicamente; generalmente contienen un nivel de procesamiento bajo o nulo.

#### **4.4.2 Importancia de los metabolitos secundarios y / o productos naturales en fármacos aprobados.**

Durante el periodo 1981 - 2002 la FDA (Administración de Drogas y Alimentos de los EUA) registró 868 nuevos fármacos, de los cuales 380 tienen relación directa o indirecta con los productos naturales, es decir, más del 40% del total de fármacos aprobados por la FDA provienen de la biodiversidad. Conviene matizar el origen de estos 380 fármacos provenientes de la biodiversidad: 40 son productos naturales (N) *sensu strictu* (en sentido estricto), 209 son derivados de productos naturales (DN) y 131 son producidos por síntesis total (PNS), pero su efecto farmacológico fue descubierto a partir de un producto natural (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6

Fármacos aprobados por la FDA- USA durante 1981-2002		
	Fármacos	%
Biológicos (B)	91	10.48
Productos naturales (PN)	40	4.60
Derivados de Productos Naturales (DN)	209	24.08
Productos naturales sintéticos (PNS)	131	15.09
Sintéticos (S)	386	44.47
Vacunas (V)	11	1.26
<b>Total</b>	<b>868</b>	<b>100</b>
<b>PN + DN + PNS</b>	<b>380</b>	<b>43.77</b>

(B) Fármaco obtenido generalmente de un péptido grande (> 45 residuos) o de una proteína aislada de un organismo, línea celular, o producida por medio de biotecnología en un anfitrión hospedero (ingeniería genética).  
(S) Droga totalmente sintética, frecuentemente encontrada por la búsqueda (screening) o modificación aleatoria de agentes existentes.  
(V) Vacuna.

*Fuente: Newman et al, 2003. Journal Natural Prods.*

Además se distingue una nueva categoría, ésta se conoce bajo las siglas “NM” (Natural Mimic) (Cuadro 4.7), es decir, “Producto sintético que imita a un producto natural”, esta es una droga diseñada a partir del conocimiento del diseño de la droga natural, tratando de imitarla en lo que Cragg señala como una “moda competitiva” (Newman, 2003).

Cuadro 4.7

Fármacos aprobados por la FDA provienen de la biodiversidad + “NM” (Natural Mimic)								
Total	B	PN	DN	PNS	II.	S	S/ “NM”	V
868	91	40	209	131	289	97		11

Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se da a conocer que 97 de 386 productos totalmente sintéticos se basaron a partir del conocimiento del diseño de una droga natural, lo cual aumenta el 40% de los fármacos relacionados con los productos naturales a un 54.95%. Es decir:

$$40(\text{PN}) + 209(\text{DN}) + 131(\text{PNS}) + 97(\text{NM}) = (477/868) * 100 = 54.95\%$$

Sin embargo Newman y Snader del Instituto Nacional del Cáncer (USA, 2003), mencionan que posiblemente hasta un 61% de las 868 entidades químicas nuevas introducidas como drogas por todo el mundo durante el periodo de 1981-2002 fueron inspiradas en productos naturales, lo cual denota su importancia en la medicina contemporánea.

#### **4.4.3 Mercado mundial para medicinas basadas o derivadas de metabolitos secundarios y / o productos naturales**

En la actualidad, la medicina herbolaria, los productos farmacéuticos naturales y el uso de drogas derivadas de plantas han tomado gran importancia, la población busca remedios alternativos para su salud, en particular remedios sin los posibles efectos secundarios causados por los productos químicos sintetizados. El “mercado verde” se ha incorporado en la industria farmacéutica y uno de los desafíos en la determinación del papel de los productos naturales en la producción farmacéutica es la cuantificación del mercado. El mercado mundial para las sustancias químicas derivadas de productos naturales, principalmente de plantas, es importante y genera varios miles de millones de dólares al año, sin embargo las cifras son diversas:

- El proyecto FTTP-FAO, Biodiversidad, Bioprospección y Bioseguridad, estimó que el mercado mundial de fármacos de origen vegetal y basados en la medicina tradicional, en 1997, fue de aproximadamente **35 mil millones de dólares anuales**, de los cuales solamente 551 millones de dólares representaron las utilidades obtenidas para los países en desarrollo (Varea, 1997).
- El Informe de Mercado: Drogas Planta-Derivadas: Productos, Tecnología y Usos (McWilliams Andrew, 2003), estimó que las ventas sobre el mercado global de drogas o fármacos derivados de plantas son de **\$40 mil millones de dólares por año** (febrero del 2003). Las ventas analizadas son globales y sobre el mostrador, es decir al público en general, tanto de drogas o fármacos derivados de plantas como de medicinas herbales legales. Sin embargo no incluye: herbales vendidos generalmente como

suplementos dietéticos o alimenticios; drogas ilícitas: remedios caseros; medicinas tribales; drogas derivadas de bacterias y hongos; fibras usadas como laxantes; alimentos intravenosos tales como la dextrosa; sustancias derivadas de plantas que sirven como excipientes farmacéuticos, tales como almidón, metilcelulosa, goma de guar, aceites vegetales, ácidos grasos, manteca de cacao y cera del candelilla; sustancias de plantas usadas en cosméticos, artículos de tocador y productos personales de cuidado; y productos microbianos de la fermentación. Este estudio también estimó que una cuarta parte de los fármacos vendidos en los EE.UU, Canadá y Europa contiene ingredientes activos derivados de plantas.

- Business Communication Company (BCC), Norwalk una firma de estudios de mercado de Conn.-based, estimó el mercado global para las ventas de drogas derivadas de plantas en **\$22,6 mil millones de dólares en 1997 y 30,7 mil millones de dólares en el 2002**. Aproximadamente la mitad de estas ventas proviene de las entidades vendidas como productos de prescripción y la otra mitad de remedios herbarios, y no incluye los herbales excluidos en el estudio del Informe de Mercado: *Drogas Planta-Derivadas: Productos, Tecnología y Usos*. Estima que el mercado global para las drogas derivadas de plantas tiene aumentos en un índice de crecimiento anual medio (AAGR) de 6,3 por ciento.
  
- Business News Publishing Co. de Gale Group, estimó un mercado global para drogas derivadas de plantas de **\$13.7 mil millones de dólares para el 2002** proyectando un aumento en base a un índice de crecimiento anual medio (AAGR) de 6.2% a partir de la cifra de mercado del 2001 (12.9 mil millones de dólares) El informe se centró en el mercado global de drogas o fármacos planta derivados en base a información reciente y analizó los desarrollos tecnológicos, ambientales, legales/regulativos y socioeconómicas que pueden influir en el mercado de drogas o fármacos derivados de plantas. De esta forma los estudios incluyen la disponibilidad del financiamiento para investigación y desarrollo, la protección patentada y los asuntos intelectuales de la propiedad, otros asuntos legales y regulativos, la bioprospección, y la existencia de

plataformas alternativas de descubrimiento de la droga. Finalmente estimó que el mercado global tiene aumentos en un AAGR de 6.4%, la compañía elaboro proyecciones para el 2007 (Cuadro 4.8).

**Cuadro 4.8**

**Mercado global para las drogas derivadas de plantas.  
(mil millones de dólares)**

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	AAGR% 2002- 2007
Norteamérica	5.36	5.81	6.32	6.87	7.38	7.93	8.52	9.15	9.85	7.5
Resto del Mundo	6.04	6.29	6.58	6.87	7.23	7.61	8.01	8.43	8.91	5.3
Total del Mundo	11.40	12.10	12.90	13.74	14.61	15.54	16.53	17.58	18.70	6.4

Fuente: Business News Publishing Co. Gale Group, 2003.

La variación de las cifras es notable, y abarca desde los 14 hasta los 40 mil millones de dólares en el 2003. Sin embargo, en 1997 el proyecto FTTP (Programa Bosques, Árboles y Comunidades Rurales) -FAO estimó un mercado de aproximadamente 35 mil millones de dólares anuales, si esta cifra considerara el índice de crecimiento anual medio (AAGR) de 6.4% proyectado por Business News Publishing Co, la cantidad ascendería a \$50.78 mil millones de dólares en el 2003 (Cuadro 4.9).

**Cuadro 4.9**

**Proyección del mercado global para las drogas derivadas de plantas 1997-2003  
(Proyecto FTTP-FAO - Business News Publishing Co) (mil millones de dólares).**

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	AAGR% 1997- 2003
35	37.24	39.62	42.15	44.85	47.72	50.78	6.4

Fuente: Elaboración propia.

Las causas de la diferencia entre cifras pueden ser varias, pero cabe destacar la que se visualiza entre Business Communication Company (BCC) y Business News Publishing (BNP). BCC estima un mercado de 30.7 mil millones de dólares en 2002, este está basado en las ventas provenientes tanto de las entidades vendidas como productos de prescripción (medicina de patente) como de los remedios herbarios. BNP por su parte estima un mercado de 13.7 mil millones de dólares, menos de la mitad de la estimación de BCC, sin embargo sus estudios incluyen la disponibilidad del financiamiento, la protección patentada y los asuntos intelectuales de la propiedad, otros asuntos legales y regulatorios, la bioprospección, y la existencia de plataformas alternativas de descubrimiento de la droga, es decir, los costos del descubrimiento.

Para el 2003 las ventas farmacéuticas globales fueron de aproximadamente \$491,8 mil millones de dólares (revisión anual del mundo del IMS, [www.imshealth.com](http://www.imshealth.com)), considerando la estimación más alta del mercado global para las drogas derivadas de plantas del mismo año (40 mil millones de dólares), la proporción del mercado abarcado por los fármacos planta-derivados fue del 8.14%. Sin embargo ASAC Pharma, una compañía española de biotecnología e investigación, estimo que actualmente "el 20% del consumo mundial de fármacos se gasta en productos naturales" (Quintanilla, 2003).

#### **4.4.4 Potencial de los metabolitos secundarios y / o productos naturales derivados de plantas como fuente de fármacos**

El potencial de los productos naturales derivados de plantas como fuente de fármacos es enorme si consideramos que "aproximadamente solo 10% de las especies de plantas superiores del mundo han sido examinadas respecto a algún tipo de actividad biológica" (Harvey, 2000) y que el "40% de las estructuras moleculares que presentan los productos naturales no han sido reproducidas por métodos sintéticos", los cuales muchas veces resultan costosos (Henkel et al., 1999).

Además (como ya antes se había mencionado) los modos de aprovechamiento de los productos naturales con fines medicinales son variados: fármacos, fitofarmacos y uso o medicina tradicional. Estos dos últimos muchas veces no se encuentran en la estadística del mercado mundial y por lo tanto no se sabe a ciencia cierta su importancia económica. sin embargo se ha calculado que el 80% de la población mundial depende de atención primaria de salud basada en medicina tradicional por medicamentos herbarios (Grifo, 1997). *Biodiversity and human health*. Center for Biodiversity and Conservation (American Museum of Natural History). Washington DC. Por ejemplo:

- En China, las preparaciones herbarias tradicionales comprenden del 30%-50% del consumo medicinal total.
- En África, las preparaciones herbarias tradicionales comprenden hasta un 80% del consumo medicinal total.
- En Europa, Norteamérica y otras regiones industrializadas, mas del 50% de la población ha utilizado la medicina complementaria o alternativa por lo menos una vez.
- En San Francisco, Londres y África del sur, el 75% de gente que vive con SIDA complementa su tratamiento con medicina tradicional.
- El 70% de la población en Canadá ha utilizado la medicina tradicional como complementaria por lo menos una vez.
- En Alemania, el 90% de la población ha utilizado un remedio natural en un cierto punto de su vida. Entre 1995 y 2000, el número de doctores con entrenamiento especial en medicina tradicional se había duplicado.
- En los Estados Unidos, 158 millones de las medicinas complementarias usadas por la población estuvieron basadas en remedios tradicionales herbolarios, y según la Comisión de los Estados Unidos para las Medicinas Alternativas y Complementarias las ganancias se estimaron en \$17 mil millones de dólares en el 2000.
- En el Reino Unido, el gasto anual en medicina alternativa es USS 230 millones.

- El mercado global para las medicinas herbarias está estimado actualmente en \$ 60 mil millones de dólares anuales y está creciendo constantemente. (World Health Organization, Hoja N°134 del hecho revisado en Mayo del 2003).

Es por ello que actualmente se ha propuesto que el mercado lucrativo de los medicamentos podría ser un nuevo recurso para la diversificación del uso de los bosques y de otros ecosistemas ricos en diversidad biológica.

### 5.1 Introducción

Una alternativa poco explorada y que ofrece un gran potencial para el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales es la obtención, a partir de las hojas, de compuestos con utilidad farmacológica y/o industrial, los cuales poseen alto valor agregado. Las plantas producen moléculas únicas (metabolitos secundarios), albergando la mayor diversidad, la selva tropical. Aunque “México ocupa el cuarto lugar en biodiversidad vegetal a nivel mundial” (SEMARNAP), aun no se cuenta con estimaciones de los recursos bióticos y fitoquímicos que podrían ser aprovechados.

El aprovechamiento químico de las poblaciones naturales de árboles podría generar alternativas para la conservación de las selvas tropicales, a través del aumento del valor económico directo de este recurso. Un ejemplo de este tipo de recurso son los compuestos químicos conocidos como Calanólidos, los cuales presentan alta actividad contra el Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) tipo 1. Estos compuestos fueron descubiertos en 1992 en hojas de árboles de las selvas tropicales de Malasia, pertenecientes a la especie *Calophyllum lanigerum* (Kashman *et al.*, 1992). Posteriormente, se aislaron compuestos relacionados que presentaron menor actividad antiviral, llamados Inophyllums, de las hojas de *C. inophyllum* (Patil *et al.*, 1993). El compuesto líder, (+)-Calanólido A, se ha sintetizado y se encuentra en las últimas fases de valoración clínica, de esta forma podría incorporarse al arsenal terapéutico contra el SIDA. Recientemente, diversos calanólidos, entre ellos (+)-Calanólido A, fueron descubiertos en las hojas de los árboles de *C. brasiliense* de la región de Los Tuxtlas en el Estado de Veracruz. (Huerta *et al.*, 2004). Sin embargo, el rango de distribución de esta especie es más amplio, prospera en los fragmentos de Selvas Tropicales Perennifolias y Subcaducifolias que se encuentran tanto en la vertiente del Golfo de México, de Veracruz a Campeche, como en la vertiente del Pacífico, de Colima a Chiapas.

El objetivo del presente capítulo es hacer una evaluación económica preliminar del aprovechamiento ecológicamente sustentable de las hojas de *C. brasiliense*, pretendiendo con ello:

- (1) Preservar la selva, o al menos esta especie, a partir del aprovechamiento de las hojas para la obtención de calanólidos con uso farmacéutico.
- (2) Generar una actividad forestal alternativa que proporcione ingresos monetarios a las comunidades o pequeños propietarios de parcelas con remanentes de selva.
- (3) Conservar los recursos forestales, cambiando las labores de tala de árboles por su poda.
- (4) En el largo plazo, y dependiendo de la rentabilidad de esta nueva alternativa económica, se esperara incentivar tanto las labores de reforestación y cultivo de las especies productoras de metabolitos secundarios de interés comercial, así como la recopilación de información social, económica, ecológica y fitoquímica de dichas especies.
- (5) Incentivar la investigación de tejidos renovables (hojas), de otras especies forestales de la selva como fuentes de sustancias potencialmente útiles.

## **5.2 Antecedentes**

### **5.2.1 VIH y SIDA**

En 1981 se describió la aparición de una nueva enfermedad denominada Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA). Dos años más tarde se identificó al agente causal, el Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH). Con ello la comunidad médica y la sociedad, tomaron conciencia de la existencia de una nueva epidemia en la historia de la humanidad. En junio de 1981 se observaron los primeros casos de VIH dentro de la comunidad médica en Los Ángeles (EE.UU.), aunque estudios previos permiten detectar casos en pacientes fallecidos desde 1970 en África.

Hasta el momento se han detectado dos tipos de VIH en los seres humanos: VIH-1 y VIH-2. Estos difieren en sus propiedades serológicas y secuencia genómica. Con base en la

secuencia del gene *env*, se reconocen 9 subtipos de VIH-1 y 5 subtipos de VIH-2. Aún dentro de cada subtipo existe gran diversidad genética producto tanto de mutaciones como de la recombinación. Tal variabilidad es de gran importancia pues limita el desarrollo de una vacuna y favorece la posibilidad de que se incremente su virulencia. En cuanto a su distribución geográfica, el VIH-1 predomina en América, Asia y Europa; mientras que el VIH-2 se localiza preferentemente en África. El probable origen del VIH-1 y VIH-2 son dos lentivirus endémicos de dos especies de simios: el virus de la inmunodeficiencia del chimpancé y el virus de la inmunodeficiencia del mangabey, respectivamente. (Turner y Summers, 1998; Soler y Gaudiño-Rosales, 1995).

Se calcula que actualmente más de 40 millones de personas están infectadas con VIH y que 21 millones de muertes se han registrado alrededor del mundo debido a este padecimiento. Tan sólo 3 millones de personas murieron en el año 2003 y se estima que 15,000 personas se infectan con el virus cada día (UNAIDS, 2004). Tan solo en América Latina 2 millones de personas viven con el VIH, entre 120 y 180 mil personas fueron infectadas en el 2003 y entre 49 y 70 mil han muerto por esta causa. Sin embargo, otras fuentes estiman que un total de 75 millones de personas han sido contagiadas con el VIH y 26 millones han muerto en veinte años por el SIDA.

La epidemia del SIDA en nuestro país, hasta el primer trimestre del año 2004, ha reportado de manera acumulada 71,526 casos, ubicando a México en el lugar número 13 en cuanto a casos totales notificados mundialmente y en el tercer lugar en el continente americano, después de Estados Unidos y Brasil. El SIDA ocupa el lugar 16 como causa de muerte en nuestro país, pero constituye la cuarta causa de muerte en hombres y la séptima entre las mujeres de la población de 25 a 34 años de edad (Secretaría de Salud, México, 2004) (Huerta, 2004).

La “nueva epidemia” no solo ha repercutido en el ámbito médico y de la salud, sino también en el social, político y económico. El Banco Mundial ha concluido que “las consecuencias económicas del SIDA se han subestimado y la enfermedad tiene suficiente fuerza como para destruir la economía de un país en pocas generaciones” (Informe del Banco Mundial, 2002). Este organismo multilateral teme que el SIDA, en pocas

generaciones, devaste las economías de los países más afectados, que en su mayoría, son subdesarrollados. El SIDA en México se ha definido como un problema de seguridad nacional, por lo cual es de suma importancia llevar a cabo investigaciones que puedan aportar nuevas sustancias inhibidoras de VIH con toxicidad diferente que pudieran ofrecer alternativas en la terapia contra el VIH/SIDA (Huerta, 2004).

La prevención y la oferta de servicios de atención médica, en especial en lo referente al acceso a medicamentos antivirales, se ha convertido en el blanco para la lucha contra el VIH/SIDA. Antes de la existencia de esta oferta se debe considerar la existencia de modelos imperantes de investigación, descubrimiento, desarrollo y producción de nuevos fármacos que en muchos casos quedan fuera del alcance de un enorme sector de la población mundial, debido a su alto costo. De acuerdo con el régimen propuesto por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en el año 2000, el costo del tratamiento para un paciente con VIH se valuaba entre 10,000 y 12,000 US dólares anuales en el mercado mundial. En México, los fármacos que integran los tratamientos contemplados tienen un costo mensual (precios de gobierno) que fluctúa entre los 3,000 y 4,500 pesos cada uno, y cuyo promedio anual es de aproximadamente 6,000 US dólares (Secretaría de Salud, México, 2004); dicho promedio sigue estando por encima de los ingresos anuales por habitante (Moore, 2001).

Dada la competencia de los fármacos genéricos y los precios diferenciales de algunas compañías farmacéuticas, la ADPIC (Consejo de los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual de la Organización Mundial del Comercio) puso en práctica medidas que tratan de ofrecer una solución al problema que representa el precio en la terapia anti-retroviral, reduciendo el precio del tratamiento para cubrir exclusivamente los costos de fabricación y distribución, y anulando los derechos de propiedad intelectual relacionados a fármacos antivirales en países subdesarrollados (Moore, 2001). Hasta el momento todos los fármacos anti-VIH son sintéticos, entre ellos se encuentran los dos tipos de inhibidores de la reversa transcriptasa del VIH: los nucleósidos (por ejemplo el AZT) y los no nucleósidos (por ejemplo Nevirapina). No obstante, debido a la alta tasa de mutación del virus, este puede desarrollar resistencia a dichas drogas, por lo que existe una continua

necesidad de identificar nuevos inhibidores. Una estrategia para lograr dicho objetivo, ha sido la evaluación de la actividad de numerosos extractos y compuestos químicos extraídos de plantas, microorganismos e incluso animales.

### 5.2.2 Antivirales (VIH-1) en árboles del género *Calophyllum*

Los productos naturales han proporcionado entidades químicas potencialmente útiles en el tratamiento del SIDA, además de construir moldes para el diseño de nuevos fármacos. Como resultado de estudios prospectivos, donde ha participado de manera destacada el Instituto Nacional del Cáncer de los EE.UU.(INC), a la fecha se han identificado más de 60 productos naturales anti VIH-1 (cuadro 5.1). Estos compuestos se han extraído principalmente de plantas superiores, pero también de bacterias, hongos, invertebrados terrestres y marinos (Matthée *et al.*, 1999; Vlietinck *et al.*, 1998; Huang Fong y Yeung, 1997).

**Cuadro 5.1**

Algunos productos naturales de origen vegetal con actividad anti VIH-1		
Clase	Compuesto químico	Fuente
Diterpeno	Ácido carnosólico	<i>Rosmarinus officinalis</i> L. (Lamiaceae)
Triterpeno	Ácido betulínico y sus derivados	<i>Syzygium claviflorum</i> (Roxb.) Wall ex Cowan & Cowan (Myrtaceae)
Alcaloide dimérico	Michelaminas A,B y C	<i>Ancistrocladus korupensis</i> D. W thomas & Gereau (Ancistrocladaceae)
Ácido fenólico	3-5-dicafeoil-ácido quínico	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers. (Asteraceae)
Glicosil-flavonoide	Baicalin	<i>Scutellaria baicalensis</i> . Georgi (Lamiaceae)
Tanino	Putranjavin A	<i>Phyllanthus emblica</i> L. (Euphorbiaceae)
Polisacárido	Acemanano	<i>Aloe barbadensis</i> Mill (Liliaceae)
Triterpeno	Ácido ursólico y sus derivados	<i>Crataegus pinnatifida</i> Bunge (Rosaceae)
Triperteno	Ácido oleanólico y sus derivados	<i>Xanthoceras sorbifolia</i> Bunge (Sapindaceae)
Alcaloide	Nitidina	<i>Toddalia asiatica</i> (L.)Lam (Rutaceae)
Ácido galoilquínico	Ácido 1,3,4,5-tetra-O-galoilquínico	<i>Lepidobotrys staudtii</i> Engl. (Lepidobotryaceae)
Alcaloide	Cefarantina	<i>Stephania cephalantha</i> Hayata (Menispermaceae)
Cumarina	(+)-Calanólido A	<i>Calophyllum lanigerum</i> var. <i>austrocoriuceum</i> (Clusiaceae)

Basado en: Huang T. B., Fong W. P. y Yeung H. W., 1997; Vlietinck A. J., *et al.*, 1998; Matthée G., Wroight A. D. y Köning G. M., 1999; Min B. S., *et al.*, 2000; Yang S. S., *et al.*, 2001; Cos P., *et al.*, 2004, citado en Huerta, 2004.

Los productos naturales anti VIH presentan una gran diversidad estructural desde el punto de vista farmacológico, para algunos de ellos se ha determinado su forma de acción, destacando aquellos que inhiben la actividad de la reversa transcriptasa (RT) (Mattehée *et al.*, 1999). El más importante en la actualidad es la cumarina (+)-Calanólido A.

El (+)-Calanólido A fue aislado por primera vez de los brotes y frutos del árbol tropical *Calophyllum lanigerum* de Malasia por investigadores del Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos (dependencia gubernamental) como parte de estudios bioprospectivos. Sus propiedades anti VIH se detectaron mediante ensayos *in vitro* de viabilidad celular con células humanas infectadas (Kashman *et al.*, 1992). Resultando ser un inhibidor de la enzima reversa transcriptasa del VIH-1. También se aislaron 7 compuestos relacionados con actividad antiviral, pero menos potentes.

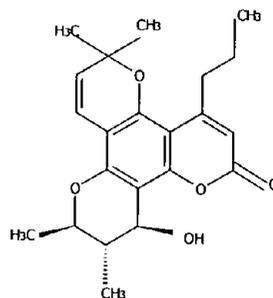
En 1993 el NIH (National Institute of Health, EE.UU.) concedió a la compañía MediChem una subvención para realizar la investigación de la fase I SBIR (Small Business Innovation Research Program: Pequeñas Empresas de Alta Tecnología) para desarrollar una ruta sintética de obtención de (+)-Calanólido A. En 1996 la compañía farmacéutica de Estados Unidos, MediChem, y el Gobierno del Estado de Sarawak formaron una empresa conjunta para realizar el desarrollo clínico de los calanólidos y facilitar la investigación de otras moléculas aisladas de los bosques de Sarawak. Aunque ningún producto ha sido comercializado aún, el caso llevó indirectamente al desarrollo de una nueva ordenanza de reestructuración legal y administrativa tanto para el acceso a recursos bióticos como para la repartición equitativa de los beneficios. ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)) (Ten Kate y Wells, 1998; Ten Kate y Laird, 1999).

En un ensayo clínico con personas infectadas con VIH-1, que recibieron este fármaco (aún experimental) se obtuvieron resultados prometedores. El compuesto redujo los niveles del VIH en la sangre y además demostró eficacia contra la tuberculosis, una de las causas de muerte más importantes en los portadores de la enfermedad en los países en vías de desarrollo. Este compuesto es activo únicamente contra el VIH-1 (distribuido en el continente Americano) y se encuentra actualmente (2004), en la fase de estudios clínicos II/III (fase clínica) con pacientes VIH-1 positivos, donde se evalúa su actividad a largo

plazo conjuntamente con otros agentes anti-VIH y se asegura la persistencia de tales combinaciones. De superar esta etapa podría convertirse en el primer fármaco originalmente extraído de una especie vegetal, que se aprobase para uso clínico en el tratamiento del SIDA (Creagh *et al.*, 1998; <http://www.niaid.nih.gov/daids>, [www.sarawak-medicchem.com](http://www.sarawak-medicchem.com)). Aunado a esto, si se comercializa, el fármaco podría generar un valor de entre 200 a 400 millones de US dólares anuales, por lo cual estaría a la par de otras drogas anti -VIH comparables (Ten Kate *et al.*, 2003).



Virus de Inmunodeficiencia Humana –Tipo 1



(+)-Calanólido A

### 5.2.3 Patentes y Calanólidos

Los procesos y metodologías de preparación de calanólidos que han sido patentados hasta el momento a nivel mundial, así como los propietarios de estos, se refieren principalmente al método de obtención y/o síntesis, así como a la aplicación del (+)-Calanólido A y sus componentes relacionados (cuadro 5.2). Es importante resaltar que algunas de estas patentes han sido reivindicadas debido a que ha terminado el periodo de concesión y/o por modificaciones a la invención. También existen solicitudes de patentes que aun no han sido otorgadas (cuadro 5.3).

Cuadro 5.2

Patentes otorgadas				
Patente	Título	Campo de la Invención	Inventores	Propietario
6,369,741 otorgada 9/04/2002 reivindicada el 16/07/2002 bajo el No. 6,420,571	Métodos para preparar Calanólido como componente antiviral.	Esta invención relaciona a métodos para preparar calanólidos y análogos de Calanólido	Xu; Ze-Qi (Naperville, IL); Yuan; Hongwei (Foster City, CA); Crabbs; Jennifer (Chicago, IL); Samy; Raghu (Schaumburg, IL); Li; Allag (Carol Stream, IL); Cao; Hua (Chicago, IL)	Sarawak MediChem Pharmaceuticals, Inc. (Woodridge, IL)
6,313,320 6/11/2001	Proceso para la preparación de precursores de Calanólido	Esta invención se relaciona a la preparación de una clase de monofenoles tricíclicos que son intermediarios en la síntesis del grupo de los calanólidos y de las xantonas.	Fox; Martin Edward (Cambridge, GB); Meeke; Graham Andrew (Cambridge, GB)	Chirotech Technology Inc. (GB)
6,277,879 21/08/2001	Análogos de Calanólido y métodos de su uso	Esta invención se relaciona a análogos de Calanólido que demuestran la actividad antiviral poderosa contra varios virus. Esta invención se relaciona también al uso de análogos de calanólido para tratar o prevenir infecciones víricas.	Xu; Ze-Qi (Naperville, IL); Flavin; Michael T. (Darien, IL); Zembower; David (Oak Park, IL)	Sarawak MediChem Pharmaceuticals Inc (Lemont, IL)
6,160,131 12/12/2000	El método escalable para el aislamiento de agentes anti VIH del planta tropical "Calophyllum"	La invención presente se relaciona a un método mejorado para aislar y purificar costanolido y soulatrólido del látex de plantas de <i>Calophyllum</i> sp.	Lin; Yuh-Meej (Naperville, IL); Anderson; Herbert M. (Woodridge, IL); Jents; Tsah R. (Chicago, IL); Williams; Michael J. (Ottawa, IL); Flavin; Michael T. (Darien, IL); Xu; Ze-Qi (Naperville, IL)	Sarawak MediChem Pharmaceuticals Inc (Lemont, IL)
5,489,697 otorgada el 6/02/1996, con última reivindicación el 28/03/2000 bajo el número 6,043,271	El método para la preparación de (+)-Calanólido A e intermediarios del mismo	Esta invención se relaciona a un método para la preparación de (+)-Calanólido A, un inhibidor poderoso de la reversa transcriptasa del VIH y de intermediarios del mismo. En particular, esta invención se relaciona a un método para producción del Calanólido A, la resolución de quiral del mismo en sus formas ópticamente activas, y en su uso para tratar las infecciones víricas.	Flavin; Michael T. (Darien, IL); Xu; Ze-Qi (Naperville, IL); Rizzo; John D. (Downers Grove, IL); Kucherenko; Alla (Naperville, IL); Khilievich; Albert (Glenview, IL); Sheinkman; Abram Kívovich (Naperville, IL); Vilaychack; Vilayphone (Elgin, IL); Lin; Lin (Chicago, IL); Chen; Wei (Naperville, IL); Boulanger; William A. (Schenectady, NY)	Sarawak MediChem Pharmaceuticals Inc (Lemont, IL)
5,859,050 otorgada el 12/01/1999 con última reivindicación el 9/11/1999 bajo el número 5,981,770	El método para la preparación de (+)-Calanólido A y análogos del mismo	Esta invención se relaciona a un método para la preparación de (+)-Calanólido A, un inhibidor poderoso de la transcriptasa reversa del VIH y de Calanólido A análogo. Esta invención se relaciona también al uso de Calanólido A análogo para tratar o prevenir las infecciones víricas.	Flavin; Michael T. (Darien, IL); Xu; Ze-Qi (Naperville, IL); Khilievich; Albert (Glenview, IL); Zembower; David (Oak Park, IL); Rizzo; John D. (Downers Grove, IL); Liao; Shuyuan (Glen Ellyn, IL); Mar; Aye (Chicago, IL); Liu; Lin (Chicago, IL); Vilaychack; Vilayphone (Elgin, IL); Brankovic; Darko (Bolingbrook, IL); Drekhster; Sergey (Chicago, IL); Liu; Jiajun (Naperville, IL)	Sarawak MediChem Pharmaceuticals Inc (Lemont, IL)
5,591,770 otorgada el 7/07/1997 y reivindicada 12/01/1999 bajo el número 5,859,049	Calanólidos y componentes antivirales relacionados. Composiciones y usos del mismo	Esta invención se relaciona a componentes antivirales, en recintos antivirales particulares aislados, o derivados de las plantas del género <i>Calophyllum</i> , específicamente a calanólidos. Esta invención se relaciona también a métodos de aislar los antivirales de plantas de <i>Calophyllum</i> , las composiciones que comprenden calanólidos, los componentes relacionados, y los derivados del mismo, y los métodos para utilizar las composiciones en aplicaciones clínicas, la terapia tal como antiviral y la prevención de la infección vírica.	Boyd; Michael R. (Hjarnsville, MD); Cardellina, II; John H. (Walkersville, MD); Gustafson; Kirk R. (Mt. Airy, MD); McMahon; James B. (Frederick, MD); Fuller; Richard W. (Tracy's Landing, MD); Craig; Gordon M. (Bethesda, MD); Soejarto; Doel (Lombard, IL)	The United state of America as represented by the Department of Health (Washington, DC); The Board of Trustees of the University of Illinois (Urbana, IL)
5,608,085 4/03/1997	La síntesis de calanólidos ópticamente activo A y B y los componentes relacionados	La invención se relaciona a una síntesis múltiple de calanólidos ópticamente activos A y B que respectivamente produzcan calanólidos en rendimientos altos y en un grado de pureza y libertad hasta cierto punto no obtenido con calanólidos ni inophyllums sintéticos respectivos y hasta ahora no informados en la literatura. Los calanólidos son sumamente activos contra la reversa transcriptasa del VIH -I	Baker; David C. (Knoxville, TN); Desbaste; Prashant P. (Knoxville, TN); Yan; Shijia (Knoxville, TN); Tagliareri; Frank (Knoxville, TN); Victory; Samuel F. (Knoxville, TN)	The University of Tennessee Research Corporation (Knoxville, TN)

Fuente: www.wipo.int

Cuadro 5.3

Solicitudes de patentes			
Solicitud	Título	Resumen	Inventores
20020013480 31/01/2002	<b>Métodos para preparar compuestos antivirales de calanólidos.</b>	Esta invención relaciona métodos de preparación de calanólidos y análogos de calanólidos.	<i>Xu, Ze-Qi; (Naperville, IL); Yuan Hongwei; (Foster City CA); Crabb, Jennifer; (Chicago, IL); Sany, Raghu; (Schaumburg, IL); Li, Ailing; (Carol Stream, IL); Cao, Hua; (Chicago, IL)</i>
20020086898 4/07/2002	<b>Calanólidos y relación de componentes antivirales y usos.</b>	Esta invención relaciona los componentes antivirales, en particular componentes antivirales aislados y derivados de plantas del género <i>Calophyllum</i> , específicamente componentes referidos como calanólidos. Esta invención también relaciona métodos de aislamiento componentes antivirales de plantas de <i>Calophyllum</i> . Compuestos relacionados y usados en aplicaciones clínicas, así como terapia antiviral y la prevención de infecciones virales.	<i>Boyd, Michael R.; (Jamsville, MD); Cardellina John H. II; (Walkersville, MD); Gustafson Kirk R.; (Mt. Airy, MD); McMahon James B.; (Frederick, MD); Fuller, Richard W.; (Tracy's Landing, MD); Cragg, Gordon M; (Bethesda, MD); Kashman, Yoel; (Tel Aviv, IL); Soejarto, Doel; (Lombard, IL)</i>
20020013478 31/01/2002	<b>Análogos de calanólidos y método de su uso.</b>	Esta invención relaciona a análogos de calanólidos que demuestra la potente actividad antiviral contra varios virus. Esta invención también relaciona al uso de análogos de calanólidos para tratamientos preventivos contra infecciones virales.	<i>Xu, Ze-Qi; (Naperville, IL); Flavin Michael T. ; (Darien, IL); Zembower, David; (Oak park, IL)</i>

Fuente: [www.wipo.int](http://www.wipo.int)

Cabe recalcar que la mayoría de las patentes se refieren a los métodos de preparación y uso de activos o componentes (calanólidos), precursores y análogos sintéticos del mismo.

En consecuencia el uso de la “forma” no sintética, bajo métodos de colecta y extracción “tradicionales” (es decir, tan comunes que ya no se hace mención del autor de la técnica), propuesta en la presente tesis, no repercute en las patentes ya designadas. Empero, es importante señalar que se deben hacer más estudios legales al respecto.

### 5.3 Antivirales (VIH-1) en el árbol *Calophyllum brasiliense* de las selvas de México

En el año 2001, el Instituto de Química de la UNAM inició un programa bioprospectivo dirigido por el Dr. Ricardo Reyes Chilpa, tendiente al descubrimiento de compuestos antivirales naturales contra el virus de inmunodeficiencia humana tipo 1 (VIH-1) a partir de la flora mexicana, en especial de especies de la familia Clusiaceae. Como parte de este proyecto se detectaron 5 especies con alta actividad anti-retroviral. Los extractos más

activos fueron los obtenidos de las hojas de un árbol tropical (*C. brasiliense*) colectadas en la región de Los Tuxtlas en el Estado de Veracruz. Los estudios químicos en los extractos de hexano y acetona indicaron que los componentes activos son el (+)-Calanólido A, (-)-Calanólido B, (+)-Calanólido C y el soulatrólido; los cuales se encuentran en baja concentración. Los componentes mayoritarios: ácido apétálico, ácido isoapétálico, canofilol, friedelina y amentoflavona, fueron inactivos contra el VIH-1 (Huerta *et al.*, 2004 a,b). Es interesante señalar que extractos de *C. brasiliense* habían sido evaluados previamente, con resultados negativos, por el INC de EE.UU. (McKee, *et al.*, 1998). La falta de actividad puede ser explicada por la existencia de dos poblaciones de esta especie con composición química diferente en sus hojas. En efecto, estudios químicos y biológicos realizados en el Instituto de Química de la UNAM con ejemplares de *C. brasiliense* colectados en la Sierra de Santa Martha, Estado de Veracruz, mostraron que los extractos de las hojas contenían otro tipo de compuestos diferentes a los calanólidos llamados cumarinas tipo mammea, las cuales son inactivas contra el VIH-1, aunque poseen propiedades antitumorales notables (Reyes, *et al.*, 2004).

### 5.3.1 Descripción Botánica de *Calophyllum brasiliense*

Familia - Clusiaceae -

Nombres Comunes En México.:

Barí, Leche amarilla, Santa María, María, Marillo (Chis.); Leche María (Oax., Chis.); Guayana (Chis., Tab.); Barillo; Cedro cimarrón, Cimarrón, Ocu (Oax.); Palo María (Nay.); Sakbalamté (l. tzeltal, Chis.).

Descripción

*Forma.* Árbol caducifolio, de 20 a 30 m (hasta 45 m) de altura y diámetro a la altura del pecho de 40 a 60 cm (hasta 1.3 m).

*Copa.* Redondeada, extendida y densa.

*Hojas.* Decusadas, simples, opuestas, láminas de 6 x 2.5 a 14 x 5.5 cm. elípticas u oblongas, glabras, coriáceas, con el margen entero; haz verde oscuro y brillante, envés verde pálido; venas secundarias numerosas.

*Tronco.* Cilíndrico y recto. Contrafuertes insinuados, de hasta 20 cm de alto, redondeados.

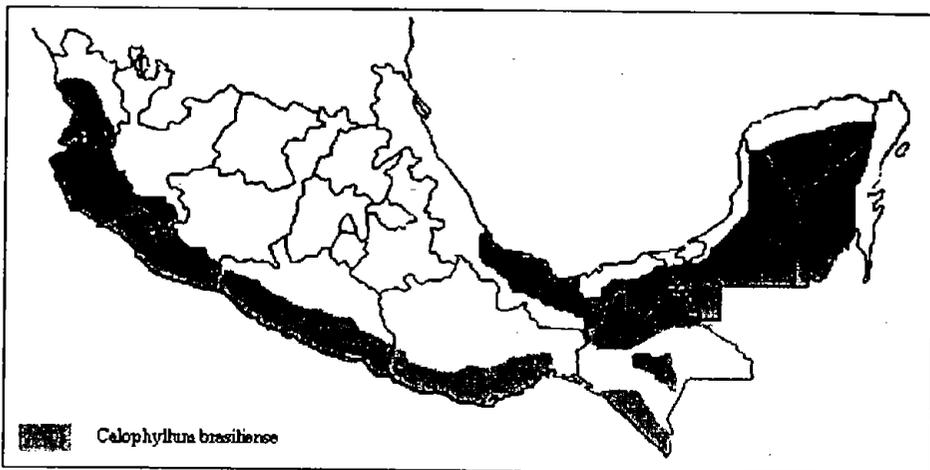
*Ramas.* Ascendentes y torcidas.

*Corteza.* Externa longitudinalmente fisurada, pardo morena. Interna de color crema rosado, laminada, fibrosa, amarga, con un exudado intensamente amarillo. Grosor total: 10 a 20 mm.

### Distribución

Se distribuye en la vertiente del Golfo desde el sur de Veracruz hasta Quintana Roo; en la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas. Altitud: 0 a 650 (800) msnm (mapa1).

**Mapa 1. Distribución geográfica de la especie *Calophyllum brasiliense* en México.**



Fuente: Pennington, T. D. y Sarukhán, J., 1968.

### Hábitat

Habita en zonas bajas e inundables de bosque primario y secundario viejo, también cerca de ríos y arroyos en terrenos de suelo profundo. Crece sobre pendientes ligeras o pronunciadas, en cañadas y a orilla de carreteras. Clima muy húmedo, con temperatura media de 25 °C. Prospera en suelos con buen drenaje, derivados tanto de material calizo como ígneo metamórfico. Desarrolla bien en los suelos extremadamente laterizados. En la región del Amazonas prefiere suelos aluviales (varzeas).

*Suelos:* volcánico, profundo, pardo, ondulado, arcilloso con roca calcárea, calcáreo, degradado, relativamente seco, arenoso, negro pedregoso, arcilla roja impermeable.

### Importancia Ecológica

Especie Primaria. Muy abundante, dominante y codominante de la selva alta perennifolia en el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, Tabasco, Veracruz, y Chiapas (selva Lacandona).

Forma rodales densos en el Amazonas.

*Zona ecológica.* Trópico húmedo. Trópico subhúmedo.

### Experiencias con la planta

*Sistema agroforestal.* Tiene buen potencial como árbol maderable del estrato alto, plantado a baja densidad, en sistemas de estratos múltiples. Podría usarse también en el enriquecimiento de barbechos. En las Antillas se ha sembrado como sombra de café y Cacao.

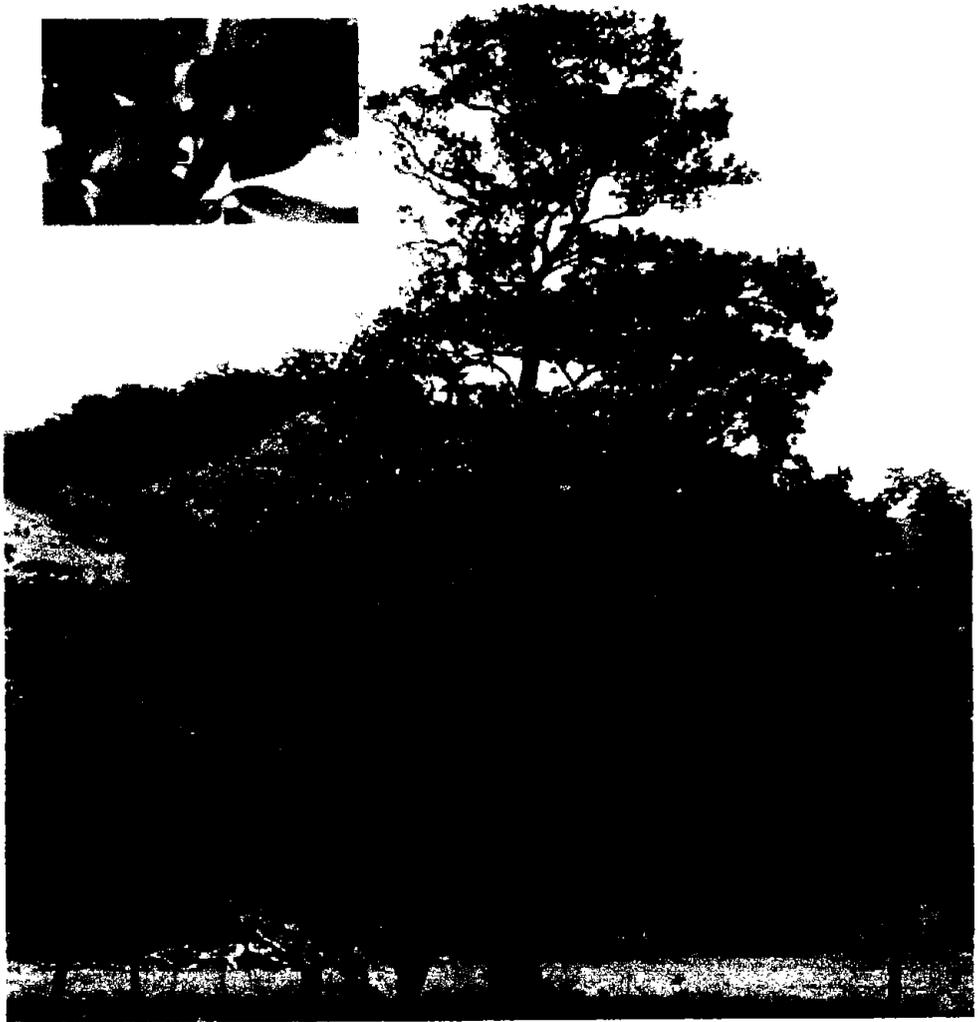
### Efecto Restaurador / Servicio al Ambiente

*Efecto(s) restaurador(es).* 1. Recuperación de terrenos degradados.

*Servicio(s).* 1. Ornamental. 2. Barrera rompevientos. En Granada se utiliza como rompevientos en las plantaciones de nuez moscada. 3. Sombra / Refugio.

*Tolerante a.* 1. Suelos pobres y degradados.

**Imagen 1. *Calophyllum brasiliense* Cambess, en Los Tuxtlas Veracruz.**



## Usos

*Aromatizante [corteza]*. La corteza contiene un aceite esencial semejante al del sándalo.

*Combustible [semilla (aceite)]*. El aceite que contienen las semillas se utiliza con fines de iluminación.

*Maderable [madera]*. Especie maderable con posibilidades comerciales. Nombre común: Barí. Se ha usado para suplantar al cedro y la caoba. Su principal producto es la madera de excelente calidad que se usa para hacer quillas, mástiles, costillas y armaduras de embarcaciones así como para muebles finos, triplay, parquet, puentes, carrocerías, amazones, tejamanil, chapas, ebanistería, durmientes, decoración de interiores, partes de molinos, puertas y ventanas, telares, pasamanos, huellas y descansos, mangos para cubiertos.

*Medicinal [semilla (aceite), exudado (látex)]*. El aceite de la semilla cura algunas enfermedades cutáneas. El látex que maná del tronco se conoce como bálsamo de María y se le atribuyen propiedades medicinales.

## Normatividad

*Calophyllum brasiliense* aun no se encuentra bajo normatividad de la Norma Oficial Mexicana para el aprovechamiento de recursos naturales, sin embargo la SEMARNAP menciona que:

- 1 La aplicación medicinal de la especie debería estar regulada por la norma oficial mexicana NOM-009-RECNAT-1996,
- 2 El uso combustible por la NOM-007-RECNAT-1997,
- 3 El uso en construcción, para herramientas, maderable y ornamental por la NOM-005-RECNAT-1997.

### **5.4 Área de Estudio: Los Tuxtlas Veracruz, México.**

Previamente hecha la referencia del aislamiento de compuestos antivirales (+)-Calanólido A, (-)-Calanólido B, (+)-Calanólido C y soulatrólido) de las hojas del árbol tropical C.

*brasiliense*. colectado en la región de Los Tuxtlas en el Estado de Veracruz (Huerta *et al.*, 2004 b). Es posible proponer el aprovechamiento de las poblaciones naturales de estos árboles con el objetivo de generar alternativas económicas para la población local que, al mismo tiempo, se traduzcan en la conservación de las selvas tropicales mexicanas. Como marco de referencia, se escogió la región de Los Tuxtlas por constituir un entorno donde diferentes actores sociales y económicos interactúan con la especie *C. brasiliense*; y deciden el futuro de la zona y los remanentes de Selva Tropical. hábitat de esta especie. Esta zona es una de las mejor estudiadas desde el punto de vista ecológico (González, Dirzo y Vogt, 1997), además la variedad de actividades productivas de la zona permite contrastar la rentabilidad de las propuestas con las de actividades ya existentes y que influyen en el deterioro de la selva, como son el cultivo de maíz y la ganadería vacuna.

La Sierra de Los Tuxtlas está ubicada en la llanura costera del Golfo Sur, prácticamente sobre la costa, abarcando de Punta Varela a Punta Roca Partida. Su dirección es NW-SE, su eje mayor mide aproximadamente 78 km y el menor 40 km. Esta formada por un gran número de conos volcánicos, ocasionando que el relieve sea más escarpado, principalmente en la vertiente oeste (Villalpando, 1972). De acuerdo con Sousa (1968) las elevaciones más importantes son: Volcán San Martín Tuxtla, Volcán Santa Martha, Cerro Pelón, Cerro Campanario, Volcán San Martín Pajapan y Cerro Cintepec. En la parte central se encuentra una cuenca con inclinación hacia el oeste que alberga el Lago de Catemaco. En los diferentes conos que conforman la sierra se sitúan las lagunas Encantada, Chalchopan y del Majahual. El clima es templado/húmedo. Para fines de esta descripción, y considerando que la sierra es una importante barrera climática, se ha limitado el área entre los paralelos 18°00' a 18°43' de latitud norte y los meridianos 94° 40' a 95° 30' de longitud oeste. La zona de Los Tuxtlas comprende tres municipios: San Andrés Tuxtla con una superficie de 91,877 hectáreas, Santiago Tuxtla con una superficie de 62,184 hectáreas y Catemaco con una superficie de 71,067 hectáreas ([www.sefiplan.gob.mx](http://www.sefiplan.gob.mx)).

La vegetación original de esta zona estaba constituida por Selva Tropical Perennifolia (también llamada Selva Tropical Lluviosa, o Selva Alta Perennifolia). Este tipo de vegetación es la más exuberante de todos los que existen en la Tierra, pues se desarrolla en

lugares con climas donde, ni el agua ni la temperatura, constituyen factores limitantes del desarrollo de las plantas a lo largo de todo el año. En México se ubicaba en las vertientes del Golfo y el Pacífico, pero ha sido destruida aceleradamente en últimos cincuenta años. Uno de los remanentes mejor conservados de Selva Alta Perennifolia en México, se encuentra en el Municipio de San Andrés Tuxtla, en la zona de Los Tuxtlas, Veracruz.

#### **5.4.1 Focalización de esfuerzos en micro-regiones prioritarias: Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas**

Para intentar detener o revertir la crisis ecológica en la Región de Los Tuxtlas, diversas instituciones han emprendido esfuerzos. En 1967, la Universidad Nacional Autónoma de México, estableció y ha mantenido una reserva en la región: la *Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas"*, la cual funciona como centro educativo y de investigación. La estación se encuentra a 40 Km de Catemaco, Veracruz, en el Municipio de San Andrés Tuxtla, enclavada en las estribaciones del Volcán de San Andrés. Al principio la UNAM tomó posesión de 150 hectáreas pertenecientes a la colonia Militar Agrícola Montepío cedidas por el gobierno. Tres años más tarde compró cinco lotes más completando 700 hectáreas. En 1987 debido a la solución de un litigio de linderos con el ejido vecino de Laguna Escondida, la Estación ajustó su predio a 640 hectáreas de selva, que conforman hoy en día el remanente de Selva Alta Perennifolia más importante de la región sur del Estado de Veracruz (González, *et al.*, 1997), el cual ha sufrido un proceso serio de deterioro desde la década de 1960 (Dirzo y García, 1992; Durand y Lazos, 2004), ya que gran parte de sus alrededores están convertidos en potreros o acahuales.

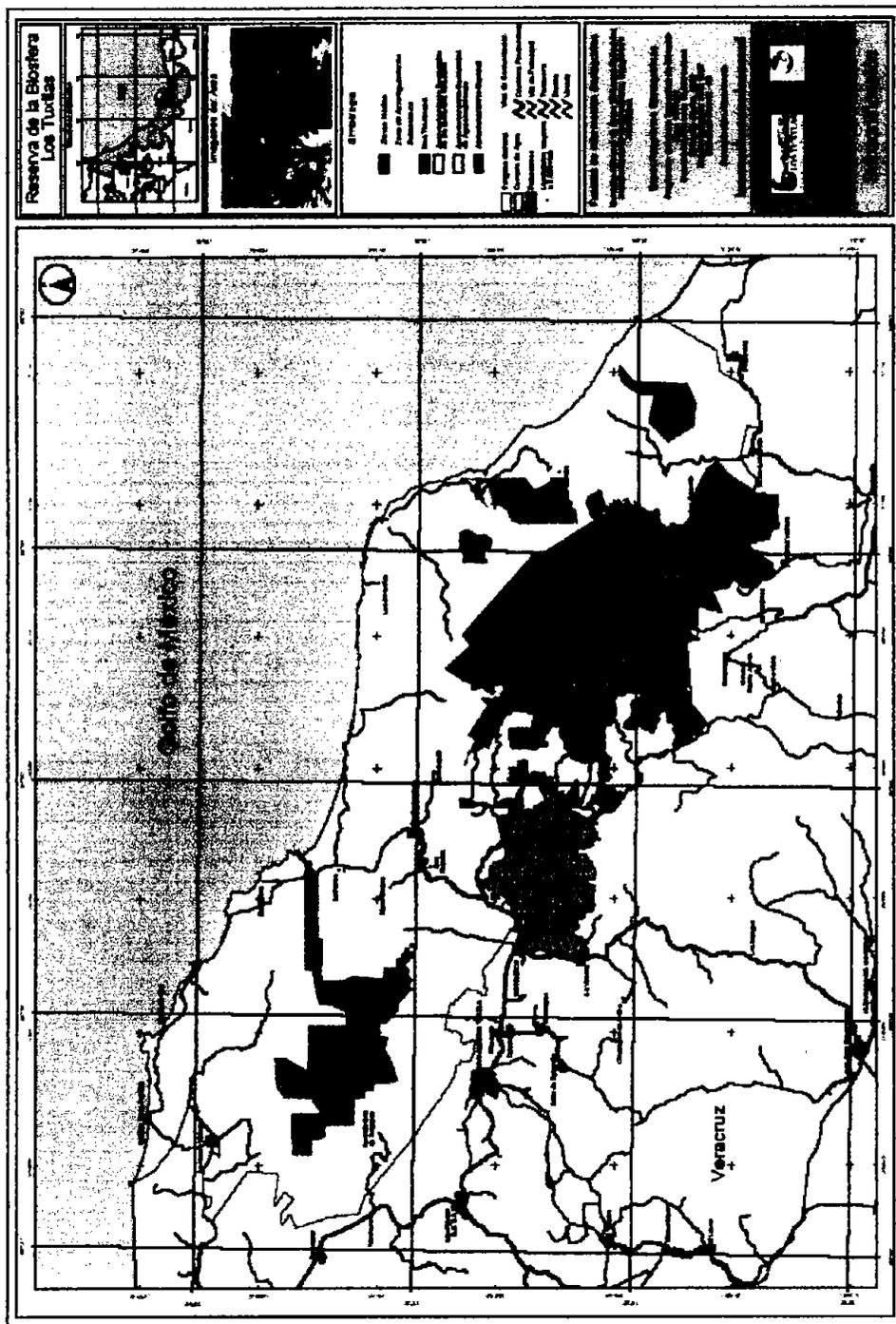
Posteriormente, en 1979 se visualizaron los primeros esfuerzos gubernamentales de protección de la Selva Húmeda Tropical de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. También la región del Volcán San Martín y la Sierra de Santa Martha fueron declaradas "Zonas Protectoras Forestales y de Refugio de Fauna Silvestre", con una superficie aproximada de 5.000 hectáreas. En 1982, dichas áreas fueron ampliadas a 20.000 hectáreas, y se les asignó la categoría de Reserva Especial de la Biosfera. Finalmente el 23 de noviembre de 1998, a

través de un esfuerzo interinstitucional por parte del gobierno del Estado de Veracruz, el Instituto Nacional de Ecología de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), la Dirección de la Reserva, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), El Instituto de Ecología A.C. la Universidad Veracruzana y el Programa Sierra de Santa Martha A.C (PSSM), se integraron y delimitaron las áreas protegidas y otras superficies en el decreto de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (mapa 2). La Reserva se configuró de la siguiente manera: zona núcleo (I) Volcán San Martín Tuxtla con 9,805 hectáreas, zona núcleo (II) Sierra de Santa Martha con 18,031 hectáreas, zona núcleo (III) Volcán San Martín Pajapan con 1,883.30 hectáreas, y la zona de amortiguamiento con 125,401 hectáreas. Reconfigurando un total de 155,120 hectáreas, bajo la protección de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAP 1998, CONANP 2001).

La Reserva se encuentra sometida a una intensa presión derivada de la gran cantidad de habitantes en la región y que requiere de los recursos que la Reserva ofrece. Dentro de los límites del área natural protegida viven 6,908,975 habitantes, cantidad que nos habla de la intensa presión que se ejerce sobre los recursos de la misma, pero también tal cifra nos da idea del tamaño del reto que implica demostrar la viabilidad de vincular los objetivos de protección y conservación de los recursos, con los del desarrollo de una población muy marginada, que requiere satisfacer amplias necesidades.

El factor demográfico es uno de los temas más complejos de la Región de Los Tuxtlas, tanto por sus características de distribución, composición y diversidad, como por los aspectos dinámicos asociados a ellos. En el Censo de 1990 y el Conteo de Población 1995 solamente se registran siete municipios, dado que Tatahuicapan de Juárez fue creado en 1997. Para el Censo del año 2000 se consideran datos parciales de éste último porque se constituyó a partir de los municipios de Sotepan y Mecayapan. Se consideran además para el análisis, los municipios de Ángel R. Cabada y Hueyapan de Ocampo.

Mapa 2. Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas.



En los datos demográficos relevantes para cada uno de los municipios de la Región de Los Tuxtlas, se consideran los 8 municipios en los que se asienta la Reserva de la Biosfera, además del Municipio de Hueyapan de Ocampo por los motivos antes expuestos (Cuadro 5.4).

**Cuadro 5.4**

<b>Población y tasas de crecimiento en la región</b>			
MUNICIPIO	POBLACION TOTAL (1990) <sup>1</sup>	POBLACION TOTAL (1995) <sup>2</sup>	POBLACIÓN TOTAL (2000) <sup>3</sup>
ANGEL R. CABADA	33,731	34,312	32,119
CATEMACO	40,585	44,321	45,383
HUEYAPAN DE OCAMPO	38,272	40,396	39,795
MECAYAPAN	18,357	22,764	15,210
PAJAPAN	11,432	13,073	14,071
SAN ANDRES TUXTLA	124,634	137,435	142,343
SANTIAGO TUXTLA	51,476	54,522	54,539
SOTEAPAN	23,181	28,888	27,486
TATAHUICAPAN DE JUÁREZ			12,488
TOTAL REGION	341,668	375,711	383,434
ESTATAL	6,228,239	6,737,324	6,908,975

Fuentes: <sup>1</sup>INEGI, 1991; <sup>2</sup>INEGI, 1996; <sup>3</sup>INEGI 2001.

La gran mayoría de la población regional se concentra en dos núcleos: el más importante en la zona occidental, particularmente en las tres grandes ciudades ( Catemaco, San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla) que aún poseen remanentes de selva y otros poblados distribuidos alrededor y muy próximos a ellas. El otro núcleo de concentración se ubica en una franja al sur de la región. Cabe destacar que ambos núcleos de concentración poblacional se localizan en las inmediaciones de la Reserva. Los municipios de San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla y Catemaco, concentran más del 63 % de la población total, ya que contienen los niveles más altos de densidad poblacional, en donde San Andrés Tuxtla es el que presenta el valor más elevado (142,343 habitantes) (INEGI, 2001).

El 85% de las actividades productivas corresponden a la ganadería y la agricultura. El 13% de las actividades le corresponde a los servicios, tales como el turismo en pequeña escala, el transporte, el comercio y la construcción. Finalmente, el 2% de las actividades les corresponde a las industriales, como tabacaleras y fabricas de bebidas gaseosas

(SEMARNAT-RBLT 2001). Debido a la escasa rentabilidad de las labores productivas en estas comunidades, es frecuente la migración hacia Estados Unidos y otros estados de la República como Tamaulipas, Baja California Norte y la Ciudad de México.

Lo anterior nos permite concluir que “Los Tuxtlas” es una región densamente habitada, cuya población es mayoritariamente de características rurales y está desigualmente distribuida. Existen amplios espacios relativamente sin población, pero que también están sometidos a algún grado de humanización.

Los Tuxtlas es una de las reservas mejor estudiadas de México y Latinoamérica. Es una de las áreas protegidas donde mejor se han documentado los procesos de deforestación de las Selvas Tropicales. A pesar de los múltiples estudios y trabajos de investigación (por instituciones académicas nacionales y extranjeras, y programas gubernamentales de desarrollo social para la región) no se ha podido detener el avance de la deforestación, tráfico de especies silvestres y contaminación de cuerpos de agua. Las actividades agrícolas y ganaderas en la región han causado la pérdida de la cobertura forestal en más del 85%. Las amenazas mencionadas ponen en serio riesgo la integridad biológica de la reserva, por lo que se considera *críticamente amenazada*.

#### **5.4.1.1 Problemática Ecológica: El Caso de la Ganadería**

La Región de Los Tuxtlas estuvo ocupada hace cincuenta años principalmente por Selva Alta Perennifolia, sin embargo, actualmente gran parte los alrededores se encuentran convertidos en potreros o acahuales.

Alrededor del año 1525 se introdujo en la región de Los Tuxtlas el primer pie de cría de alguno de los tres tipos de ganado que posteriormente fueron comunes en la zona. Los asentamientos españoles en la región estuvieron relacionados con los primeros ingenios azucareros de la Nueva España. En el Continente Americano la ganadería se inició como parte de un binomio productivo novedoso: azúcar y ganado. La importancia de la producción azucarera de Los Tuxtlas se vio menguada por la construcción de ingenios más

grandes y mejor comunicados. Los esclavos que trabajaban en la producción del azúcar fueron encargados de la atención del ganado. En la zona de Los Tuxtlas y en general en toda la cuenca del Papaloapan, la incorporación de grandes extensiones de tierra a la producción pecuaria se hizo mediante concesiones a los conquistadores, las cuales constan de uno o mas sitios para ganado de aproximadamente 1,775 hectáreas cada uno.

La producción en la Sierra Tuxtleca consistió sucesivamente de azúcar, algodón, tabaco y madera; no obstante, la ganadería se mantuvo como una fuente segura de alimentos y riqueza, así como una forma de apropiación de grandes extensiones de tierra. A partir de 1920, la ganadería de Los Tuxtlas así como la de todo el Estado de Veracruz y el trópico húmedo mexicano se transformó con la introducción de razas cebuinas mejoradas y nuevas técnicas en materia de pastos y forrajes tropicales.

La ganadería que actualmente se practica en Los Tuxtlas, al igual que en el trópico húmedo veracruzano, es completamente diferente a la que se realizaba desde la conquista. Como consecuencia, cambiaron drásticamente tanto el escenario como los actores, el ganado cebú fue restringido a los potreros de donde la selva fue excluida.

En todo el trópico húmedo mexicano, la expansión de la ganadería ha transformado el paisaje forestal original en un mosaico de campos de cultivo, potreros, remanentes de selva y matorrales. Los municipios más representativos de la región de Los Tuxtlas (Catemaco, San Andrés Tuxtla y Santiago Tuxtla) (cuadro 5.5), ocupan 87,774 hectáreas para el ganado, de éstas 46,292 hectáreas son superficie natural y 51,482 hectáreas son superficies cultivadas.

**Cuadro 5.5**

<b>Superficie dedicada a la ganadería. Municipios mas importantes en la Región de Los Tuxtlas según tipo de vegetación. (hectáreas)</b>			
<b>Municipio</b>	<b>Total</b>	<b>Natural<sup>a/</sup></b>	<b>Cultivada<sup>b/</sup></b>
Catemaco	15488	14820	10668
San Andrés Tuxtla	40767	18083	22684
Santiago Tuxtla	31519	13389	18130
<b>Total</b>	<b>87,774</b>	<b>46292</b>	<b>51482</b>

FUENTE: Anuario estadístico del Estado de Veracruz, edición 2004, citado en [www.sefiplan.gob.mx/copladever/anuario04](http://www.sefiplan.gob.mx/copladever/anuario04)  
a/ Se refiere a la superficie con pastos naturales, arbustos, hierbas y matorrales, que se desarrollan sin la intervención de la mano del hombre. b/ Comprende pastos para pastoreo y para corte.

Del total de la superficie que tiene el Estado de Veracruz, en cuanto a bosques y selvas, el 73.71 % se ha convertido en pastizales, de este porcentaje el 2.7 % corresponde a la región de Los Tuxtlas, como resultado de la deforestación (aproximadamente 750 hectáreas al año) a causa de la ganadería (Dirzo y García, 1991).

Es importante resaltar que, desde el punto de vista florístico y de vegetación, los potreros en general son sencillos y con una estructura horizontal y vertical poco compleja. Sin embargo, los potreros abiertos en zonas de selva húmeda, en este caso “Los Tuxtlas”, poseen una compleja estructura y son florísticamente ricos debido a la influencia de fragmentos forestales y a la presencia de numerosos árboles remanentes de la selva localizados alrededor o en medio de ellos, así como a lo largo de los cauces de agua que los atraviesan. (Dirzo *et.al.*, 1997).

#### **5.4.2 Focalización de esfuerzos dentro de la micro-región prioritaria: Laguna Escondida, Municipio San Andrés Tuxtla.**

##### **Entrevistas directas**

Los datos fueron recabados en Julio del 2004, a través de entrevistas abiertas a ejidatarios de las comunidades limítrofes a la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”: Laguna Escondida y Balzapote. Así como a investigadores, estudiantes y trabajadores de la Estación.

La muestra agrupa a un total de 24 entrevistados, cifra en la que se incluye el 27% (n=6) de los ejidatarios de Laguna Escondida y el 15% (n=7) de Balzapote, así como el 27% (n=26) de las personas que laboran permanentemente en la estación.

### Formato de entrevistas

- 1) Lugar de origen y situación con la Estación
- 2) ¿Sabe usted con cuantas hectáreas cuenta el ejido de Laguna Escondida?
- 3) ¿Sabe usted con cuantas hectáreas cuenta la Estación?
- 4) ¿Sabe usted para que sirve la Estación?
- 5) ¿Cree usted que sirve de algo la estación para las comunidades vecinas?
- 6) ¿Existe algún problema entre la Estación y las comunidades vecinas, principalmente con el ejido Laguna Escondida?
- 7) ¿Cuál es?
- 8) ¿Con cuántos habitantes cuenta su comunidad?
- 9) ¿Cuántos son ejidatarios?
- 10) ¿A que se dedica usted?
- 11) ¿Cuál es su salario?
- 12) ¿Piensa usted en migrar a otro lugar, a donde, y por que?
- 13) ¿Cuál es la actividad económica principal en su comunidad?
- 14) ¿Cuál es el precio de una hectárea de selva en su comunidad?
- 15) ¿Cuál es el precio de una vaca en su comunidad?
- 16) ¿Cuánto dinero se le invierte aproximadamente a esa vaca?
- 17) ¿Siembra usted maíz, o sabe usted si en su comunidad siembran maíz?
- 18) ¿Cuánto vale el kilogramo de maíz?
- 19) ¿A trabajado alguna vez para la Estación?
- 20) ¿Cuánto le han pagado?
- 21) ¿Qué precio tiene el transporte de Laguna Escondida a Catemaco (camioneta de 3.5 toneladas)
- 22) ¿Cree usted que sirve de algo conservar las selvas, y para que?
- 23) Si tuviera usted una actividad con remuneración que además conservara la selva, ¿la realizaría?

## Resultados

El ejido de Laguna Escondida, dentro del Municipio de San Andrés Tuxtla (mapa 3), tiene una superficie total de 337 hectáreas y una población aproximada de 100 habitantes, de los cuales 22 son ejidatarios. La mayor parte de las tierras se dedican a la agricultura y a la ganadería bovina extensiva, existiendo actualmente escasos manchones de selva intercalados en áreas que han sido convertidas a potreros, pero sobretodo en áreas cercanas a la laguna que da nombre a dicho ejido.

La ganadería se establece como actividad principal, aunque también se cultivan algunos frutos como naranjas, toronjas, y mangos; así como chiles, entre otros productos. La producción de maíz es solo de autoconsumo. Otras actividades complementarias son la venta de leche y queso, la colecta de leña, la pesca y la cacería; así como el trabajo de guías y/o colectores para investigadores y estudiantes de la Reserva vecina (Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas").

La mayor parte de la población son mujeres y niños. Los hombres adultos jóvenes y algunos mayores, prefieren migrar a Estados Unidos, Canadá y otros estados de la República Mexicana como Tamaulipas, Baja California Norte y la Ciudad de México; debido a la escasa rentabilidad de las labores productivas en su comunidad.

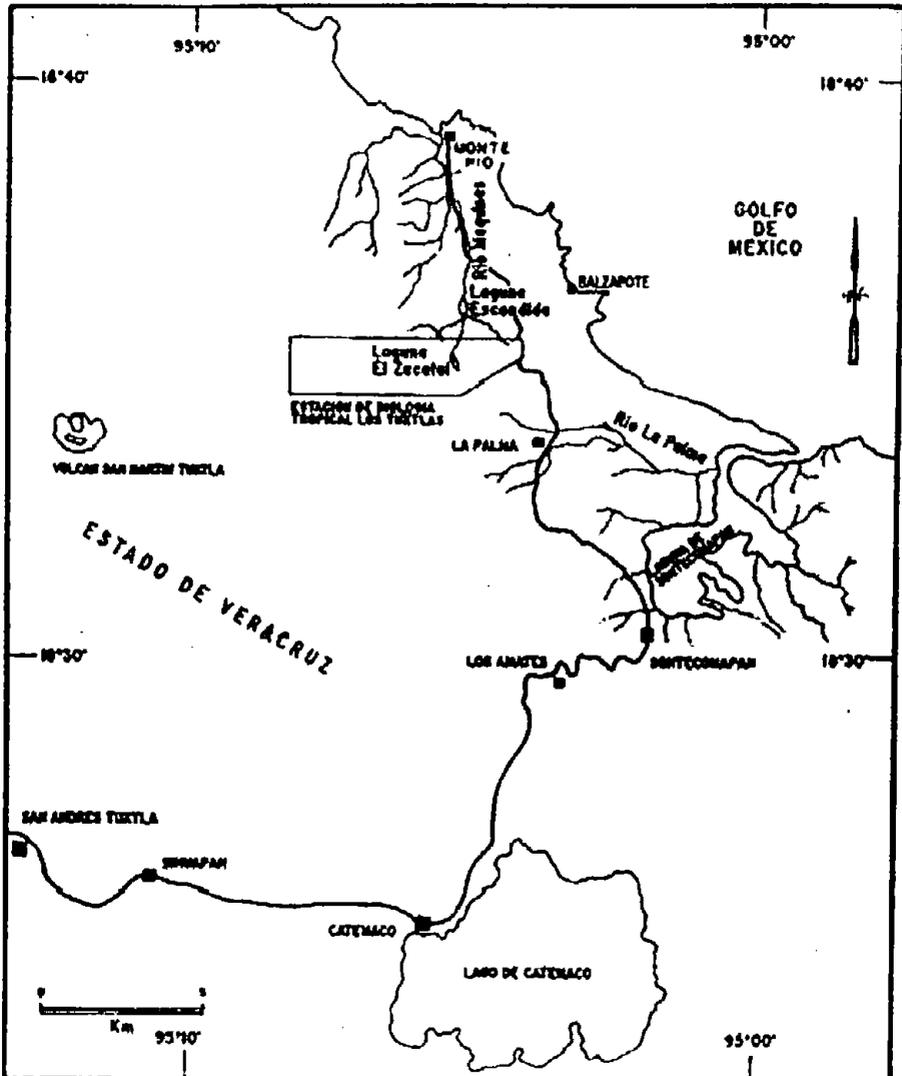
Los pobladores de las comunidades limítrofes no saben a ciencia cierta con cuantas hectáreas cuenta la Estación. Todos los pobladores entrevistados tienen conocimiento de la existencia de la Estación, pero menos de la mitad sabe que la institución encargada de su funcionamiento es la UNAM. En general describen la función de la Estación como "realizar estudios", aunque les cuesta trabajo especificar que tipo de estudios se hacen o para que sirven. La mayoría de los habitantes de las comunidades no cree que la Estación aporte en algo a las mismas. Todos los entrevistados saben acerca de los problemas que existen entre la Estación y las comunidades, debidos principalmente a la pelea por hectáreas y por la no solución de acuerdos establecidos. El salario promedio por día de los pobladores

entrevistados es de \$35 pesos, sin embargo a aquellos que trabajan en la Estación se les paga aproximadamente \$100 por día. Sólo cuatro de los campesinos entrevistados han entrado a la Estación y conocen sus instalaciones, debido a que fueron contratados para trabajar en el sitio. El precio promedio de una vaca (cría) es de \$2800 pesos, mientras los egresos por sus cuidados son de aproximadamente \$300 pesos. Una hectárea cuesta en promedio \$50,000 pesos en los ejidos de Laguna Escondida y Balzapote. El kilogramo de maíz cuesta en promedio \$6 pesos. El transporte de carga en una camioneta de 3.5 toneladas (ida y vuelta) de Laguna Escondida a Catemaco es de \$150 pesos.

Todos los entrevistados creen que sirve de algo la conservación de las selvas, para los pobladores la utilidad de las mismas es la obtención de agua, y para los investigadores, estudiantes y trabajadores es obviamente por ser una fuente de trabajo e investigación. Con respecto a la última pregunta: Si tuviera usted una actividad con remuneración que además conservara la selva, ¿la realizaría?, todos los entrevistados contestaron afirmativamente.

En Laguna Escondida, se localiza una de las poblaciones más grandes de la especie *Calophyllum brasiliense*. Por ello, y por la falta de actividades laborales económicamente rentables y ecológicamente sustentables, se eligió como comunidad prospecto potencial de estudio.

Mapa 3. Localización del ejido de Laguna Escondida en el Municipio de San Andrés Tuxtla.



Fuente: [www.iascp2004.org.mx/downloads](http://www.iascp2004.org.mx/downloads)

## 5.5 Propuesta de Aprovechamiento: *Calophyllum brasiliense* como Fuente de Fármacos Antivirales

En la región de Los Tuxtlas, como en todo el trópico mexicano, la transformación del uso de suelo ha estado asociada a la necesidad de la población de contar con actividades productivas remuneradas, así como para asegurar los derechos de propiedad. Es por ello, que el 85% de las actividades productivas de la zona de Los Tuxtlas están dedicadas a la agricultura y la ganadería, siendo esta última la actividad más rentable.

Bajo este contexto, el descubrimiento de calanólidos en un árbol que habita en las selvas mexicanas, *C. brasiliense*, da la pauta para pensar en un tipo de aprovechamiento sustentable no convencional basado en un producto forestal no maderable (cosecha de hojas). Siendo factible imaginar un aprovechamiento sustentable y periódico, con lapsos de tiempo comparables a los agrícolas y ganaderos (1 a 3 años de espera).

Uno de los objetivos de la presente tesis es la evaluación económica de la cosecha de hojas del árbol tropical *C. brasiliense*, para la obtención de un posible fármaco antiviral, (+)-Calanólido A, así como de otros compuestos relacionados que si bien son inactivos contra el VIH-1, poseen propiedades antioxidantes, antibacteriales (Pretto *et al.*, 2004) y analgésicas (da Silva *et al.*, 2001). Lo que hace que esta especie sea de vital importancia, tanto para la conservación de la biodiversidad como para el beneficio de la sociedad.

El modelo económico que se presenta a continuación es puramente hipotético. Se propone la cosecha y comercialización de las hojas secas de *C. brasiliense*, como materia prima, que se ofrecerían a una empresa farmacéutica, un fabricante de fitofármacos o incluso dependencias del sector salud, interesadas en elaborar medicamentos que contengan compuestos con actividad antiviral, como son los calanólidos.

La realización de dicho proyecto tiene el propósito de fomentar la conservación de la especie arbórea, así como su hábitat natural; y proporcionar una alternativa productiva rentable para los habitantes de la región de Los Tuxtlas; en particular a los pobladores del Ejido Laguna Escondida, municipio de San Andrés Tuxtla, sitio donde se localiza una población grande de *C. brasiliense*.

### 5.5.1 ¿Aprovechamiento sustentable y económicamente rentable de las hojas de *Calophyllum brasiliense*?

El aprovechamiento sustentable basado en parámetros ecológicos puede ser o no rentable económicamente. De hecho uno y otro pueden ser mutuamente excluyentes.

Para el caso de estudio, se estimó la rentabilidad económica de cuatro formas de cosecha de hojas, que pretenden ser ecológicamente sustentables, pero que difieren en la cantidad de follaje que se cosecharía anualmente, incrementando la presión ejercida por el hombre sobre los recursos naturales (cosechas 1 a 4).

- **Cosecha 1.** En este caso se empleó un criterio ecosistémico, donde solo se cosecharía la cantidad de hojas equivalente a las que naturalmente se desechan en un año en una hectárea de Selva Tropical Húmeda madura y en buen estado.
- **Cosecha 2.** Siguiendo un enfoque bibliográfico, se calculó la biomasa aproximada de un árbol adulto de *C. brasiliense* y se estimó una cosecha equivalente a un cuarto (25%) de la biomasa de la copa cada año. Se aprovechó la poca información disponible sobre la densidad poblacional de esta especie en una hectárea de selva.
- **Cosecha 3.** Se calculó la rentabilidad económica de una cosecha de hojas donde se maximiza la ganancia, sin importar el costo ambiental para el ecosistema. Con el propósito de confrontar la rentabilidad económica con la sustentabilidad ecológica.
- **Cosecha 4.** Por último, se empleó parcialmente un enfoque autoecológico, para estimar la cantidad de hojas cosechables de *C. brasiliense* en la región de Los Tuxtlas. Se calculó el volumen de la copa del árbol con base en el peso y el volumen de las hojas en fresco y en seco. Finalmente, se asumió cosechar la cuarta parte del volumen total de la copa del árbol por razones ecológicas. Los datos necesarios se obtuvieron en dos prácticas de campo realizadas por las autoras de la tesis en la región de estudio.

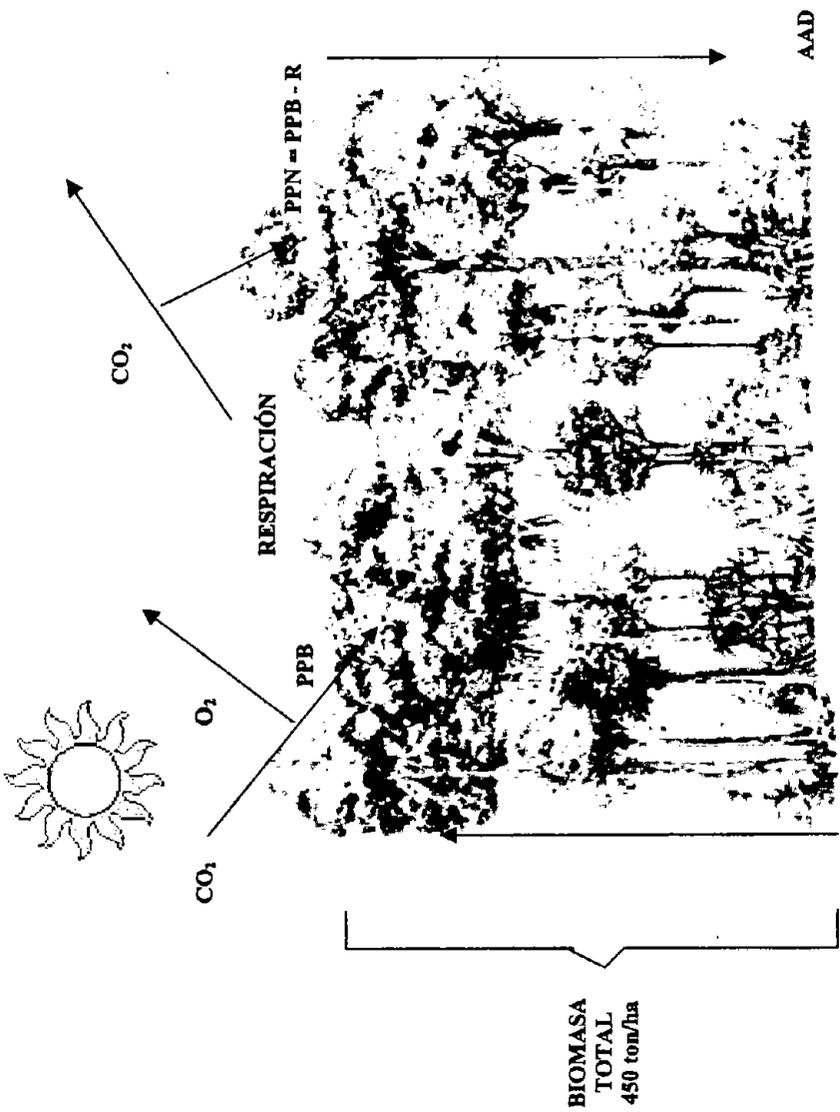
### 5.5.1.1 Rendimiento de las hojas de *Calophyllum brasiliense*: Cosechas

#### 1. Cosecha 1 (*Enfoque Ecosistémico*)

Idealmente, para que sea sustentable la cosecha de hojas, sería necesario podar solo una fracción de la copa del árbol, para dar tiempo a la regeneración del follaje cosechado en un año, manteniendo en equilibrio el crecimiento constante de los árboles y por tanto la conservación de la selva. Bajo este enfoque, se propone cosechar una cantidad de hojas equivalente al “aporte anual de detritus” (AAD). Los detritus son tejidos orgánicos principalmente vegetales que se desechan y caen al suelo, de forma natural cada año, donde se descomponen contribuyendo al reciclaje de materia y flujo de energía en los ecosistemas.

En una Selva Tropical lluviosa se estima que en promedio el AAD es de 9.34 a 25 toneladas por hectárea, de las cuales el 70% son hojas (Rodin y Basilovic, 1968; Bray y Gorham, 1964; O’Nelly y De Angelis, 1981; Cooke y Rayner, 1984). Por lo que, la cantidad de follaje que cae al suelo cada año va de 6.6 a 17.5 toneladas por hectárea. Tomando una media entre estos datos, teóricamente serían cosechables 12.05 ton/ha de follaje. Es importante indicar que para la obtención del (+)-Calanólido A, se requiere de follaje en seco. Así que, dicha cantidad reduciría su peso en fresco en un 27%, según pruebas realizadas por las autoras de la presente tesis; por lo que la cantidad de follaje que se comercializaría sería de **8.91 ton/ha**.

En un ecosistema forestal maduro en equilibrio, se sabe que el aporte anual de detritus (AAD) es igual a la producción primaria neta (PPN) (cuadro 5.6); esto significa que una cantidad igual a la biomasa producida en un año cae al suelo, por tanto no se incrementa la biomasa total de la selva (Figura 5.1). Es importante señalar que en este modelo se asume que todos los árboles de la selva son de *C. brasiliense* (composición monoespecífica).



**Figura 5.1**

Modelo de una Selva Tropical Perennifolia, donde se muestra la dinámica de la biomasa, a partir de la fijación del  $CO_2$  (Producción Primaria Bruta, PPB), pérdida de  $CO_2$  por respiración, la incorporación neta (Producción Primaria Neta, PPN) así como la biomasa que entra al subsistema de descomposición (Aporte Anual de Detritus, AAD).  
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.6

Conceptos Ecológicos de Ecosistemas Forestales	
<u>Biomasa</u>	Cantidad de materia viva (organismos) producida en una área determinada de la superficie terrestre, ecosistema, o en uno de sus niveles tróficos. Esta como recurso natural es renovable bajo ciertos límites.
<u>Respiración</u>	Proceso mediante el cual se consume O <sub>2</sub> y se desprende CO <sub>2</sub> y agua. Es el proceso contrario de la fotosíntesis que toma CO <sub>2</sub> y agua desprendiendo O <sub>2</sub> . En un ecosistema todos los seres vivos aeróbicos respiran incluyendo las plantas. Estas respiran en los periodos en los que no pueden obtener energía por fotosíntesis porque no hay luz o porque tienen que mantener los estomas cerrados.
<u>Producción Primaria Bruta</u>	Es la materia total fijada por fotosíntesis por las plantas en un ecosistema, se expresa por unidad de área y tiempo. Resulta cuando las plantas, como organismos autótrofos, sintetizan su propia masa corporal a partir de los elementos y compuestos inorgánicos del medio, en presencia de agua como vehículo de las reacciones y con la intervención de la luz solar como aporte energético para éstas.
<u>Producción Primaria Neta</u>	Es la materia fijada (carbono) por la fotosíntesis, menos aquella liberada en la respiración. Es decir la producción primaria bruta menos la respiración. Se expresa con la ecuación: PPN - PPB - R. Cuando la PPN es positiva, la biomasa del ecosistema está aumentando. - biomasa neta que se incorpora al ecosistema cada año -)
<u>Detritus</u>	Materia orgánica muerta que ingresa al subsistema de la descomposición para participar en el reciclaje de materia y flujo de energía. Está compuesta por tejidos vegetales y animales.
<u>Aporte Anual de Detritus</u>	Son los detritus producidos en un año en un ecosistema. En un ecosistema forestal en equilibrio la producción primaria neta es igual al aporte anual de detritus: AAD = PPN.
<u>Autoecología.</u>	Rama de la ecología que estudia las relaciones de una única especie con su medio ambiente
<u>Diámetro a la Altura del Pecho</u>	DAP. Parámetro utilizado para caracterizar el tamaño y -en ciertos casos- la edad de un árbol.

Fuente: elaboración propia en base a [www.ecositebr.bio.br](http://www.ecositebr.bio.br), [www.google.com.mx](http://www.google.com.mx).

## II. Cosecha 2 (Enfoque Bibliográfico)

Para hacer el análisis de esta propuesta, se aprovechó la poca información bibliográfica disponible sobre la biomasa total de un árbol adulto de *Calophyllum brasiliense*, así como de la densidad poblacional de esta especie en una hectárea de selva. Es importante señalar que los datos obtenidos corresponden a estudios realizados en poblaciones arbóreas de Brasil, debido a que en México aún no existe un estudio ecológico a fondo de esta especie tropical.

De acuerdo con los datos obtenidos en la literatura, se considera un árbol adulto, de *C. brasiliense*, aquel que alcanza 18 metros de altura y más de 30 cm de diámetro a la altura del pecho (dap), éste cuenta con una biomasa arbórea (**peso total del árbol**) promedio de 3,954.055 kg (De Paula, *et al.*, 1996), de la cual la copa representa el 25% (Ricker, comunicación personal), esto es 988.514 kg de biomasa (follaje). Debido a que no existen

estimaciones sobre la producción y caída anual de hojas, a falta de un estudio ecológico de esta especie y de acuerdo con la Sociedad Internacional de Arboricultura, no se debe exceder la poda de la copa de un árbol maduro a más de un tercio de ésta ([www.isahispana.com](http://www.isahispana.com)), por lo que se propone cosechar una cuarta parte de la copa del árbol. Tomando en cuenta lo anterior y calculando la biomasa cosechable para un árbol, se obtendrían 247.128 kg de follaje en verde por árbol y considerando que se requiere de follaje en seco para la obtención de (+)-Calanólido A (compuesto antiviral de las hojas del *Calophyllum brasiliense*) y que el peso de las hojas en fresco se reduce en un 27%, cuando se somete a un proceso de secado, se obtendrían 180.40 kg de follaje por árbol (Cuadro 5.7).

**Cuadro 5.7**

<b>Biomasa cosechable de la copa por árbol.</b>			
<b>Biomasa arbórea</b>	<b>Biomasa total de la copa</b>	<b>Biomasa cosechable de la copa</b>	
<b>kg / verde</b>	<b>kg / verde</b>	<b>kg / verde</b>	<b>kg / seco</b>
3954.055	988.514	247.128	180.40

Los cálculos están expresados en kilogramos debido a que se considero la biomasa promedio de un solo árbol.  
Fuente: Elaboración propia con base en [www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n2-1996](http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n2-1996)

Como muchos árboles tropicales, su densidad poblacional es muy variable entre localidades. Se ha estimado que la población de *C. brasiliense* en la región de los Tuxtlas es en promedio de 1 árbol adulto por hectárea (Ricker, 1998). Sin embargo, otros autores han registrado poblaciones abundantes sin dar un número determinado (Rzedowski, 1978). En las selvas tropicales de Brasil se han observado poblaciones de 183 árboles adultos (mayor de 10 m de altura) por hectárea (De Paula, *et al.*, 1996). Para la evaluación económica se supuso una población de 125 árboles adultos por hectárea, considerando que la región de estudio, ejido de Laguna Escondida, alberga una gran cantidad de árboles de *C. brasiliense*.

Dado lo anterior, si de cada árbol se obtienen 180.40 kg de follaje en seco y esto lo multiplicamos por los 125 árboles que habrían en una hectárea, tendríamos 22,551 kg por hectárea lo que sería igual a **22.551 toneladas por hectárea** en cada cosecha anual en los meses de abril o mayo, época en la cual los árboles de los Tuxtlas tiran sus hojas de forma natural.

### III. Cosecha 3 (Máximo de rentabilidad económica)

En este caso se supuso una colecta de 36.15 ton/ha de follaje en fresco, que es el triple de lo que en una hectárea de selva tropical aporta al detritus anualmente (cosecha 1), ejerciendo mayor presión sobre el ambiente y que a simple vista no es ecológicamente sustentable; aunque implicaría mayor rentabilidad que en los casos anteriores.

Siguiendo con el criterio de comercializar hojas en seco para la obtención de (+)-Calanólido A y que se reduce el peso en 27%. Se adquirirían de las 36.15 ton/ha de follaje en fresco, **26.39 ton/ha** de hojas en seco. Se planteó dicha cantidad de follaje cosechable con la finalidad de hacer una comparación con los casos anteriores y recalcar la importancia que representan los estudios ecológicos de la especie propuesta, *C. brasiliense*.

### IV. Cosecha 4 (Práctica de campo)

Los datos utilizados en el presente análisis se obtuvieron en dos prácticas de campo realizadas por las autoras de la tesis en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. En la primera práctica (septiembre a diciembre de 2003) se llevo a cabo el muestreo de 30 árboles de *C. brasiliense* con la finalidad de obtener la altura y el diámetro a la altura del pecho (dap) de árboles maduros, también se colectaron hojas para determinar su peso, longitud, área y volumen (cuadro 5.9). Se utilizó el método expuesto en el cuadro 5.8 para calcular en cuanto se reduce el peso de las hojas de *C. brasiliense* después del proceso de secado. Los resultados se presentan en el cuadro 5.9, donde se observa que el peso en verde de las hojas se reduce en promedio 27 %.

**Cuadro 5.8**

<b>Colecta y secado de hojas de <i>Calophyllum brasiliense</i></b>	
<b>Colecta</b>	Se utilizó un clinómetro Brunton® Survey Master™ para medir la altura del árbol, una cinta métrica industrial para medir el diámetro a la altura del pecho (dap), una garrocha con tijeras para cortar las hojas maduras y expuestas al sol – hojas cosechables –, papel periódico y cartón para prensar las hojas y evitar su descomposición y brújula para la localización del árbol colectado. También se utilizó un medidor de área foliar (CI 202 Portable Área Meter), aparato para medir el área, longitud y diámetro de la hoja y una balanza electrónica de precisión (Navigator) para pesar las hojas en fresco.
<b>Secado</b>	Se ocupó un cuarto de secado húmedo, que utiliza alrededor de 16 focos de 100 watts, el proceso de secado duro 7 días. Se empleo la balanza electrónica de precisión (Navigator) para pesar las hojas, ahora en seco, así como el medidor de área foliar.

Fuente: Elaboración propia con el apoyo del Dr. Martín Ricker, jefe de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", UNAM y al Dr. Ricardo Reyes Chilpa, Instituto de Química, UNAM.

Cuadro 5.9

No. Árbol	Peso en verde (gr)	Peso en seco	Var. peso (%)	Longitud* (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	V ( cm <sup>3</sup> )
1	3.62	0.106	34.151	6.60	17.36	10.42
2	5.18	0.272	19.044	9.30	35.41	21.25
3	4.53	0.152	29.803	8.80	27.21	16.33
4	4.83	0.148	32.635	8.70	29.42	17.65
5	5.03	0.172	29.244	8.50	29.43	17.66
6	4.1	0.132	31.061	6.90	19.74	11.84
7	4.55	0.122	37.295	6.80	21.58	12.95
8	4.2	0.108	38.889	7.30	21.62	12.97
9	3.46	0.116	29.828	7.00	16.13	9.68
10	4.7	0.182	25.824	9.00	30.34	18.20
11	4.68	0.172	27.209	7.90	25.31	15.19
12	4.05	0.108	37.500	7.20	19.2	11.52
13	4.7	0.186	25.269	8.20	28.71	17.23
14	5.13	0.174	29.483	8.90	30.01	18.01
15	4.48	0.178	25.169	8.50	26.71	16.03
16	5.18	0.164	31.585	8.40	30.97	18.58
17	4.27	0.112	38.125	7.30	21.35	12.81
18	4.45	0.146	30.479	8.10	23.77	14.26
19	4.45	0.128	34.766	7.30	21.52	12.91
20	5.03	0.276	18.225	10.00	36.07	21.64
21	4.07	0.216	18.843	9.90	27.89	16.73
22	3.74	0.194	19.278	9.50	24.71	14.83
23	4.07	0.222	18.333	10.10	29.00	17.40
24	3.74	0.16	23.375	8.60	21.65	12.99
25	4.12	0.228	18.070	9.70	27.87	16.72
26	4.5	0.266	16.917	11.2	34.69	20.81
27	4.3	0.278	15.468	11.2	33.42	20.05
28	4.07	0.182	22.363	8.80	24.67	14.80
29	3.54	0.152	23.289	8.20	19.57	11.74
30	4.32	0.198	21.818	8.40	25.84	15.50
Promedio	4.37	0.175	26.78**	8.54	26.03	15.62

\* La longitud, área y volumen no variaron, en cuanto a la relación fresco/seco de las hojas.

\*\* El promedio de la variación del peso (fresco/seco), se redondeo a 27% para fines prácticos.

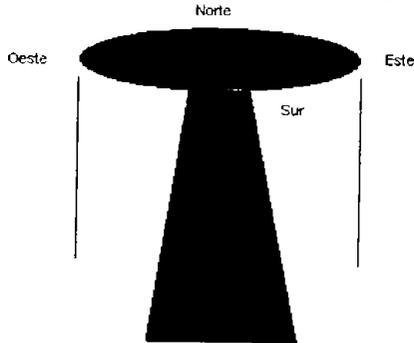
Fuente: Datos obtenidos en la primera práctica de campo en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtles" en la región de Los Tuxtles, Veracruz. Cada promedio se obtuvo con 60 hojas de cada árbol.

Para calcular la biomasa aproximada de la copa de un árbol adulto de *Calophyllum brasiliense*, se necesita saber el volumen de ésta, por ello es necesario estimar primero el diámetro de la copa (figura 5.2). En la segunda práctica de campo, del 01 al 07 de julio del 2004, se obtuvieron dichos datos con ayuda de clinómetro, brújula y cinta métrica, estimando la distancia entre el margen de la copa del árbol y el centro del tronco, en las cuatro direcciones cardinales. Se retomaron los 30 árboles muestreados en la primera práctica de campo realizada. Con los datos recabados se obtuvo el promedio del volumen de la copa de un árbol de *C. brasiliense* (cuadro 5.10).

Figura 5.2

PROCEDIMIENTO PARA MEDIR EL AREA DE LA COPA DEL ÁRBOL *Calophyllum brasiliense*

1. Medir la distancia entre el margen de la copa y el centro del tronco. Para medir el margen de la copa, se utiliza un clinómetro, viendo hacia arriba con un ángulo de 90 grados.



2. Medir dicha distancia desde los 4 puntos cardinales. Se utiliza una brújula y una cinta métrica.
3. Utilizar la formula del área y volumen de una elipse.

$$(\text{Área de la copa}) = (0.5) (\text{diámetro este-oeste}) (0.5) (\text{diámetro norte-sur}) (\pi)$$



4. Tomar medida a 30 árboles y sacar un promedio o ponderado, para que sea estadísticamente significativo.

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del volumen se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen de la copa} = (3/4) (\text{diámetro este-oeste}) (\text{altura}) (\text{diámetro norte-sur}) (\pi)$$

Fuente: Ricker, 1998.

Cuadro 5.10

Volumen de la copa de cada árbol muestreado de <i>Calophyllum brasiliense</i>			
No. Árbol	Volumen (cm <sup>3</sup> )	No. Árbol	Volumen (cm <sup>3</sup> )
1	38808.97	16	110281.00
2	120476.83	17	120476.83
3	42474.43	18	42474.43
4	55361.28	19	55361.28
5	60593.30	20	60593.30
6	35677.58	21	35677.58
7	28879.94	22	28879.94
8	16116.41	23	50234.18
9	32528.65	24	33045.71
10	50234.18	25	47179.76
11	33045.71	26	96604.20
12	47179.76	27	51027.18
13	96604.20	28	67771.38
14	51027.18	29	38808.97
15	67771.38	30	60593.30
		Promedio	55860.00

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos en la segunda práctica de campo en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

Una vez calculado el volumen de la copa y tomando en cuenta el volumen promedio de una hoja nos podemos aproximar al número de hojas que tiene dicha copa, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Número de hojas} = \text{volumen total de la copa} / \text{volumen de una hoja}$$

Fuente: Roberto Márquez Huitzil, Instituto Nacional de Ecología.

Sustituyendo, tenemos que:

$$n = 55860 \text{ cm}^3 / 15.62 \text{ cm}^3$$

$$n = 3,576 \text{ hojas.}$$

Existen aproximadamente 3,576 hojas en la copa de un árbol maduro de *C. brasiliense*. Al multiplicar la cantidad de hojas por el peso promedio de éstas (peso en seco), se obtiene la **biomasa total promedio de la copa por árbol**, aprovechando que se tiene el peso promedio en seco de cada hoja, obtenemos **625.8 kilogramos** en seco. Debido a que no existen estimaciones sobre la producción y caída anual de hojas, a falta de un estudio ecológico de esta especie y de acuerdo con la Sociedad Internacional de Arboricultura, que

menciona que no se debe exceder la poda de la copa de un árbol maduro a más de un tercio (33%) de ésta (www.isahispana.com). se propone cosechar una cuarta parte (25%) de la copa. Con este tratamiento se obtendría de **cada árbol** 156.45 kilogramos en seco (Cuadro 5.11) **por árbol**. Retomando, el criterio de 125 árboles por hectárea (véase Cosecha 2), tenemos un total de 19,556.25 kilogramos de hojas secas cosechadas por hectárea, es decir, 19.55625 ton/ha.

**Cuadro 5.11**

<b>Estimación de la biomasa promedio de la copa por árbol.</b>	
<b>Biomasa total de la copa</b>	<b>Biomasa Cosechable (25%) de la copa</b>
<b>kg / seco</b>	<b>kg / seco</b>
625.80	156.45

Fuente: Elaboración propia. Estimado con base en una muestra de 30 árboles adultos de *Calophyllum brasiliense*, datos obtenidos en la segunda práctica de campo en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

### 5.5.1.2 Evaluación Económica

Para la evaluación económica de las cuatro propuestas de cosecha, anteriormente expuestas, se llevó a cabo el análisis costo/beneficio, que se sirve de los llamados indicadores de rentabilidad para evaluar la viabilidad de una inversión. Éstos permiten no solo aceptar o rechazar una inversión, sino también efectuar comparaciones de proyectos alternativos, de modo que sea seleccionada la mejor desde el punto de vista económico. Existen distintos indicadores que pueden calcularse una vez conocidos y determinados los costos (egresos) y los beneficios (ingresos). Sin olvidar que uno de los objetivos del presente trabajo es proponer una alternativa económica rentable, además de la cosecha de maíz y la ganadería en la región de Los Tuxtlas. Los parámetros más recomendables a utilizar en este caso, tomando en cuenta que nos muestran de una forma sencilla la rentabilidad de un proyecto, son:

1. *Valor actual neto (VAN)*: También conocido como valor presente neto, el cual considera el valor del dinero en el tiempo y supone la comparación del flujo positivo y negativo sobre una misma base de tiempo. Para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum \frac{B_i - C_i}{(1 + r)^i}$$

Donde:

$B_i$  = Beneficios del proyecto en el año  $i$ ;

$C_i$  = Costos del proyecto en el año  $i$ ;

$r$  = Tasa de descuento

$i$  = Tiempo, 1 año, considerando una cosecha anual.

Los criterios que se toman en cuenta son:

- Si el VAN es mayor que 0 se acepta el proyecto ( $VAN > 0$  se acepta).
- Si el VAN es igual a 0 es indiferente ( $VAN = 0$  es indiferente).
- Si el VAN es menor a 0 se rechaza el proyecto ( $VAN < 0$  se rechaza)

2. *La relación Beneficio / Costo*: La cual esta representada de la siguiente manera:

BENEFICIO (INGRESO)
COSTO (EGRESO)

El análisis de la relación Beneficio / Costo, toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

- Si los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable  $B/C > 1$ ,
- si los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente  $B/C = 1$ , y

- si los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable  $B/C < 1$

En base a lo anterior y bajo el criterio de *ceteris paribus*, la única variable independiente es la cantidad de hojas cosechables.

Los costos en que incurrieron las propuestas expuestas, se estimaron bajo dos modalidades: los costos directos de recolección, almacenamiento y transporte de las hojas de *Calophyllum brasiliense* provenientes de la región de Los Tuxtlas, Veracruz a la Ciudad de México y los costos del análisis cromatográfico que certifique el contenido de (+)-Calanólido A y otras sustancias: (-)-Calanólido B, (+)-Calanólido C y soulatrólido). Dichos costos se evaluaron de forma directa, especialmente los de recursos humanos. Cuando no existió información disponible se tomaron los costos de mercado, lo que ocurrió en particular con el equipo y los insumos consumibles. Para el análisis químico (cromatográfico), se incluyeron los costos del equipo y consumibles necesarios para este proceso (cuadro 5.12). Las cotizaciones se hicieron en US dólares de febrero de 2004, con una tasa de cambio de 11.33 pesos por dólar.

Es importante aclarar que los cálculos presuponen que la totalidad de los costos propuestos operarán con eficiencia y que no existe restricción presupuestal para la dotación de los recursos requeridos para los componentes. Los costos de infraestructura física, administración de los servicios y comercialización de follaje seco colectado se han excluido del análisis de cada una de las propuestas presentadas, ya que en teoría estos podrían ser realizados en el Instituto de Química de la UNAM, el cual cuenta con la infraestructura necesaria.

Cuadro 5.12

Costos de obtención de hojas de <i>Calophyllum brasiliense</i>		
Costos	Costo Unitario (pesos)	Costo Total (pesos)
1 Hectárea de selva		50,000
Mano de obra por trabajador/día (25 peones durante 7 días) 150/día cada uno	3,750/día	26,250
Transporte de hojas secas desde la Reserva de Los Tuxtlas a Catemaco, Ver. (7 camionetas de 3.5 toneladas) por un día.	150/cam.	1,050
Transporte de hojas secas desde Catemaco Ver. al DF. Méx. (un semi-remolque de 28 toneladas)	-----	12,000
Secadora eléctrica		2,500
Molino Coloidal, marca: Sullivan Americano Tolva		4,000
2 Técnicos químicos	12,000	24,000
Evaporador rotatorio con vacío	-----	28,000
Cristalería de laboratorio		18,000
Balanza analítica		21,000
Análisis cromatográfico del (+)-Calanólido A: (placas de gel de sílice, fase normal, con indicador para UV y fase reversa C18 con indicador UV)	6,000	
Disolventes (Acetato de etilo, Hexano, Acetona, Metanol, Diclorometano)	8,000	
Reactivos (Ácido sulfúrico, Sulfato cérico, etc)	6,200	
1 lámpara de luz ultravioleta	3,583.26	24,583.26
1 cámara cromatográfica de 17.00 cm X 11.00 cm X 6.2 cm	800.00	
Equipo de computo	15,000	
Campana de extracción	15,000	
Mesas de laboratorio	7,216.50	37,216.50
<b>Total</b>		<b>248,599.76</b>

Fuente: Elaboración propia en base a entrevistas directas con pobladores locales (Catemaco y Laguna Escondida) y a [www.equipar.com.mx](http://www.equipar.com.mx), [www.coleparker.com](http://www.coleparker.com), <http://www.repsalas.com/comercializadora>, paginas web dedicadas a la venta de equipo y material químico e industrial.

Para el cálculo del ingreso que se obtendría en cada cosecha propuesta, se aproximará el precio por kilogramo de hojas secas que se comercializaría. Con base en la cantidad de hojas colectadas de la propuesta 2, punto medio entre las cuatro formas de aprovechamiento, se presume que: si los **costos totales** son de 248,599.76 pesos y la cantidad de hojas cosechables es de 22.551 toneladas (cosecha 2) por hectárea, tendríamos un precio de 11.02 pesos netos por kilogramo, precio que representa la recuperación de la cantidad invertida, suponiendo que se vendiera toda la cosecha.. A este precio se le sumaría el 30% del mismo, como ganancia para que resultará rentable, lo que nos da como resultado un **precio de 14.32 pesos por kilogramo**, lo que implicaría un ingreso de 323,091.948 pesos por cosecha anual en una hectárea (cosecha 2).

Cabe señalar que se considerará el precio mínimo promedio de plantas medicinales, (evaluadas en mercados de la Ciudad de México), el cual es de \$50 pesos por kilogramo, en el presente trabajo; se obtendría un 78% de ganancia sobre el precio de recuperación de la inversión (11.02 pesos). Lo cual, representaría una mayor rentabilidad de cualquiera de las propuestas expuestas en la presente tesis.

Con los datos obtenidos y bajo las condiciones expuestas, a continuación se presenta la evaluación económica para cada cosecha propuesta; para ello se considero una tasa de descuento de 6.8 % (Diciembre 2004) y una cosecha anual.

#### *Cosecha 1*

En base a lo anterior, tenemos los siguientes datos:

Precio por kilogramo de hojas secas: 14.32 pesos

Producción de hojas: 8.91 ton/ha

Beneficios = \$ 14.32 por 8.91 ton/ha. = \$127,591.20

Costos = \$ 248,599.76

Tasa de descuento = 0.068

Tiempo = 1 año, considerando una cosecha anual.

Sustituyendo en la formula del VAN:

$$\text{VAN} = \frac{127,591.20 - 248,599.76}{(1+0.068)^1} = -113,303.9$$

Y la relación beneficio / costo da por resultado:

$$\text{B / C} = \frac{127,591.20}{248,599.76} = 0.51$$

El valor presente neto obtenido es de -113.303.9, valor negativo que nos indica, según los criterios mencionados anteriormente, que el proyecto NO es rentable y NO es recomendable aceptarlo. Además la relación Beneficio/Costo dio por resultado 0.51 que es menor a la unidad y por lo tanto, implica que los ingresos son menores que los egresos, así que el proyecto NO es rentable, ya que por cada peso invertido se recuperarían sólo 0.51 centavos.

En los siguientes análisis se siguieron los mismos procedimientos y cálculos que en la cosecha 1, variando solamente la cantidad de producción de hojas y por ende el ingreso obtenido

### *Cosecha 2*

Precio por kilogramo de hojas secas: 14.32

Producción de hojas: 22.551 ton/ha

Beneficios = \$ 14.32 por 22.551 ton/ha = \$323,091.948

Costos = \$248,599.76

Tasa de descuento = 0.068

Tiempo = 1 año, considerando una cosecha anual.

Sustituyendo:

$$VAN = \frac{323,091.948 - 248,599.76}{(1+0.068)^1} = 69,749.24$$

Y la relación beneficio / costo da por resultado:

$$B / C = \frac{323,091.948}{248,599.76} = 1.30$$

El valor presente neto obtenido es de 69,749.24, con valor positivo lo que nos indica, según los criterios mencionados anteriormente, que el proyecto es rentable y se acepta. Además la relación Beneficio/Costo dio por resultado 1.30 que es mayor a 1 y por lo tanto, implica que los ingresos son mayores que los egresos. así que el proyecto es rentable, dado que por cada peso invertido se recuperarían 30 centavos.

### *Cosecha 3*

Precio por kilogramo de hojas secas: 14.32

Producción de hojas: 26.39 ton/ha

Beneficios = \$ 14.32 por 26.39 ton/ha = \$ 377,904.8

Costos = \$ 248,599.76

Tasa de descuento = 0.068

Tiempo = 1 año, considerando una cosecha anual.

Sustituyendo:

$$\text{VAN} = \frac{377,904.8 - 248,599.76}{(1+0.068)^1} = \mathbf{121,072}$$

Y la relación beneficio / costo:

$$\text{B / C} = \frac{377,904.8}{248,599.76} = \mathbf{1.52}$$

El valor presente neto obtenido es de 121,072, con valor positivo que nos indica la rentabilidad del proyecto. La relación Beneficio/Costo dio por resultado 1.52 que es mayor a 1, así que por cada peso invertido se recuperarían 52 centavos.

#### Cosecha 4

Precio por kilogramo de hojas secas: 14.32

Producción de hojas: 19.55 ton/ha

Beneficios = \$ 14.32 por 19.55625 ton/ha = \$ 280,045.5

Costos = \$248,599.76

Tasa de descuento = 0.068

Tiempo = 1 año, considerando una cosecha anual.

Sustituyendo:

$$\text{VAN} = \frac{280,045.5 - 248,599.76}{(1+0.068)^1} = 29,443.6$$

Y la relación beneficio / costo:

$$\text{B / C} = \frac{280,045.5}{248,599.76} = 1.12$$

El valor presente neto obtenido es de 29,443.6 con valor positivo, que indica que el proyecto es rentable. La relación Beneficio/Costo dio por resultado 1.12 que es mayor a 1, así que por cada peso invertido se recuperarían 12 centavos.

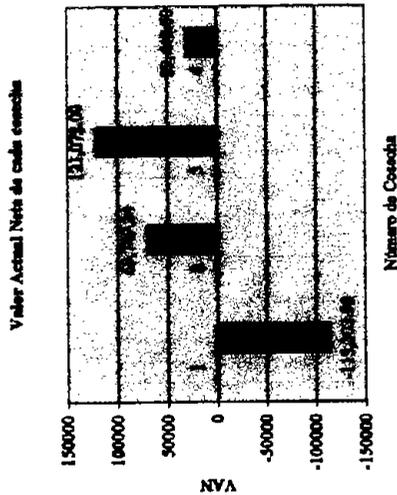
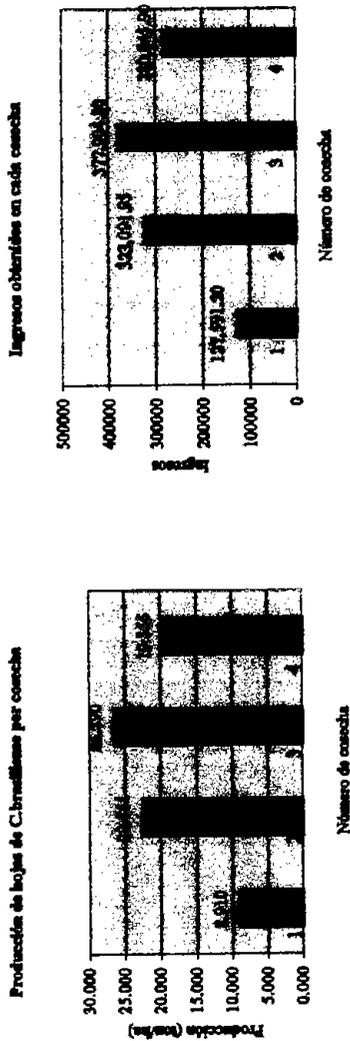
Dados los resultados anteriores, podemos afirmar que las propuestas de cosecha dos, tres y cuatro son las alternativas de inversión que resultan rentables (Grafica 5.1). Sin embargo, dichas propuestas son de las que mayor cantidad de follaje se cosecha y no sabemos hasta que punto son ecológicamente sustentables pues, no existe un estudio ecológico a fondo del árbol de *Calophyllum brasiliense* en la región de Los Tuxtlas. Sin embargo, sería posible considerar esos volúmenes de cosecha mediante plantaciones manejadas con criterios silvícolas sustentables, puesto que aquí, solo se consideraron poblaciones naturales ya

existentes. Por ello, es necesario un estudio ecológico a fondo de la especie *Calophyllum brasiliense* en la región de estudio.

Es importante resaltar que los datos obtenidos, en las prácticas de campo realizadas por las autoras de la presente tesis (cosecha 4) y los obtenidos de la literatura (cosecha 2), son valores aproximados puesto que existe un 14% de diferencia entre la cantidad de follaje cosechado, es decir de 3 toneladas de hojas por hectárea.

Falla de origen  
Falta la página  
142

### Grafica 5.1 Evaluación económica de la cosecha de hojas de *Calophyllum brasiliense*.



Fuente: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos del análisis económico de cada propuesta de cosecha de hojas de *C. brasiliense*

## 5.5.2 Rentabilidad de diferentes usos de suelo

A continuación se muestra la comparación del VAN y la relación B / C para una hectárea de maíz en la región de estudio (cuadro 5.13), así como también, para una hectárea de pastizal de ganado (para la producción de carne) en la misma región (cuadro 5.14).

**Cuadro 5.13**

<b>Valor comercial del cultivo de una hectárea de maíz</b>	
<b>INGRESO ANUAL:</b> Cosecha de 1,000 a 3,000 kg/ha a un precio de 6 pesos/kg.	1,800 pesos
<b>COSTOS ANUALES:</b> Se requieren 40 días de trabajo de una persona con valor de \$35 por día. Transporte de 1,000 a 3,000 kg. desde el campo hasta Catemaco	1,400 pesos
Total:	600 pesos 2,000 pesos
<b>UTILIDAD NETA:</b>	<b>- 200 PESOS</b>
<b>VAN, con una tasa del 6.8 % anual.</b>	<b>- 187.265</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Ricker, 1998. Los datos fueron actualizados conforme a la tasa de interés (2004), sin embargo a la fecha no se observaron plantaciones de maíz de uso comercial, sólo de autoconsumo, en el área de estudio.

**Cuadro 5.14**

<b>Valor comercial de una hectárea de pastizal de ganado para la producción de carne.</b>	
<b>INGRESO ANUAL:</b> En promedio se encuentra en una hectárea de pastizal: una vaca con su cría que se vende cada dos años a \$2,800, lo que da por resultado \$1,400 por año	1,400 pesos
<b>COSTOS ANUALES:</b> Vacunas, vitaminas, sal y medicamentos (contra parásitos). Se requiere de 15 días de trabajo de una persona a un costo de \$35/día	300 pesos
Total:	525 pesos 825 pesos
<b>UTILIDAD NETA:</b>	<b>575 PESOS</b>
<b>VAN, con una tasa del 6.8 % anual.</b>	<b>538.390</b>

Fuente: Elaboración propia en base a Ricker, 1998. Los datos fueron actualizados conforme a la tasa de interés (2004).

El cuadro 5.13 muestra que no es rentable dedicar una hectárea en la región de Los Tuxtlas al cultivo de maíz, ya que se recuperan solo 90 centavos de cada peso invertido. Por lo que, esta actividad es solo de autoconsumo.

$$B / C = \frac{1,800}{2,000} = 0.9$$

La hectárea dedicada al pastizal de ganado para la producción de carne, dio por resultado un VAN de 538.390, valor mayor a 0 que presenta la rentabilidad del proyecto y que según la relación Beneficio/Costo, se recuperarían 70 centavos por cada peso invertido; razón por la cual, la mayoría de la población de la región de Los Tuxtlas se inclina hacia ésta alternativa económica, provocando la conversión del uso de suelo.

$$B / C = \frac{1,400}{825} = 1.7$$

Al comparar los beneficios que se obtienen de la ganadería con los que se obtendrían de las propuestas de cosecha de hojas 2, 3 y 4, llegamos a la conclusión de que ambas activas son económicamente rentables. Sin embargo, la agricultura ha demostrado NO ser ecológicamente sustentable. En cambio las propuestas presentadas, ayudarían a la conservación y reforestación de la región de Los Tuxtlas y al mismo tiempo se verían beneficiados los habitantes de la región, en particular, los pobladores del Ejido Laguna Escondida.

### 5.5.3 Propuestas

- *Principio de sustentabilidad:* Todos los usos, actividades y decisiones sobre los recursos de la región de Los Tuxtlas deben estar orientados al mantenimiento de la diversidad biológica, de modo que se permita la regeneración de las especies, en este caso en particular el árbol *Calophyllum brasiliense*, y su uso razonable fortalezca las opciones para satisfacer una demanda futura del posible fármaco antiviral ((+)-Calanólido A), sin destruir la base ecológica de lo que depende el desarrollo socioeconómico y la calidad de vida de las futuras generaciones. Todas las decisiones, actividades, y sistemas de manejo forestales en la región de los Tuxtlas deben mantenerse a largo plazo y con un estudio interdisciplinario. Además, de aplicar un seguimiento en la recopilación de la información social, económica, ecológica y fitoquímica para analizarla y reproducirla, la cual servirá para tomar decisiones confiadamente.
- *Principio socio-económico:* La utilización racional y sustentable de los recursos provenientes de la región de Los Tuxtlas debe tener como finalidad el mejoramiento de las condiciones generales de vida, condiciones específicas de bienestar social y satisfacción de las necesidades de los habitantes locales.
- *Principio legal:* Adicionalmente se requiere realizar un estudio complementario sobre las repercusiones legales que tendría la práctica del presente estudio.

***No debemos olvidar, que el aprovechamiento sustentable de recursos naturales no solo debe ser económicamente rentable sino también ecológicamente sustentable.***

## CONCLUSIONES

### ➤ Líneas estratégicas integradas (investigación básica).

#### Biodiversidad y Economía

- La biodiversidad reúne formas de organización implícitas dentro de un sistema complejo, donde el ecosistema y el ser humano mantienen relaciones físicas, biológicas y químicas; y además éstas se encuentran ligadas estrechamente por factores que van desde los sistemas productivos hasta los culturales e históricos.
- La biodiversidad se puede observar como un almacén de materias primas que, ligado a procesos de conocimiento tanto empírico como científico, puede generar valores tanto de uso (es decir, la *utilidad* que presta el bien o servicio, la cual es muy importante en su uso pero poco o nada tiene que ver con el coste del objeto y por tanto con su precio), como de cambio (expresado como el precio; o sea, la cantidad de dinero contra la que se intercambia un bien, que nada tiene que ver con la utilidad y que se determina por el trabajo necesario para producir el objeto en cuestión).
- Es por ello que para algunos autores, tales como Delgado Ramos (2002), “la biodiversidad, como parte de las tecnologías del siglo XXI, adquiere su carácter geoeconómico y geopolítico (términos usados para designar la influencia determinante del medio físico o ambiental en la economía y política de una nación), al volverse una riqueza estratégica en disputa entre los capitales, por lo que las regiones de megadiversidad o biorregiones, son precisamente las más importantes a explorar”.
- Determinar la naturaleza económica de la biodiversidad requiere estudiar su valor, en particular monetario, y por lo tanto también requiere la investigación de nuevas posibilidades de producción, ya que su importancia potencial se expresa en el

creciente desarrollo de nuevos productos e industrias, cuya fuente son los recursos genéticos, las especies de flora y fauna, y los microorganismos.

- En la actualidad, es evidente el hecho de que las actividades humanas han reducido la biodiversidad a escala regional, nacional y mundial, y que esta tendencia continúa (“crisis de la biodiversidad”). En consecuencia, existe una marcada tendencia hacia la disminución del número de especies en el mundo y de la variabilidad genética de las poblaciones silvestres, así como una simplificación de los ambientes naturales con la consecuente pérdida de hábitats y ecosistemas, entre ellos bosques y selvas.
- Los bosques tropicales (es decir las selvas) son los ecosistemas más fragmentados y degradados, debido principalmente al cambio de uso de suelo. La zona forestal tropical comprende la superficie más deforestada alrededor del mundo (FAO, 2001), ya que tan solo durante el periodo 1990-2000 ocupó el 95% del total de la superficie mundial deforestada y transformada.
- Es por ello que se requieren estudios que generen un manejo de baja o nula destrucción, considerado como sustentable, es decir un manejo óptimo que presente como condición asegurar el mantenimiento y calidad de los bienes y servicios para el presente y para las generaciones futuras.
- Se debe generar una mayor atención hacia los problemas de degradación forestal, para así concebir una relación hombre-naturaleza sustentable. Es aquí cuando debe entrar en escena el ejercicio de la conservación, el cual se debe observar como un trabajo social, que reconozca el carácter central de la biodiversidad sobre los factores sociales, culturales y económicos, enmarcado en procesos de acuerdo común tanto de percepciones como de intereses.
- William Cunningham (1992), investigador del área de conservación biológica y asuntos ambientales, enumeró cuatro razones, “las 4 E”, por las cuales se debe

conservar la biodiversidad: 1) ética, 2) estética, 3) ecológica y 4) económica. Lamentablemente parece ser que esta última, es la única razón que llevará al ser humano a crear las condiciones que eviten las extinciones masivas, debido a que en nuestra “naturaleza” se concibe el hecho de cuidar o mantener lo que nos puede contribuir en “algo” principalmente económico.

### **Recursos Forestales en México.**

- México cuenta con una vasta diversidad en especies de flora y fauna silvestre, las cuales se distribuyen principalmente en bosques y selvas; por lo cual estos ecosistemas tienen una gran importancia por los productos forestales y servicios ambientales que proveen a la sociedad entera.
- Sin embargo, el territorio mexicano ha perdido la mayor parte de la cobertura original de su superficie forestal, convirtiéndose en el segundo país a nivel mundial, después de Brasil, con problemas de deforestación; siendo las selvas y los bosques las formaciones forestales más afectadas (Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques, 2002).
- Las principales causas de la deforestación se resumen en un mal manejo y uso de las áreas forestales, destinadas principalmente a actividades que requieren la transformación del uso de la tierra, y que generalmente son de retorno a corto plazo. De este modo muchas de éstas causas están ligadas a la imposibilidad de lograr por medio del aprovechamiento de los bosques y selvas un sustento económico suficiente para el ser humano y sustentable para los ecosistemas.
- A esta situación se suma una crisis del sector forestal que, entre otras cosas, está causando una disminución en la producción forestal, pérdidas económicas y reducción en la creación de empleos. Cabe resaltar que éste es un sector poco explotado y estudiado fuera del potencial maderable y escasamente utilizado de forma legal y sustentable.

- Al margen del potencial maderable, los bosques mexicanos ofrecen una amplia gama de productos, servicios y beneficios ambientales, los cuales en su mayoría no se encuentran adecuadamente estudiados y cuantificados o definitivamente no se consideran para la estadística del país. entre ellos se puede localizar a los Productos Forestales No Maderables.

### **Productos Forestales No Maderables definiciones, importancia y situación en México.**

- Se define como Producto Forestal No Maderable (PFNM) a todos los productos de origen biológico distintos a la madera, derivados de los bosques, otros terrenos arbolados y de árboles situados fuera de bosques (FAO).
- El interés e importancia de los PFNM ha aumentado con la conciencia creciente sobre la deforestación de bosques y selvas, y el reconocimiento de la necesidad de aumentar valor a los recursos forestales para poder competir con otros usos de la tierra.
- En México, la información clara y concisa de PFNM es difícil de obtener debido a que no existe un sistema exclusivo para la compilación de datos, los cuales se recopilan a través de la documentación forestal general, la cual obviamente genera más información acerca de productos maderables.
- Se contemplan 7 categorías de PFNM: cinco de ellas son individuales (resinas, fibras, ceras, gomas y rizomas); una es general (“otros productos”, tales como frutos, hongos y plantas medicinales); y una es solo catalogada como “tierra de monte”, aunque algunos críticos consideran que dentro de esta categoría se incorporan abonos y microorganismos de gran importancia. Solo las categorías individuales contemplan datos más o menos continuos. La información de la categoría general es muy escasa, aunándole que la importancia de cada uno de estos

productos no se visualiza de forma particular lo cual puede constituir un grave error, debido a que los mismos podrían generar grandes valores monetarios.

- Las principales causas del mal aprovechamiento, generado desde la cosecha hasta la comercialización de los PFNM son: la falta de información, investigación y desarrollo tecnológico, que se traduce entre otras cosas en falta de tecnología y mano de obra calificada, así como la falta de experiencia en el manejo, mecanismos de inversión y comercialización, junto con una inadecuada información / conocimiento sobre recursos y su desarrollo.
  
- Considerando la estadística de la producción de PFNM de México de 1990 al 2002, en base a datos de SEMARNAP, SARH, INEGI, y el Anuario Estadístico Forestal del 2000, se estima que: existen entre 250 y 950 especies no maderables útiles, de las cuales tan solo entre 70 y 85 especies son consideradas de uso comercial y su aprovechamiento está sujeto a alguna forma de normatividad. La producción anual de PFNM en promedio fue de 149,109 toneladas durante el periodo de estudio (1990-2002), esta se mostró decreciente de 1990 a 1996 (siendo este el peor año de todo el periodo). El crecimiento de la producción se observó a partir de 1997 hasta el 2001 (siendo 1999, el mejor año de todo el periodo). Sin embargo a partir del 2001 ocurrió un importante declive de la producción no maderable igualable a cifras de 1993. Las resinas, como categoría individual, ocupan el primer lugar de producción, seguidas por las fibras, ceras, gomas y rizomas. No obstante, la producción de la categoría general de “*otros productos*” es 29% superior a la categoría individual de resinas, por lo que se visualiza como el grupo de productos con mayor importancia de producción.
  
- Después de advertir la importancia existente dentro de la categoría de “*otros productos*”, cabe recalcar que esta incluye bienes tales como plantas medicinales y materias primas para la elaboración de fármacos. Estos pueden aportar importantes beneficios, que al no estar cuantificados resultan en un escaso apoyo al sector de los PFNM, el cual es especialmente vital para la economía rural y puede ser reforzador

de la economía nacional. Además es importante resaltar la necesidad de investigación en el área de PFM, tal como por ejemplo, la identificación científica de ingredientes activos valiosos, su suministro potencial de fuentes silvestres, etc.

- Enfoques recientes documentan que las áreas más ricas en biodiversidad, consideradas como las más necesitadas de conservación por su naturaleza propia (como es el caso de las selvas) tienden a ser caracterizadas por una menor cantidad de individuos que representan un mayor rango de especies, lo cual no es lo ideal para la cosecha comercial, dificulta la recolección, y los rendimientos rara vez son viables económicamente (Neumann y Hirsch, 2001); por esta razón se subraya la necesidad de generar de forma paralela, información transdisciplinaria *ecológica - social - económica*
- México requiere desarrollar sistemas tecnológicos que le permitan su especialización económica y una participación activa en los mercados globales. Para lograrlo, el involucramiento de los científicos mexicanos es esencial, pues son ellos quienes pueden generar los conocimientos y procesos de aprendizaje necesarios, para de ahí derivar una corriente de aplicaciones comerciales. Al mismo tiempo, se requiere de científicos sociales que generen los conocimientos necesarios para transformar o crear las instituciones formales e informales que faciliten la generación, implementación y la exitosa incursión en los mercados de las nuevas tecnologías y productos.
- El problema no está en la producción de conocimiento, sino en la falta de transformación de este en nuevas aplicaciones, que a su vez se repliquen en nuevas empresas. La respuesta a estos puntos débiles debe ser atacada también con investigación y generando instrumentos y aplicaciones nuevas en el ámbito social (en forma de diseños institucionales o políticas), de aquí que la colaboración entre los “científicos duros” y los “científicos sociales” sea importante (Mercado Celis, 2004).

## **Economía y Química de los Productos Naturales.**

- Las prácticas forestales han acabado con extensas áreas de bosques y selvas por lo cual los requerimientos de sustentabilidad, aunados a la necesidad de vincular estas prácticas con la actividad económica global, imponen nuevos retos sobre el sector forestal; una de las estrategias indispensables para enfrentar este reto es la diversificación de productos y actividades forestales. Dentro de este contexto, un concepto poco explorado es el del bosque como fuente de productos químicos no convencionales, en especial aquellos obtenidos de tejidos de rápido crecimiento y renovables, como son las hojas, es decir Productos Forestales No Maderables.
- Varios productos de uso médico han sido extraídos de la naturaleza y son denominados en Química Orgánica y en Biología: Productos Naturales y / o Metabolitos Secundarios. El metabolismo secundario se refiere a aquellos procesos químicos que son únicos para un organismo dado, y genera compuestos orgánicos (metabolitos secundarios) con diferentes funciones. Estos compuestos pueden alterar la fisiología de otros organismos, de ahí que se les emplee como fármacos, venenos, condimentos, cosméticos, etc.
- La exploración de los recursos naturales en el mundo para el conocimiento e innovación farmacéutica no es una situación nueva; sin embargo, actualmente a este tipo de sondeo se le denomina bioprospección, (termino acuñado por Thomas Eisner en 1989 y definido formalmente en 1992 por el Convenio de la Diversidad Biológica).
- Varios modelos bioprospectivos han sido definidos (Melgarejo *et al.*, 2002), sin embargo, es importante considerar la discrepancia observada en la definición formal del Convenio de la Diversidad Biológica, el cual solo menciona medios y fines (principalmente económicos), y la definición de Eisner, que especifica una asociación estratégica en la cual se beneficiarían tanto el país fuente como el bioprospector, así como la biodiversidad misma.

- México ha sido identificado como un país megadiverso a nivel mundial, por lo cual no es extraño que sea un punto de atención para la bioprospección, de la cual solo se tienen documentados cuatro proyectos en el pasado, lo cual no quiere decir que no puedan existir más actividades en el país de este tipo en el futuro.
- La mayoría de los proyectos de bioprospección en México ilustran un escenario en el cual, una institución académica de un país industrializado actúa como intermediario entre una compañía, también de un país industrializado, y universidades de países ricos en biodiversidad, estableciendo contratos individuales para la colecta de muestras; pudiéndose establecer también, otros contratos para la realización de análisis más avanzados (fitoquímico, farmacológico, etc.) de las mismas.
- Varias opiniones, la mayoría en contra, han surgido en relación a los acuerdos bioprospectivos en el país. Lo cierto, es que la bioprospección puede influir en la capacidad del país para realizar investigación al proporcionar fondos, los cuales pueden incluir beneficios secundarios para las instituciones de investigación, universidades, industrias y otros; pero su impacto en la conservación, en el mejor de los casos, resulta indirecto.
- Existen al menos tres tipos de medicamentos basados en metabolitos secundarios: Fármacos, Fitofármacos o medicamentos herbarios, y medicamentos basados en el uso tradicional.
- La FDA (Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos de Norteamérica), agencia federal de importancia internacional, registró durante el periodo 1981-2002, 868 nuevos fármacos de los cuales 477 tienen relación directa o indirecta con los productos naturales, es decir, más del 50% del total de fármacos aprobados provienen de la biodiversidad, lo cual denota su importancia en la medicina contemporánea.

- Cabe resaltar que dentro de este registro se distingue una nueva categoría conocida bajo las siglas “NM” (Natural Mimic), esta categoría reconoce a un producto sintético que imita a un producto natural, es decir, una droga diseñada a partir del conocimiento del diseño de la droga natural, tratando de imitarla, en lo que Gordon M. Cragg (Instituto del Cáncer de los EU) señala como una “moda competitiva” (Newman, 2003).
- El mercado mundial para las sustancias químicas derivadas de productos naturales, principalmente de plantas, es importante y genera varios miles de millones de dólares al año, sin embargo las cifras son diversas y abarcan desde los 14 hasta los 40 mil millones de dólares en el 2003.
- Si consideramos que en el mismo año las ventas farmacéuticas globales fueron de aproximadamente \$491,8 mil millones de dólares (revisión anual del mundo del IMS, [www.imshealth.com](http://www.imshealth.com)), y tomamos el monto más alto del mercado mundial para las sustancias químicas derivadas de productos naturales (40 mil millones de dólares), resulta una proporción del mercado abarcado por fármacos planta-derivados del 8.14%. Sin embargo, cabe hacer notar que la cifras del mercado mundial para las sustancias químicas derivadas de productos naturales no incluyen, entre otras cosas, productos herbolarios vendidos generalmente como suplementos dietéticos o alimenticios, drogas derivadas de bacterias y hongos; fibras usadas como laxantes, sustancias planta-derivadas que sirven como excipientes farmacéuticos, etc. Esta situación disminuye el monto generado, lo cual se denota también en la escasa importancia de los productos forestales no maderables, al no considerar a varios de estos dentro de la cifras del mercado.
- Otro punto a resaltar es que los estudios de mercado consideraron que una cuarta parte de los fármacos vendidos en los EE.UU., Canadá y Europa contiene ingredientes activos derivados de plantas, esta cuestión es importante si se considera que Estados Unidos y Europa son los mercados más grandes de fármacos, de hecho Estados Unidos es el principal consumidor mundial de fármacos.

- Más del 50% de la población mundial, ya sea en países desarrollados o subdesarrollados, utilizan la medicina tradicional por medicamentos herbarios ya sea como atención primaria de salud o como medicina complementaria o alternativa. En el 2003 la Organización Mundial de la Salud, estimó que el mercado global para las medicinas herbolarias está valuado actualmente en \$ 60 mil millones de dólares anuales y está creciendo constantemente.
- El potencial de los productos naturales derivados de plantas como fuente de fármacos es enorme, si se considera que que “aproximadamente solo 10% de las especies de plantas superiores del mundo han sido examinadas respecto a algún tipo de actividad biológica” (Harvey, 2000) y que el “40% de las estructuras moleculares que presentan los productos naturales no han sido reproducidas por métodos sintéticos”, los cuales muchas veces resultan costosos (Henkel *et al.*, 1999).
- Es por ello que actualmente se ha propuesto que el mercado lucrativo de los medicamentos podría ser un nuevo recurso para la diversificación del uso de los bosques y de otros ecosistemas ricos en diversidad biológica.

➤ **Líneas estratégicas integradas (investigación aplicada).**

- Con la finalidad de revertir la crisis ecológica de las selvas mexicanas. Se propuso en la presente investigación el uso alternativo de la especie arbórea *Calophyllum brasiliense* con el fin de conservar y reforestar los bosques tropicales mexicanos. Bajo esta perspectiva, se consideró como región de estudio a la región de “Los Tuxtlas” en el estado de Veracruz, por ser una de zona de interés mundial que posee un alto grado de diversidad biológica. Además, el 85% de las actividades productivas de dicha región corresponden a la ganadería y la agricultura, lo cual representa una gran presión sobre los recursos naturales de la misma.

- Uno de los municipios mas grandes que conforman la región de Los Tuxtlas, es San Andrés Tuxtla que cuenta con una superficie de 40.767 hectáreas. Dentro de este lugar, se localiza una de las regiones mas pobladas de la especie *Calophyllum brasiliense*: El Ejido de Laguna Escondida, el cual tiene una población aproximada de 100 habitantes que viven en una superficie de 337 hectáreas, dedicadas a la ganadería principalmente. Debido a la baja rentabilidad de las actividades productivas, la mayoría de los hombres jóvenes y algunos adultos emigran a Estados Unidos, Canadá y algunos estados de la República Mexicana como son: Tamaulipas, Baja California Norte y la Ciudad de México. Bajo esta perspectiva, las autoras de la presente tesis eligieron dicha zona como caso de estudio, ya que en ella, interactúan tanto factores sociales y económicos como biológicos.
- Al igual que en otros países, en México el SIDA se ha convertido en un problema de salud pública complejo, con múltiples repercusiones psicológicas, sociales, éticas, económicas y políticas que rebasan el ámbito de la salud (Secretaria de Salud, 2004), por lo que es clara la necesidad de la participación de diversos sectores de la sociedad y la coordinación entre las instituciones, sectores y el gobierno para poder combatirla. Desde este punto de vista y tomando en cuenta que el costo de los fármacos del tratamiento para una persona VIH positiva en México, oscila entre los 3,000 y 4,500 pesos mensuales (Secretaria de Salud, 2004). El aprovechamiento de las hojas de *C. brasiliense* son de vital importancia, dado que poseen compuestos antivirales naturales contra el virus de inmunodeficiencia humana tipo 1 (VIH-1); los componentes más activos son el (+) – Calanólido A, (-) – Calanólido B, (+) – Calanólido C y el soulatrólido, dichos extractos se encuentran en baja concentración (Huerta *et al.*, 2004 a,b); sin embargo, los componentes mayoritarios contienen propiedades antioxidantes, antibacteriales (Pretto *et al.*, 2004) y analgésicas (Da Silva, *et al.*, 2001).
- Dentro de las propuestas de cosecha de hojas de *c. brasiliense*, expuestas en la presente tesis, las cosechas 2,3 y 4 resultan económicamente rentables ya que se obtienen 22.551, 26.390 y 19.550 toneladas por hectáreas, respectivamente. Es importante resaltar, que los datos obtenidos en las prácticas de campo realizadas (cosecha 4) y los obtenidos de la literatura (cosecha 2) son valores aproximados,

puesto que existe un 14% de diferencia entre la cantidad de follaje cosechado, es decir de 3 toneladas de hojas por hectárea.

- Las cantidades cosechadas (propuestas 2,3 y 4) si se vendieran a un precio de 14.32 pesos, se obtendría un ingreso de 323,091.948, 377,904.8 y 280,045.5 pesos, respectivamente. Siendo la cosecha 3, el proyecto más viable y rentable, además de que según el análisis de la relación beneficio / costo, se obtendrían 52 centavos de ganancia de cada peso invertido. Al comparar la rentabilidad derivada de las propuestas expuestas en el presente trabajo, con la rentabilidad obtenida en el caso de que se destinara una hectárea de selva para la agricultura, se concluyó que no es rentable, dado que solo se recuperan 90 centavos de cada peso invertido, lo que representa una pérdida de 10 centavos por cada peso y si dicha hectárea se utilizará como potrero para la obtención de carne (ganado vacuno) se obtendrían 70 centavos de ganancia de cada peso invertido, lo que hace de dicha actividad la mas rentable, situación por la cual, la población de dicha región se inclina hacia esta alternativa económica.
- Por otra parte, la presión que ejercen las propuestas de cosecha sobre el medio ambiente, es cada vez mayor puesto que la cantidad de follaje cosechado va en aumento. Sin embargo, se podrían considerar dichas cantidades de cosecha mediante plantaciones manejadas con criterios silvícolas sustentables, puesto que en el presente estudio solo se consideraron poblaciones naturales ya existentes. Por eso es evidente un estudio ecológico a fondo de la especie *Calophyllum brasiliense* en las región de Los Tuxtlas, Veracruz. Esto último, muestra que las disciplinas por si solas, no puede resolver los problemas que se van generando en la actualidad.
- En la elaboración del presente estudio, se busco y logro la participación de los habitantes del ejido de Laguna Escondida, así como de comunidades limítrofes tal como el ejido de Balzapote. Así mismo, se logro la participación multidisciplinaria de instituciones tales como el Instituto de Química, el Instituto de Biología, la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas”, y la Facultad de Economía, todas de la UNAM.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Lira Beatriz (1991), *Importancia económica de los recursos forestales en México*. Tesis Licenciatura, FE-UNAM.
- Alvarez, F. y J. L. Villalobos. (1997). Decapado. En: González Soriano. E., R. Dirzo y R. C. Vogt (Editores). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. UNAM-CONABIO, México, 433-438.
- Arriaga, Raúl. (2001). *Se duplicó la tasa de deforestación en México*. SEMARNAT. Circular Guanabios 4(2), México, D.F. a 3 de diciembre de 2001.
- August, P. (1983). *The role habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities*. Ecology 64(6):1495-1507.
- Balick, M.J., E. Elisabetsky, and S. Laird, eds. (1996). *Medicinal Resources of the Tropical Forest: Biodiversity and its Importance to Human Health*. New York: Columbia University Press.
- Banco Mundial, (2003) *Los costos económicos del SIDA a largo plazo*, Informe del Banco mundial.
- Barreda A. 2000. "México: capital mundial de la biopiratería". Periódico *La Jornada*. Jueves 12 de octubre de 2000. p. 16.
- Barrera Sánchez y Curiel Ballesteros (1998). *La pérdida actual de selvas y bosques y su relación con los cambios globales*. Ciclo de Conferencias Organizadas por La Benemérita Sociedad de Geografía y Estadística del Estado de Jalisco. Guadalajara Jalisco, Julio de 1998.
- Benítez Díaz, Hesiquio y Neyra Gonzalez, Lucila. (1997). *La biodiversidad de México y su potencial económico en: Economía ambiental. Lecciones de América Latina*. Semarnap-Instituto Nacional de Ecología. México.
- Biodiversidad en Breve 12. (2000). *Biodiversidad en el desarrollo*. Publicación de la WCPA - Comisión del mundo en áreas protegidas.
- Bojanic Alan J. (2002) *Comercialización de Productos Forestales No Maderables Factores de Éxito y Fracaso* (DFID R7925). PNUMA UNEP-WCMC & ODI. Marco Legal y Políticas relevantes para la comercialización interna y de exportación de Productos Forestales no Maderables en Bolivia. Bolivia, 1 de Septiembre del 2002.
- Bryant, et al. (1997). *The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge* Washington, DC: World Resources Institute.
- Bullock J. & Kristiansen. (1991). *Bioteología básica*. Ed. Acribia, Zaragoza
- Cairns J. (1995) *Rehabilitating damaged ecosystems*. Lewis Pub.

- Costanza, R. et al. (1997). *El valor de los servicios del ecosistema del mundo y del capital natural*. *Naturaleza* 387, (May 15):253.
- , (1999). “ *Capítulo 3. Problemas y principios de la economía ecológica*” en *Una introducción a la economía ecológica*. México, CECSA, PP.85-101 y 111-119
- Cooke R. C. & Rayner A.D.M, (1984). “Ecology of saprotrophic fungi”. Longman Group Ltd, England, 415 pp.
- Conabio (1998). *La diversidad biológica de México: Estudio de País*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques tropicales húmedos de América Latina y el Caribe*, SEMARNAP - PNUMA. Foro en el ámbito del Plan de Acción Regional para el período 2000–2001.
- Cragg, G. et al. (1992) . El papel de plantas en el programa nacional del descubrimiento y de desarrollo de la droga del instituto del cáncer. Bethesda, MD: Instituto Nacional Del Cáncer.
- , M.R. Boyd, J.H. Cardellina II, M.R. Grever, S.A. Schepartz, K.M. Snader, and M. Suffness. (1993). *Role of plants in the National Cancer Institute Drug Discovery and Development Program*. p. 80-95. In: D.A. Kinghorn and M.F. Balandrin (eds.), *Human medicinal agents from plants*. ACS Symposium Series 534. American Chemical Society, Washington DC.
- Boyd, M.R. Grever, T. Mays, D Newman, and S. Schepartz. (1994). *Natural product drug discovery and development at the National Cancer Institute. Policies for international collaboration and compensation*. Missouri Botanical Garden Monograph Series. 48:161-167.
- Boyd MR. (1996). “The position of intellectual property rights in drug discovery and development from natural products - Discussion”. *Journal of ethnopharmacology* 51 (1-3): 25-27.
- (1999) . *Natural Products Drug And Discovery and development in: Phytochemicals in Human Health Protection, Nutrition, and Plants Defense*. Edited by Romeo. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York.
- Cunningham, A. (2001). *Applied Ethnobotany: People, Wild Plant Use, and Conservation*. *People and Plants Conservation Manuals*, WWF. Earthscan Publications.
- Challenger, A. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México*. Pasado, presente y futuro. CONABIO-Instituto de Biología-UNAM-Sierra Madre. México.
- 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.

- Daly, H. E., 1990. Toward some operational principles of sustainable development. *Ecol. Econ.*, 2: 1-6.
- De Beer, J. H. and M. J. McDermot. (1989). *The Economic Value of Non Timber Forest Products in S.E. Asia*. Second Edition, Netherlands Committee for the IUCN, Amsterdam.
- Delgado Ramos Gian Carlo (2002). *La Amenaza Biológica. Mitos y falsas promesas de la biotecnología*. Edit. Plaza y Janes. México.
- Dirzo, R. (1990). *La biodiversidad como crisis ecológica actual ¿qué sabemos?*. *Ciencias* (No. especial) 4:48-55.
- (1991). Rescate y restauración ecológica de la selva de Los Tuxtlas. *Ciencia y Desarrollo* 17(97):33-45.
- (1992). y A, Miranda. 1991. Altered Patterns of Herbivory and Diversity in the Forest Understory: A case study of the possible, consequences of contemporary defaunation. In: Dirzo, R. y García, M. 1992. "Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in South east Mexico", *Conservation Biology*, Vol. 6, No. 1
- Durand, L. y Lazos, E. (2004). Colonization and tropical deforestation in the Sierra Santa Marta, Southern Mexico. *Environmental Conservation* 31(1):11-21.
- Eisner, Thomas (1989). *Prospecting for Nature's Chemical Riches*. En: *Perspectives*. Winter 1989-1990. Ps. 31-34.
- (1992). *Chemical prospecting: a proposal for action*. in F.H. Bormann and S.R. Kellert (eds.), *Ecology, Economics, and Ethics: The Broken Circle*. p. 196-202 New Haven, CT: Yale University Press.
- Fabrice E. (2001). Manejo participativo de los recursos forestales y la regulación ambiental. *Ecológica*, 27 de Agosto del 2001.
- Falconer, J. (1996). *Developing Research Frames for Non-Timber Forest Products: experience from Ghana*. Pages 143 - 160 in M. Ruiz Pérez, and J. E. M. Arnold, eds., *Current Issues in Non-timber Forest Products Research*. Centre for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.
- FAO (1995). *Memoria - Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe*. Serie forestal N°1. Dirección de Productos Forestales, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Forum del Comercio Internacional. (2001). *Póngale verde a su negocio*. Revista trimestral del Centro de Comercio Internacional. Abril-Junio

- Garfias S., R., R. Carmona C and J.A. Cabello. (1995). *Chile. In: Memoria consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe*; 4-8 Julio. Serie Forestal. FAO, Regional Office for latin America and the Caribbean, Santiago, Chile
- González, S.E., R. Dirzo y R. C. Vogt. (Editores). (1997). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. UNAM-CONABIO. México. 647 pp.
- Guzmán, G. 1995. *La diversidad de hongos en México*. Revista Ciencias. 39: 52-57
- Halfiter G & E Escurra. (1992). *¿Qué es la biodiversidad? en La diversidad biológica de Ibero América*. Acta Zoológica Mexicana, Instituto de Ecología A.C., México.
- Harborne, J.B. (1989). *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press.
- Harris, L.D. and G. Silva López. (1992). Forest fragmentation and conservation of biological diversity. Charper 8. In: P.L. Fieder and S.K.Jain editors. *Conservation Biology. The theory and practice of nature conservation, preservation and management*. Chapman and Hall, New York and London.
- Harvey (2000). *Drug Discovery Today*; 5:294
- Henkel et al., (1999). *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 38:643
- Hobley, M. (1996). *Participatory forestry: the process of change in India and Nepal*. Rural Dev. For. Study Guide No.2. ODI.
- Huang, T. Fong, W. & Yeung, H. (1997). *Anti-human immunodeficiency virus (anti- HIV) natural products whit special emphisis on HIV reverse transcriptase inhibitors*. Life Sciences. 61 (10): 933-949
- Huerta Reyes Maira E.,(2004), *Evaluación de la actividad inhibitoria de metabolitos secundarios de clusiaceae mexicanas sobre el VIH-1*. Tesis doctoral, Instituto de Química, UNAM.
- et. al (2004). *HIV-1 Inhibition by Extracts of Clusiaceae Specie from México*. Biol.Pharm. Bul.,27 (6),916-920
- et al. (2004) ). *HIV-1 Inhibition Compounds from Callophylum brasiliense Leaves*. Biol.Pharm. Bul.,27 (9), 1471-1475
- Ibarra-Manriquez, Ricker M, Angeles G.(1997). *Useful plants of the Los Tuxtlas rainforest: consideration of their market potential*. Economic Botany 51
- INE-SEMARNAP/Instituto de Ecología A.C. (1998). *Bases Ecológicas para el Ordenamiento Territorial de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz*. Reporte final de los mapas temáticos. 89 pp.

- Instituto de Geografía, (2000)., *La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del Inventario Forestal Nacional*. Investigaciones Geográficas .No. 43
- Kashman, Gustafson, K., Fuller, Cardellina, McMahan, J. Currens, M. J., Buckheit, R.W., Hughes, Cragg,. & Boyd, (1992). *Journal of Medicinal Chemistry*. 35(15): 2735-2743.
- Kozicll, I. (2001). *Diversity not Adversity: Sustaining Livelihoods with Biodiversity*. Biodiversity and Livelihoods Group, IIED. Department for International Development (DFID).
- Laird Sara (2002). Biodiversidad y conocimiento tradicional: Sociedades tradicionales en la práctica. Manual de conservación Pueblos y Plantas. Publicaciones Nordan-Comunidad. Editorial cooperativa uruguaya.
- Laird Sara y Ten Kate Kerry (2003). *Los nexos entre la bioprospección y la conservación forestal en La venta de servicios ambientales forestales*. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Laird, S. (1993). Contracts for biodiversity prospecting. In *Biodiversity Prospecting: Using Genetic Resources for Sustainable Development*, eds. W. Reid et al. Washington, DC: World Resources Institute.
- Lesser, W. 1998. *Sustainable Use of Genetic Resources under the Convention on Biological Diversity: Exploring Access and Benefit Sharing Issues*. New York: CAB International.
- Londero Elio,(1992). Precios de cuenta: principios, metodología y estudio de caso. BID, Washington. DC.
- Lyons, Stephen. (11-4-1991). Research pact may help rain forests pay for their keep. En: *The Boston Globe*. Boston, Mass. USA.
- Martínez Alier, Joan (1995), *Economía ecológica. Ecologismo popular*, Montevideo, Icaria
- Masera O. (1996). *Deforestación y degradación forestal en México*, GIRA, A.C., Documentos de trabajo No. 19, México, 1996. Poder Ejecutivo Federal, Programa forestal y de suelo, 1995-2000, Semarnap, México.
- Matthée, G. Wright, A. & Köning.G. (1999). *HIV Reverse Transcriptase Inhibitors of Natural Origin*. *Planta Medica*, 65, 493-506.
- McWilliams A, (2003). *B-121N Plant-Derived Drugs: Products, Technology, Applications*. Business Communications Company, Inc. Connecticut
- Melgarejo, L.M., Sánchez, J., Chaparro, A., Newmark, F. Santos Acevedo, M., Burbano, C. y Reyes, C. (Eds) (2002). "Distribución equitativa de beneficios y conservación – uso sostenible de la biodiversidad". En *Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia*. Cagraphics. Bogotá.

- Melnyk, M., and Bell, N. (1996). *The Direct-use values of Tropical Moist Forest Foods: The Huottuja (Piaroa) Amerindians of Venezuela. Ambio Vol. 25 No 7, 1996.*
- Mendelson R.(1993).*Non-timber forest products* en L. Parcel (ed.). *Tropical forestry handbook*, springer , Verlag, Berlin.
- Mercado Celis, Alejandro (2004). *Colaboración entre científicos duros y sociales* en boletín informativo de la Coordinación de la Investigación Científica “El faro”. Ciudad Universitaria, junio 3 de 2004, Año IV, Numero 39.
- Merino Pérez L. y G. Segura Walhertz (2002). “El manejo de los recursos forestales en México (1992-2002). Procesos, perspectivas y políticas públicas.” En: Leff, Escurra, Pisanty y Romero *La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe* . Ed. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México.
- Myers, (1997). Biodiversity's genetic library. In *Nature's Services*, ed. G. Daily. Washington, DC: Island Press.
- Negocio y el ambiente* . (1991). El reparto de Merck con INBio de Costa Rica ofrece el modelo para el futuro. *Negocio y el ambiente* 2(21):1.
- Naredo, J. M.(1992) Fundamentos de la economía ecológica. Ponencia presentada al IV Congreso Nacional de Economía. Desarrollo y Medio Ambiente. Sevilla. Dic. 1992.
- Nepstad, D. C. and Schwartzman, S. (Eds) 1992). *Non Timber Forest Products from tropical forests . Evaluation of a conservation and development strategy. Adv.Econ.Bot. 9.* New York Botanical Garden.
- Neumann, R. P. and Hirsch , E. (2000). *Commercialisation of Non Timber Forest Products: Review and Analysis of Research.* International Center of Forestry Research (CIFOR), and FAO.
- Newman, D. J.; Cragg, G. M.; Snader, K. M. (2003). Natural Products as Sources of New Drugs over the Period 1981-2002. *Journal of Natural Product*, (Review); 2003; 66(7); 1022-1037.
- Noble, I. R. y R. Dirzo 1997. «Forest as human dominated ecosystem». *Science* 277: 522-525.
- O’Nelly & De Angelis, (1981).Comparative productivity and biomass relations of forest Ecosystems. In *Dynamic properties of Forest Ecosystems*, ed D. E. Reichle, pp 411-49. International Biological Programme 23. Cambridge Univ. Press.
- Oliver, Chadwick, (1992). *Forest stand dynamics*. New York ; Mexico : McGraw-Hill
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2001 y 1997) *Situación de los bosques del mundo*. Roma.

- Padoch, C. (1992). *Marketing of Non Timber Forest Products in Western Amazonia: general observations and research priorities*. Pp 43-50 in Nepstad D.C. and Schwartzman S (eds.), *Adv.Econ.Bot.9*. The New York Botanical Garden.
- Pallares-Trujillo, M. & Camarena-Berruecos, P. (1998). Proyecto para la recuperación ecológica en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis profesional. Facultad de Arquitectura, UNAM. México, D.F. 195 p.
- Paré, L. *et al.* (1997). Características Generales de la Sierra de Santa Marta. En: Paré L. y E. Velázquez. (Eds). *Gestión de recursos naturales y opciones ecológicas para la Sierra de Santa Marta*, Ver. IIS UNAM. pp. 17-38.
- Patil, A. D., A. J. Freyer, et al. (1993). *The inophyllums, novel inhibitors of HIV-1 reverse transcriptase isolated from the Malaysian tree, Calophyllum inophyllum Linn.* Journal of Medicinal Chemistry 36(26): 4131-4138. {a} Dep. Biomol. Discovery, SmithKline Beecham Pharm. R and D, King of Prussia, PA 19406, USA
- Pennington, T.D. & Sarukhan, J. (1968). *Manual para la identificación de campo de los principales árboles de tropicales de México*. Instituto de Nacional de Investigaciones Forestales. pp. 413.
- Perdue (1976) en Cragg, G. *et al.* *Natural Products Drug And Discovery and development in: Phytochemicals in Human Health Protection, Nutrition, and Plants Defense*. Edited by Romeo. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York. 1999.
- Pimentel, David, Christa Wilson, Christine McCullum, Rachel Huang, et al. (1997) *Economic and Enviroment Benefits of Biodiversit.* BioScience, vol. 47, number 11 pp. 747-757
- Plotkin, M., and Famolare, L. (eds) (1992). *Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products*, Conservation International. Island Press.
- Ricker M. (2000). *Enriquecimiento de la selva con arboles nativos> un análisis de costo-beneficio con tres especies en Los Tuxtlas Ver .en El Sector forestal mexicano: paradojas de la explotación de un recurso natural*. FE-UNAM
- (1998) y Douglas C. Daly. *Botánica Económica en Bosques Tropicales*. Editorial Diana, Primera Edición.
- R. Reyes-Chilpa, E. Estrada-Muñiz, T. Ramírez Apan, B. Amekraz, A. Aumelas, C.K. Jankowski, & M. Vazquez-Torres (2004). *Cytotoxic effects of mammea type coumarins from Calophyllum brasiliense*. Life Sciences 75:1635-1647.
- (1999), y R., Estrada-Muñiz, E., Román, B., Torres-Sosa, C., Jiménez- Estrada, M. & Béjar, E. (1999). In: *International Conference on Ethnomedicine and Drug Discovery*. Nov. 3-5. Silver Spring, Maryland. U.S.A.
- (1997) R., Jiménez-Estrada, M. & Estrada-Muñiz. *Journal of Chemical Ecology*. 23(7): 1901-1911.

- Rodin, L. E., and N. I. Basilevich. (1967). Production and mineral cycling in terrestrial vegetation. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland.
- Rowe, Raymond, Narendra Sharma, and John Browder, 1992; *Deforestation: Problems, Causes and Concerns*, in "Managing the World's Forests: Looking for Balance Between Conservation and Development" edited by Narendra P. Sharma, Kendall/Hunt Publishing Co., Iowa, pp.33-45
- Ruiz-Perez, M. and Byron, N. A. (1999). *Methodology to Analyse Divergent Case Studies of Non Timber Forest Products and their Development Potential*. (CIFOR). *Forest Science, Vol 45, No 1*.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*, 3rd edn. Mexico: Limusa.
- SARH (1993). Inventario Nacional Forestal Periódico 1991-1993. Memoria Nacional. México
- SARH (1994). Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994. Memoria Nacional. México.
- Sarukhan, J. (1992). Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable en: Coloquio de Invierno Los Grandes Cambios de Nuestro Tiempo: La Situación Internacional, América Latina y México (Environment and Sustainable Development, in Winter Colloquium The Great Changes of Our Time: The International Situation, Latin America and Mexico), UNAM-CONACULTA-FCE.
- SEMARNAP – PNUMA (2002). *Conservación y aprovechamiento sustentable de los bosques tropicales húmedos de América Latina y el Caribe*. Foro en el ámbito del Plan de Acción Regional para el período 2000–2001.
- SEMARNAP (2000). *Anuario Estadístico del Sector Forestal*. Capítulos II, IV, VII, X, y XII. México 2000
- SEMARNAT (2000). *Producción Forestal e Incentivos Para el Bosque Natural y Plantaciones Comerciales Resultados 1995-2000*. Publicaciones de la Dirección General Forestal, Semarnat.
- SEMARNAT (2003). Compendio de estadísticas ambientales 2002. Publicaciones de la Dirección General Forestal, Semarnat.
- Servicio Del congreso De la Investigación. (1993). *Biotecnología, gente indígena, y las derechas de característica intelectual*. Washington, C.C.: Servicio de la investigación, ambiente y división del congreso de la política de los recursos naturales, de abril el 16.
- Situación de los bosques del mundo, (2001). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

- Soler & Gaudiño-Rosales J.C. (1995). *Salud Pública Mexicana*. 37: 499-509
- Sousa, M. 1968. Ecología de las leguminosas de Los Tuxtlas, Veracruz. AN. INST. BIOL. SER. BOTÁNICA, UNAM 1: 121-160.
- Sputnik R.W., (1985). *Limitations of a random screen: Search for new anti-cancer drugs in higher plants*. *Economic Botany* 39(3): 266-288.
- Ten Kate, Kerry and Wells, Adrian (1998) *Access and benefit-sharing policies of the United States National Cancer Institute: A comparative account of the discovery and development of the drugs Calanolide and Topotecan*. Submission to the Executive Secretary of the Convention on Biological Diversity by the Royal Botanic Gardens, Kew. The Convention on Biological Diversity (CBD) 2000.
- Ten Kate Kerry and Sarah A Laird (1999). *The Commercial Use of Biodiversity: Access to Genetic Resources and Benefit Sharing*. Earthscan
- Torres Rojo Juan Manuel (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional México. ESFAL/N/02. FAO.
- Turner, B. G. & Summers M. F. 1999. *Structural Biology of HIV*. *Journal of Molecular Biology* 285: 1-32.
- United Nations Convention on Biological Diversity. June 5, (1992). *International Legal Materials* 31:818.
- United Nations Environment Programme (UNEP), (1995). *Global Biodiversity Assessment*, Cambridge.
- Varea, A. (comp.). (1997). Biodiversidad, Bioprospección y Bioseguridad. ILDIS. Proyecto FTTPP-FAO, Ediciones Abya.Yala. Quito. Y COICA (1996). *Revista Nuestra Amazonia*, No. 8. Coordinadora de las Organizaciones Indígenas de la Cuenca Amazónica - COICA. Quito, Ecuador.
- Vleitenick AJ, De Bruyne T, Apers S, Pieters LA (1998). *Plant derived leading compounds for chemotherapy of human immunodeficiency virus (HIV) infection*. *Planta Medica* 64: 97-109.
- Villalpando, O.K. (1972) Consideraciones sobre el clima y el tiempo meteorológico en la Sierra de los Tuxtlas, Veracruz. En: *Problemas biológicos de la región de los tuxtlas, Veracruz*. Facultad de Ciencias, Dpto. de Biología, UNAM, México D.F.
- Walter V. Reid et al. (1994). *La Bioprospección de la Biodiversidad: El Uso de los Recursos Genéticos para el Desarrollo Sostenible*. World Resources ICosta Rica
- Westoby, Jack (1989). *Introduction to World Forestry*, Oxford: Basil Blackwell Ltd.
- Wollenberg, E., and Ingles, A. (1998). (Eds) *Incomes from the forest. Methods for the development and conservation of forest products for local communities*. CIFOR; IUCN.

World Health Organization (2003). *Medicina tradicional*, Hoja N°134 del hecho Revisado Mayo.

World Resources Institute et al. (1992). *Global Biodiversity Strategy*. Washington, DC:

World Resources Institute, World Conservation Union–IUCN, and United Nations Environment Programme.

Yang, S. S.; Cragg, G. M.; Newman, D. J.; Bader, J. P. (2001). “Natural Product-Based Anti-HIV Drug Discovery and Development Facilitated by the NCI Developmental Therapeutics Program”. *J. Nat. Prod.*; (Addition/Correction); 64(4); 554-554.

Zamudio Zamudio y Rzedowski. (1991). Dos especies nuevas inguicula (Lentibulariaceae) del estado de Oaxaca, México. *Acta Botanica Mexicana* 14: 23-32.

### **Paginas web**

Barreda, A. (2000), [www.jomada.unam.mx/2001/ago01/010827/eco-b.html](http://www.jomada.unam.mx/2001/ago01/010827/eco-b.html).

Biopiratería (2000) *Nueva amenaza a los derechos indígenas y la cultura en México*, [www.globalexchange.org/countries/mexico/biopirateria.html](http://www.globalexchange.org/countries/mexico/biopirateria.html)

CIEPAC (2000). Centro de Investigaciones Económicas y Políticas de Acción Comunitaria. *Pukuj Biopiratería En Chiapas*. Boletines 210, 211, 212 y 214.

<http://www.raj.org.mx/fdocumet/pukujbio.doc>.

CDB, (2004). [www.medioambiente.gob.ar/acuerdos/convenciones](http://www.medioambiente.gob.ar/acuerdos/convenciones),

<http://www.rolac.unep.mx/reclnat/esp/convenios/diversidadbiologica.htm>

Comisión Nacional Forestal (2003). Programa Nacional Forestal 2001-2006. [http://www.semarnat.gob.mx/programas/documentos/archivo/PN\\_Forestal.doc](http://www.semarnat.gob.mx/programas/documentos/archivo/PN_Forestal.doc)

Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). [www.wbcsd.ch](http://www.wbcsd.ch)

Creagh et. al (1998) <http://www.niaid.nih.gov/daids>,

Da Paula, (1996) *Brasil, Parâmetros volumétricos e da biomassa da mata ripária do córrego dos macacos*. Vol.2 No. 2. [www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n2](http://www.dcf.ufla.br/Cerne/revistav2n2)

Edgar Otaiza Vásquez, E-Negocios. <http://www.analitica.com/cyberanalitica/enegocios/>

FIRA (2003) Fideicomisos Instituidos en relación con la agricultura. [http://www.fira.gob.mx/reglasdeoperacion/2003\\_primer\\_trimestre.asp](http://www.fira.gob.mx/reglasdeoperacion/2003_primer_trimestre.asp)

Institute for Policy Studies . [www.ips-dc.org](http://www.ips-dc.org)

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). <http://www.impi.gob.mx/>

- Leguizamó, A. (2000), Portal Agrario, [http://www.minag.gob.pe/rmn\\_forest.shtml](http://www.minag.gob.pe/rmn_forest.shtml)).
- Molina (2001). <http://www.gobcan.cs/medioambiente/revista/2001/22/272/>
- Moore M. International Herald Tribune. 22 de febrero de 2001. Disponible en: [http://www.wto.org/spanish/news\\_s/news01/tn\\_dg\\_iht\\_feb2001\\_s.htm](http://www.wto.org/spanish/news_s/news01/tn_dg_iht_feb2001_s.htm)
- Otaiza Vásquez Edgar, E.-Negocios. <http://www.analitica.com/cyberanalitica/cnecgocios/>
- Quintanilla Eliseo (2003) [imgbiblio.vaneduc.edu.ar/](http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/)
- Ruete, Alejandro. (2000). Deforestación, Desertización y Biodiversidad.  
[www.elportal.net / articulo / debedi.htm](http://www.elportal.net/articulo/debedi.htm)
- Ruiz-Miller, M. 1998. *The Legal Framework on Access to Genetic Resources in the Americas*. Available at <http://www.bdt.org.br/bdt/oeaproj/manolo>.
- Sarawak MediChem Pharmaceuticals, Inc. (2004). Disponible en:  
[www.sarawak-medicchem.com](http://www.sarawak-medicchem.com).
- Secretaría de Salud, México. (2004). Disponible en:  
<http://www.salud.gob.mx/conasida/medicos/guias/medica/guia2004.pdf>
- SEMARNAT, (2004). [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx) (2004) Comunicado de prensa Núm. 035/04
- Sociedad Internacional de Arboricultura. Disponible en: ([www.isahispana.com](http://www.isahispana.com))
- Ten Kate, K. (2003) . Consultation document to accompany Insight's presentation  
Congress, 13 September 2003. Biodiversity: towards best practice for extractive  
companies. <http://www.insightinvestment.com/Corporate/responsibility/>  
[www.informe.presidencia.gob.mx/ - 3k](http://www.informe.presidencia.gob.mx/-3k)
- UNEP- WCMC (2004). Disponible en: [www.valhalla.unep-wcmc.oeg/forest/ntfp](http://www.valhalla.unep-wcmc.oeg/forest/ntfp)
- Unión Mundial para la Naturaleza (2002). [www.iucn.org/ourwork/programme](http://www.iucn.org/ourwork/programme)
- Vélez, Sánchez y García, (2004). *La situación del subsector Forestal en México ante el TLCAN; retos y oportunidades 10 años después*.  
[www.economia.gob.mx/pics/p/p1763/forestal\\_\\_030304.pdf](http://www.economia.gob.mx/pics/p/p1763/forestal__030304.pdf)
- Velásquez A., J.F. Mas, J.L. Palacio (2002) Análisis de cambio de uso del suelo. Instituto Nacional de Ecología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Informe técnico ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).
- World Resources Institute, [www.wri.org](http://www.wri.org)
- World Watch Institute ([www.worldwatch.org](http://www.worldwatch.org)).