

# ECOLOGÍA Y SILVICULTURA EN BOSQUES TEMPLADOS

**D. Granados-Sánchez; G. F. López-Ríos;  
M. A. Hernández-García**

**División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.  
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado México.  
C. P. 56230. Correo-e: didorog@latin mail.com**

## RESUMEN

En este escrito se considera el manejo de los bosques templados fríos y en particular de los bosques de México, los cuales comprenden bosques de pino, bosques de pino-encino y bosques de oyamel principalmente, desde un enfoque ecológico. Para ello, se analizan formas de aprovechamiento silvícola, ubicando las prácticas forestales como son: establecimiento, crecimiento, composición y calidad de la vegetación forestal, podas, fertilización, riego, quemadas prescritas, remoción de suelos, cortas de saneamiento y de recuperación. Se puntualiza acerca de la gestión en estos ecosistemas con respecto a la manera en que impactan las prácticas de extracción, ya que básicamente el manejo forestal tiene por objetivo la producción. Como una propuesta de manejo adecuado, se toman en cuenta aspectos ecofisiológicos de los árboles como son su adaptación a la competencia por luz, sequedad, suelos pobres y bajas temperaturas. Se enfatiza sobre la función que juegan los bosques en diversos servicios ambientales vitales para la sobrevivencia del hombre y de la biosfera en general (recreación, absorción de excesos de calor y luminosidad, frenar vientos y defender a los suelos de la erosión, captura de CO<sub>2</sub> y regulación del ciclo hidrológico, principalmente). Por último se inscribe la problemática de la deforestación y se plantea la opción del manejo del bosque desde la perspectiva de uso múltiple en el marco de la sustentabilidad.

**PALABRAS CLAVE:** manejo forestal, uso múltiple de bosques, silvicultura, gestión forestal, bosques templados fríos.

## ECOLOGY AND SILVICULTURE IN TEMPERATE FOREST

### SUMMARY

In this text, the handling of the cold temperate forests, and particularly of Mexican forests, which include pine, oak-pine, and "oyamel" forests mainly, is considered from an ecological approach. For this, forms of silvicultural exploitation are analyzed, locating forestry practices such as: establishment, growth, composition and quality of the forest vegetation, pruning, fertilization, irrigation, prescribed burn, ground removal, cleaning and recovery cuts. It is emphasized about the management in these ecosystems with respect to the way in which they are disturbed by the extraction practices, since basically the forest handling has by objective the production. As a proposal of suitable handling, eco-physiological aspects of trees, such as their adaptation to the competition by light, dryness, poor grounds and low temperatures, are taken into account. It is emphasized on the played function by forests in diverse vital environmental services for the survival of the man and the biosphere in general (recreation, excesses heat and luminosity, absorption, to restrain winds and to defend grounds of the erosion, CO<sub>2</sub> capture, and regulation of the hydrologic cycle, mainly). Finally, the problematic of deforestation is registered and the option of forest handling is considered from the perspective of multiple uses within the framework of sustainability.

**KEY WORDS:** forest handling, multiple use of forests, forestry, forest management, cold temperate forests.

## INTRODUCCIÓN

### Importancia ecológica, económica y silvícola de los bosques

Los recursos forestales de una zona árida, una selva

tropical o un bosque templado incluyen su cubierta vegetal, constituida por hierbas, arbustos y árboles, y todos los bienes y servicios que de ella se desprenden; por ejemplo, su influencia directa contra la erosión del suelo, el régimen hidrográfico, la fauna silvestre y las condiciones climatológicas; además de su importante papel en la

producción (Ej. madera) y en actividades de esparcimiento y descanso.

No obstante, la diversidad de funciones y el alto potencial de aprovechamiento de los recursos forestales, en México su sobreexplotación se observa como una enorme pérdida de la cubierta forestal (entre 75 mil y 1.98 millones de hectáreas anuales) y con ello la degradación del ambiente (SEMARNAT, 2002).

Por ello, es necesario el establecimiento de reglas para su correcto manejo, considerando las diferentes facetas de su papel ambiental: la conservación de los recursos edáficos, hidrológicos y de la biodiversidad, la producción de madera y otros productos y, que las prácticas de manejo se deriven de consideraciones básicas de los fundamentos ecológicos, de las técnicas dasonómicas y de una correcta orientación de la economía (Beltrán, 1964; Mallén, 2005).

**Bosque templado frío.** La composición florística de los bosques la determina el clima. La vegetación arbórea de climas templados es la que caracteriza a los bosques. La diferencia que existe entre los bosques y las selvas de clima cálido, estriba básicamente en sus componentes, pues mientras que en los bosques el predominio de la vegetación se halla solamente en una o dos especies, en las selvas existe una gran diversidad. Predominantemente, los bosques están compuestos por especies coníferas, aunque también existen latifoliadas. Se les denomina bosques puros aquellos en los que predomina una especie y bosques mezclados en los que el predominio está representado por dos o más especies.

La tierra está cubierta por un mosaico de ecosistemas. Los bosques son comunidades vegetales constituidas principalmente por árboles, aunque en su composición también existen especies arbustivas y hierbas. Los ecosistemas forestales templados ocupan una posición prominente entre todos los ecosistemas con 1.8 billones de ha, secundando a los bosques tropicales que ocupan 2 billones de ha (Ovington, 1983). Respecto a la biomasa los ecosistemas forestales templados producen de 200-400 t·ha<sup>-1</sup>, mientras los tropicales de 400-500 t·ha<sup>-1</sup> (Vitousek y Reiners, 1975). En términos de producción primaria ocupan de entre todos los ecosistemas de la tierra el tercer lugar, la selva tropical tiene una producción de 10-30 t·ha<sup>-1</sup> año y el bosque templado de 5-20 t·ha año<sup>-1</sup>. Desafortunadamente los ecosistemas forestales templados se localizan en la zona de mayor contaminación atmosférica (Chen *et al.*, 1995).

Las raíces de los árboles permiten su anclaje y alimentación. Están diseñadas para desarrollar la mayor superficie posible a fin de absorber el agua y los nutrientes, a través de múltiples filamentos que se introducen en el sustrato. A diferencia de los árboles primitivos, que debido a las fuertes lluvias desarrollaban una parte importante de sus

raíces a la vista, casi todos los árboles desarrollan sus raíces bajo tierra, lo que les permite el acceso a las aguas subterráneas, ricas en minerales y nutrientes (Kozlowski y Pallardy, 1997b).

Los bosques sostienen la industria maderera, pero su destrucción causa daños irreversibles. Los conservacionistas argumentan que los bosques son el hogar de muchas especies que no pueden sobrevivir en ningún otro lugar, por lo que deberíamos preservarlos para las generaciones futuras (Oliver, 1981).

Los bosques tienen un valor ecológico muy alto por la cantidad de fotosíntesis que realizan. En el centro de la escena está el CO<sub>2</sub>, el gas que las plantas utilizan para producir carbohidratos en la fotosíntesis y que todos los organismos eliminan como desecho en el proceso de respiración celular. El bióxido de carbono normalmente constituye alrededor del 0.03 % del aire que respiramos; esta cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera provee a las plantas con suficiente carbono. Este gas, además, ayuda a regular el clima del mundo, ya que el CO<sub>2</sub> retiene calor del sol que de otro modo irradiaría de regreso al espacio desde la Tierra. El calentamiento inducido por CO<sub>2</sub> se denomina efecto invernadero, ya que el CO<sub>2</sub> atmosférico atrapa el calor y entibia el aire de la misma manera que lo hace el vidrio en un invernadero. El efecto invernadero mantiene la temperatura promedio de la Tierra unos 10 °C más cálida que la que tendría de otro modo. (Abrams *et al.*, 1994).

Actualmente, se reconoce como un grave problema el sobrecalentamiento del planeta. La cantidad de CO<sub>2</sub> atmosférico ha estado elevándose desde el siglo pasado, principalmente a causa de la industrialización mundial y el uso creciente del petróleo, gas, carbón y madera como combustibles. Cuando estas sustancias se queman, el carbono en ellas se libera como CO<sub>2</sub>. El aumento sostenido del CO<sub>2</sub> atmosférico parece estar contribuyendo con un aumento en las temperaturas del globo. La fotosíntesis consume CO<sub>2</sub> y tiende a contrarrestar el efecto invernadero, pero la velocidad global de la fotosíntesis podría declinar en la medida en que extensos bosques sean talados para uso agrícola o para la expansión urbana (Abrams, *et al.*, 1994.).

Los árboles eliminan gran parte del potencialmente perjudicial CO<sub>2</sub> de la atmósfera (Wofsy *et al.*, 1993). Los que apoyan su explotación sostienen que el reemplazo de los árboles antiguos por plántulas nuevas en realidad podría aumentar la fotosíntesis y reducir el CO<sub>2</sub> atmosférico (Barnes, 1996).

Los bosques jóvenes de crecimiento rápido en efecto capturan el CO<sub>2</sub> a una velocidad mayor que los árboles viejos. Sin embargo, cuando éstos son talados, mucho menos de la mitad de su masa se aprovecha como madera. Todas las raíces y muchas de las ramas se abandonan para su descomposición. La mayor parte de la madera se usa para

papel, aserrín o combustible, productos que usualmente se descomponen o se queman a los pocos años. La descomposición y combustión transforman los compuestos del carbono que había en los árboles en  $\text{CO}_2$  y esto libera mucho más  $\text{CO}_2$  a la atmósfera que la cantidad que los árboles jóvenes pueden incorporar (Dahlgren, 1994).

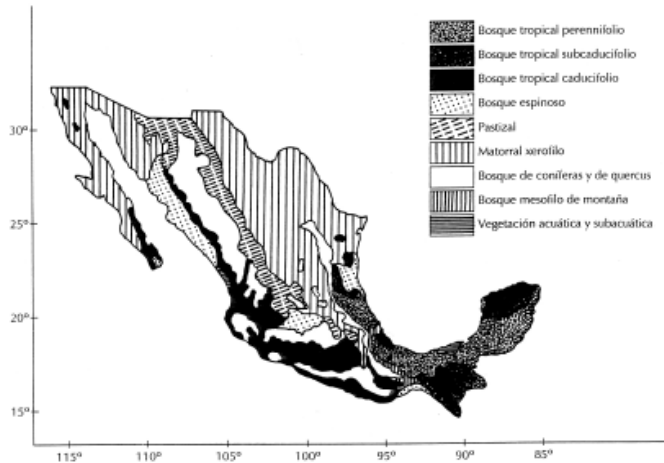


FIGURA 1. Distribución de los bosques dentro de la República Mexicana

### Los bosques templados fríos de México

Los bosques templados fríos de México se encuentran formando la vegetación de las principales cordilleras de México (Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur). Los principales tipos son: bosque de pino, bosque de oyamel, bosque de encino, bosque de enebro y bosque mesófilo de montaña. (Figura 1).

La mayor parte de los bosques de coníferas, está dominado por unas cuantas especies. En algunas zonas extremadamente húmedas, las especies principales incluyen tanto coníferas como árboles de hoja ancha. Por la frecuencia e importancia de su aprovechamiento y uso, las principales especies del ecosistema son: *Pinus arizonica*, *P. durangensis*, *P. pseudostrobus*, *P. patula*, *P. montezumae*, *P. teocote*, *P. tenuifolia*, *Abies religiosa* (oyamel), *Cupressus lindleyi*, (cedro blanco), *Juniperus* spp. (tascate), *Libocedrus* spp. (cedro), *Quercus* spp. (encino), *Alnus* spp. (aile), *Arbutus* spp. (madroño), (Rzedowski, 1978; Perry, 1991).

**Bosque de Pino.** Abarca una superficie: 5'238,681 ha, caracterizadas en un 80 % por el género *Pinus* spp. Se localiza principalmente en las regiones montañosas del país, en climas donde la temperatura media anual fluctúa entre 6 y 28 °C y en altitudes entre 1,500 y 3,000 m, aunque se da el caso del *Pinus caribae*, que se desarrolla al nivel del mar o del *Pinus hartwegii* que se encuentra en altitudes superiores a los 3,000 m. En el país, las especies de *Pinus* con mayor valor económico por su aprovechamiento maderable son: *Pinus engelmannii*, *P. montezumae*, *P.*

*pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, *P. cooperi*, *P. durangensis* y *P. arizonica*, entre otros. El bosque de pino abierto es aquel cuya cobertura de copa oscila entre 10 y 40 %. Las coberturas mayores al 40 % constituyen el bosque de pino cerrado.

**Bosque de Oyamel.** Ocupa una superficie de 193,717 ha con masas puras y mezcladas de *Pinus* spp. y *Quercus* spp., a una altitud que fluctúa entre 2,400 y 3,600 m, en climas ligeramente húmedos, sin estaciones frías y calientes bien diferenciadas, con una temperatura entre 7 y 15 °C y una precipitación media anual de 1,000 mm. Este tipo de bosque se encuentra en general en forma de manchones aislados con frecuencia restringidos a una ladera, cañada o cerro. Los manchones más importantes se localizan en el Eje Volcánico Transversal, sobre el Pico de Orizaba, Cofre de Perote, Nevado de Toluca, Pico de Tancitaro, Nevado de Colima; en la Sierra Madre del Sur, en el cerro de Teotepac, Guerrero, sur de Miahuatlán y Sierra de Juárez en Oaxaca; en Chiapas, en los Altos y en el Tecaná. En el norte del país los bosques de *Abies* son más escasos y pequeños, encontrándose en algunas localidades de los estados de Durango y Chihuahua. En México se han identificado tres especies de este género: *Abies religiosa*, *A. concolor*, y *A. guatemalensis*.

**Bosque de *Juniperus* spp.** Comprende pequeñas áreas en la Sierra Madre Oriental, desde Tamaulipas hasta Chiapas, en condiciones ecológicas más secas que donde se encuentran los bosques de pino encino; fisonómicamente este tipo de vegetación puede variar desde matorrales hasta árboles de 15 m, aunque la altura media varía de 2 a 6 m. Las especies más importantes por su frecuencia y aprovechamiento son: *Juniperus mexicana*, *J. monosperma*, *J. fláccida*, *J. deppeana*, *J. monticola*.

**Bosque de *Pseudotsuga* y de *Picea*.** Ocupan una superficie reducida de bosques en altitudes de entre 2,000 y 3,200 m, en sitios sombríos y húmedos. Las plantas pertenecientes a estos géneros se asemejan por su aspecto y morfología de sus hojas a los árboles de *Abies*; la similitud se extiende también al comportamiento ecológico y a su hábitat. El género *Pseudotsuga* se encuentra en sitios muy específicos en los estados de Coahuila, Nuevo León y Puebla. La especie más común es *Pseudotsuga menziesii*. Las especies de *Picea* se localizan en superficies aún más reducidas que las de *Pseudotsuga* en la Sierra de Chihuahua y Durango; las especies más comunes son *Picea chihuahuana* y *P. mexicana*.

**Bosque de *Cupressus* spp.** Forma pequeños manchones, en algunas áreas dentro de las regiones típicas de bosque de oyamel y pino-encino. Se encuentran normalmente en cañadas y suelos profundos con climas húmedos y frescos, en las partes más altas de la Isla Guadalupe en Baja California. En el centro y sur de México se hallan entre 1,800 y 3,000 m de altura. Las especies

identificadas son: *Cupressus lusitania*, *C. arizonica* y *C. guadalupensis*. Dentro de este ecosistema se encuentran los tipos de vegetación cuya distribución corresponde en general a la ubicación de las serranías más importantes de México, como son: Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental, Sistema Neovolcánico, Macizo de Oaxaca, Sierra Madre de Chiapas, Sierras de Baja California.

**Bosque de pino-encino.** Comprende alrededor de 10'937,964 ha de comunidades mezcladas de *Pinus* y *Quercus*. Se distribuye en casi todas las montañas y sierras del país, en áreas cuyas altitudes fluctúan desde casi el nivel del mar hasta 3,100 m, con una temperatura media anual que varía de 10 a 26 °C y una precipitación media anual que oscila entre 600 y 1,200 mm. Las combinaciones de las especies, tanto de pino como de encino varían de acuerdo al suelo y altitud de la región. Las especies más importantes de este tipo de bosque son: *Pinus herrerae*, *P. teocote*, *P. patula*, *P. arizonica*, *P. engelmannii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus* y, en el caso de los encinos: *Quercus resinosa*, *Q. castanea*, *Q. arizonica*, *Q. rugosa*, *Q. rassifolia* y *Q. mexicana*.

**Bosque de encino.** Constituye la mayor cubierta vegetal de las áreas de clima templado frío y semihúmedo (alrededor de 9'516,561 ha). Esta asociación vegetal se localiza en las zonas montañosas del país; su distribución es en casi toda la República, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta 3,100 m, aunque la mayoría se encuentra entre 800 y 1,200 m. Las principales especies son: *Quercus tuberculata*, *Q. devia*, *Q. chihuahuensis*, *Q. arizonica*, *Q. crassifolia*, *Q. aristata*, *Q. resinosa* y *Q. mexicana*.

De la cobertura forestal, primaria y secundaria, considerando bosques y selvas, alrededor de un 40 % presenta diversos grados de alteración. Sólo el 41 % de la selva remanente permanece como vegetación primaria. Los bosques están desapareciendo a una tasa de 0.79 %, o 2,672 km<sup>2</sup> anuales, mientras que las selvas son deforestadas a una tasa de 1.58 % anual y en zonas como la Huasteca, Yucatán y Veracruz a una tasa que rebasa el 2.5 %. Algunos de los estados que conservan vegetación natural en la mayor parte de su superficie son Coahuila, Quintana Roo y la península de Baja California. Por el contrario, en Veracruz, Tabasco, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Morelos y Distrito Federal, la cobertura modificada por las actividades humanas: cultivos, pastizales y asentamientos, rebasa el 60 % del territorio (Instituto de Geografía, 2002).

Los bosques de climas templado y frío, el 66.4 % están formados por especies coníferas y el restante 33.6 % por especies de hoja ancha. Las áreas arboladas de bosques de clima templado y frío se localizan en la Sierra Madre Occidental, que cruza los estados de Chihuahua, Durango, Nayarit, Sinaloa, Sonora, y parte de Zacatecas y Aguascalientes, donde se concentra el 34.5 % de nuestras

existencias; siguiéndole en orden de importancia la Sierra Neovolcánica que cruza los estados de Jalisco, Michoacán, México, Puebla y Veracruz con el 26.3 %; la Sierra Madre del Sur, localizada en los estados de Guerrero y Oaxaca con el 23.8 %; las demás regiones de la República Mexicana de clima templado frío, en conjunto integran el 15.4 % de los recursos boscosos.

El bosque tiene valores directos e indirectos. La madera, el carbón y los frutos representan los valores directos del bosque. Los valores indirectos estriban en la influencia del bosque sobre el medio general.

## Silvicultura y manejo de los recursos forestales

Actualmente se han generado 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 socio-económicos y de desarrollo sin comprometer, no obstante, la situación actual y futura de estos recursos. El debate sobre la sostenibilidad 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 mantenimiento como bosque (Grumbine, 1994).

El manejo de los recursos forestales enfrenta las contradicciones en la forma en que tradicionalmente se ha planteado la función social de los recursos naturales, puesto que las cualidades de los bosques ya no son coherentes con las demandas sociales ni con la empobrecida constitución del bosque, lo que pone de relieve la escasa funcionalidad de su normatividad, que queda reducida a un calendario silvícola que apenas cumple las restricciones vigentes. En cambio, la demanda internacional está dominada por novedosos manejos especializados:

**CUADRO 1. Distribución de existencias por entidad federativa.**

Entidad federativa	Superficie del estado (km <sup>2</sup> )	Superficie de bosques (km <sup>2</sup> )	% de áreas boscosas
Chiapas	74,211	14,200	19.13
Chihuahua	244,938	51,100	20.86
Durango	12,181	40,640	32.99
Guerrero	64,281	20,160	31.36
Jalisco	80,836	25,690	31.78
Michoacán	59,928	17,330	28.92
Oaxaca	93,952	22,660	24.12
Sinaloa	58,328	11,340	19.44
Sonora	182,052	13,830	7.60
Veracruz	17,699	4,30	7.60
Otros	904,795	55,790	6.17
Total	1'958,201	277,570	14.17

plantaciones, bosques de usos múltiples, restauración, silvicultura comunitaria, agro silvicultura, arboricultura urbana, servicios ambientales y recreación (Mallén, 2005).

La silvicultura, como parte de la actividad forestal que se ocupa de la creación, desarrollo, reproducción, cuidado y recolección de la vegetación forestal, tiene la difícil pero fundamental tarea de facilitar las opciones biológicas y técnicas destinadas a alcanzar los objetivos propios de la ordenación forestal. Sin una silvicultura adecuada, resulta imposible lograr una ordenación forestal sostenible; por esto, parecería lógico que esta disciplina gozara de una atención privilegiada, tanto dentro del sector forestal propiamente dicho como fuera de él; sin embargo, en algunos casos su importancia parece darse por sentada, mientras que en otros está prácticamente ausente (Oliver y Larson, 1990; Silvertown y Doust, 1993).

Existe la tendencia a afirmar que ya hay soluciones técnicas a los desafíos que plantea la ordenación forestal sostenible y que se trata solamente de aplicarlas. Fuera del sector forestal, a menudo se acusa a los silvicultores de no poseer los conocimientos técnicos necesarios para satisfacer las nuevas y múltiples demandas de recursos forestales sin ponerlos en peligro. Ante esto, se sugiere simplemente proteger a los bosques contra nuevos usos hasta que las investigaciones hayan descubierto las técnicas apropiadas, excepto tal vez cuando se trata de la población local a la que se considera con conocimientos suficientes sobre la ordenación en pequeña escala. Los que sostienen esta posición defienden a menudo la necesidad de «restablecer la cubierta forestal», sin tener en cuenta con qué especies, para qué uso y en qué condiciones ecológicas se deben manejar. Esta línea de conducta sólo puede conducir a crear bosques sin viabilidad biológica o económica a largo plazo (Gustafson y Crow, 1994).

Si bien existen técnicas adecuadas experimentadas para un número limitado de situaciones forestales (principalmente en las zonas templadas y boreales), no se puede aceptar la idea de que los conocimientos insuficientes impidan la acción, ya que la ausencia de conocimientos completos no evitará el uso de los recursos forestales (Silvertown y Doust, 1993).

La silvicultura (del latín *silva* o *sylva*, que significa lo silvestre, la selva, el bosque) se ocupa del cultivo y manejo de los bosques, por lo que, si éstos han de figurar entre los recursos renovables del planeta, tendría que acudir a la silvicultura de una manera mucho más amplia e intensiva. Contando con las limitaciones de la ecología, la economía y la política, puede calcularse que la aplicación de principios silviculturales demostrados puede todavía duplicar y quizá triplicar la productividad de los bosques comerciales.

Alrededor de 40 millones de hectáreas pueden clasificarse como bosques maderables comerciales, con

capacidad para producir por lo menos 1.8 metros cúbicos de madera por hectárea y por año. Se define la madera como los troncos comerciables que tienen por lo menos 13 centímetros de diámetro a una altura de 1.4 m sobre el suelo: la definición comprende toda la madera situada por encima de un tocón de 30 centímetros y extendiéndose hacia arriba hasta el punto en que el tronco tiene menos de diez centímetros de diámetro. Según esta definición, cerca de la mitad de la biomasa que produce un bosque es madera utilizable. Pero también el bosque encierra otros muchos valores, la mayoría de los cuales no se les puede poner un precio. Así tenemos que, los procesos respiratorios de los árboles del bosque desempeñan, en conjunto, un papel importantísimo en la extracción de anhídrido carbónico de la atmósfera y en la adición de oxígeno a la misma. Los bosques son la fuente principal de agua dulce, puesto que ocupan la mayor parte de la superficie del globo que no está helada y en la que la precipitación es superior a la evaporación (Grumbine, 1994).

Los bosques representan una importante fuente de alimentos tanto para el ganado doméstico como para la vida silvestre. También proporcionan mucho espacio y oportunidades para las actividades recreativas humanas. La mitad de la madera que se tala en el mundo se consume como combustible y, hoy día, existen grandes probabilidades de que los países industrializados vuelvan a hacer un uso creciente de la madera como combustible, pero ya no quemándola directamente, sino aprovechando más la corteza y los subproductos industriales, convirtiendo la madera o sus residuos en metanol, gas y carbón vegetal. En la industria, la madera sirve no sólo como materia prima de productos estructurales (tablones, madera terciada, tableros contrachapados, aglomerados, tableros de fibras y aislantes) y de fibra (la base del papel, del cartón y de otros muchos productos de pulpa), sino también como fuente de materiales destilables: aceites, taninos, pertrechos navales y medicamentos, así como de productos químicos: azúcares, alcoholes y fenoles (Oliver y Larson, 1990).

**Prácticas silvícolas.** Deben destinarse a la gestión de los bosques con vistas a la producción continuada de madera y otros bienes, así como a la reforestación de las zonas taladas. Este enfoque, que hoy todavía se sigue ampliamente, se denomina silvicultura convencional extensiva, porque se basa en sistemas de corta de bosques maduros que favorezcan la regeneración natural. La técnica incluye la entresaca de los árboles crecidos para permitir el aumento de diámetro de los demás árboles, que se talarán posteriormente.

En Europa muchos de los bosques latifoliados de madera dura (encinos y hayas) fueron convertidos en bosques de coníferas (de madera blanda) debido a las cortas de los bosques existentes y a la repoblación de bosques puros de *Pinus sylvestris* y de abeto rojo (*Picea abies*). La mayoría de estas conversiones tuvieron éxito, de modo que

en buena parte del mundo desarrollado fueron comunes los bosques replantados, más o menos puros, de especies arbóreas con valor comercial. Esta técnica, que puede denominarse silvicultura convencional intensiva mostró a los silvicultores, a medida que crecía la segunda y tercera generación de coníferas en las plantaciones, que los rendimientos solían ser menores que en la primera cosecha, en particular en el caso de las piceas que crecían lejos de su hábitat normal. Los forestales atribuyeron esta mengua a la formación de suelos ácidos en los bosques compuestos únicamente por pinos, ya que las agujas de estos árboles tienen un bajo contenido en nutrientes y al caer en el suelo forman un humus bruto que es bastante ácido (Dahlgren, 1994; Chen *et al.*, 1995).

Bajo el enfoque de sustentabilidad, se presta atención a la adaptación de los árboles a la ecología del lugar, por ello, se exige el mantenimiento de distintos tipos de árboles en bosques mixtos, incluidos los caducifolios, pues las hojas que caen de éstos atraen a los organismos que contribuyen a la formación del suelo y así ayudan a mantener la fertilidad del mismo.

El creciente interés en la utilización de materiales vegetales como fuente de energía y de materias primas químicas ha sido motivo de debates y ha llevado a hacer algunos experimentos en aplicación de la idea de la silvicultura de rotación corta. De acuerdo con ella, los árboles que crecen rápidamente se cosechan con una relativa frecuencia, que llega a ser de ocho años (Grumbine, 1994).

El método de explotación no es realmente silvicultura, puesto que supone únicamente la tala de los árboles sin preocuparse de la regeneración del bosque. Se trata de una forma de gestión forestal en la cual se trata de maximizar las ganancias económicas que obtiene el dueño de los árboles. Este tipo de cosecha se justifica en razón de que el costo de restablecer el bosque puede ser mayor que la ganancia prevista para la nueva plantación de árboles.

La cosecha de árboles se denomina corta comercial, si se retira la mayor parte del arbolado, y corta selectiva o por entresaca si sólo se talan los árboles más valiosos y se deja un número importante de los de menor valor. Este número dependerá de la edad y de la estructura del bosque, así como de consideraciones económicas. Muchos de los árboles que se dejan, caerán ante la fuerza del viento o el peso del hielo y la nieve una vez se les haya privado del soporte que presentaban los árboles talados y se hallen expuestos a los elementos (Chen *et al.*, 1995).

Las desventajas del método de explotación son evidentes. En primer lugar, una tala comercial es una gran herida en el paisaje, que permanece por lo menos durante varios años. En segundo lugar, el desbroce negligente del terreno para abrir caminos que atraviesen la zona y el empleo indiscriminado de equipo de tala pesado, pueden producir

una erosión grave. Tercero, puede desperdiciarse mucha madera al destruir los árboles que han estado creciendo durante años, pero que no han alcanzado el tamaño comercial. Cuarto, el impacto sobre la vida animal y vegetal, la reserva de agua, los valores recreativos y otros suele ser muy grave. Por último, la regeneración del bosque se deja al azar y ésta puede no darse (Waring, 1991; Abrams *et al.*, 1994; Barnes, 1996;).

Un bosque explotado pudiera regenerarse si se permite que los árboles supervivientes apoyen la regeneración natural, de modo que con el tiempo se desarrolle un bosque secundario más o menos completo. Sin embargo, en la mayoría de los casos se optará por nivelar con grandes máquinas, triturar el despojo o rociarlo con herbicidas, quemar el lugar para reducir los restos orgánicos a cenizas de madera y replantar la zona con plantas de coníferas, suficientemente grandes y robustos para formar un nuevo bosque.

La evolución de la silvicultura convencional extensiva durante los dos últimos siglos, se ejemplifica principalmente por dos prácticas. Una es la recolección de árboles maduros mediante sistemas silviculturales, que son métodos de tala destinados a asegurar la regeneración de los árboles en las zonas de corta. La otra es la técnica de corta por entresaca y de cortas adicionales (Austin, 1990).

El objetivo de la silvicultura sostenible extensiva es mantener un rendimiento constante de madera. Siguiendo esta estrategia, se dejan crecer los árboles hasta que sus troncos son lo suficientemente grandes para ser aserrados. La edad de rotación se establece como aquella que corresponde a la culminación del incremento anual medio, es decir, la edad a la que los árboles del bosque producen su crecimiento acumulativo medio máximo. En la práctica, este sistema significa que los árboles crecen hasta tamaños superiores en las tierras públicas pero no en las privadas, en las que las presiones económicas suelen favorecer una recolección más temprana. La edad de rotación para la mayoría de especies arbóreas comerciales en México es de 50 años.

Los sistemas para recolectar árboles maduros pueden agruparse en cuatro categorías (Figura 2). Una de ellas es el sistema de selección, que consiste en talas parciales reducidas, que se repiten en pocos años para crear un bosque de árboles de edades distintas. La técnica es válida sólo para las relativamente pocas especies comerciales que pueden medrar durante la mayor parte de su vida en un ambiente umbrío. La mayor parte de las especies de coníferas viven mejor a pleno sol y deben crecer en plantaciones de la misma edad. Los tres sistemas de silvicultura restantes están destinados a la creación de dichas plantaciones. Uno es la corta o tala, con o sin la plantación o siembra subsiguientes, pero pensando, por lo menos, en la regeneración natural y cuidando de minimizar

los efectos perjudiciales de la cosecha. La segunda técnica consiste en dejar algunos árboles padres; no se emplea mucho porque es probable que los árboles privilegiados sean abatidos por el viento o el hielo, puedan no producir semillas suficientes para restablecer el bosque y sean tan pocos que no valga la pena volver más tarde y recolectarlos. El último sistema es el denominado de corta con árboles de protección, porque el bosque maduro se extrae en dos o más talas parciales, de modo que la nueva plantación pueda establecerse al abrigo de una bóveda parcial de árboles intactos (Ovington, 1983; Austin, 1990).

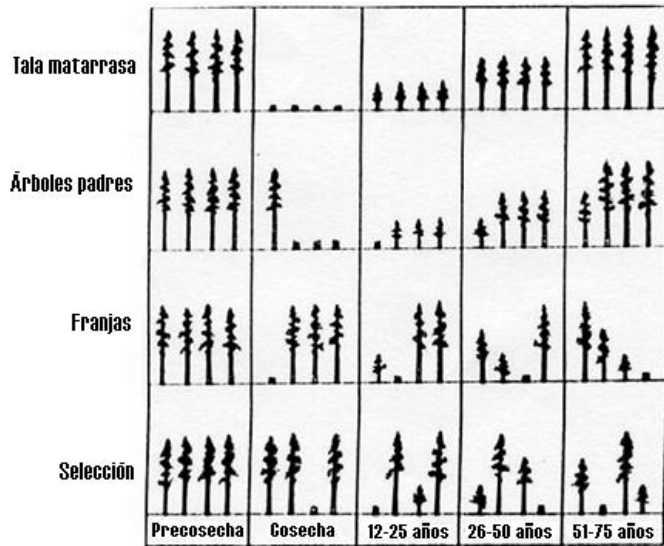


FIGURA 2. Esquema de los métodos silvícolas

En la entresaca, puede cortarse de 25-40 % de los árboles, en bosques cuyos árboles tienen ya un tamaño grande. Los grandes árboles ya muertos, pero todavía en pie, los que permanecen como tocones y los troncos y ramas derribados, constituyen un hábitat muy importante para muchos animales del bosque. Los árboles muertos erguidos proporcionan a las aves y mamíferos un lugar para nidificar y esconderse, pues construyen sus nidos y guaridas en las cavidades de los árboles; además, constituyen lugares para alimentarse y aprovisionarse. Los árboles caídos, que pueden ocupar hasta 10 o 20 % de la superficie del suelo del bosque, ofrecen alimento, protección y vías de paso para pequeños mamíferos y también constituyen sitios propicios para la reproducción de ciertas plantas leñosas. Por tanto, la eliminación de los troncos muertos, erguidos o derribados, empobrece en gran medida la vida animal del bosque (Viereck, 1983).

### Luz, competencia y silvicultura

Como las plantas viven en ambientes de luz diversa, su actividad fotosintética varía de acuerdo a esto. El nivel de luz en que la tasa de absorción de dióxido de carbono en la fotosíntesis iguala la tasa de pérdida de dióxido de carbono

en la respiración, se denomina punto de compensación de luz. En ese punto, la fotosíntesis funciona tan lentamente que produce sólo los compuestos de carbono necesarios para la respiración. Cuando el nivel de iluminación sobrepasa el punto de compensación de luz, la tasa fotosintética aumenta. A partir de ahí, se llega a un punto en que la cantidad de luz no limita la tasa de fotosíntesis, aunque otros factores, tales como el agua, la temperatura y los nutrientes sí pueden actuar como agentes limitantes. En este punto, la curva se estabiliza.

Cuando el incremento de la cantidad de luz no produce un aumento de la tasa de fotosíntesis se denomina punto de saturación de luz. En algunas plantas adaptadas a ambientes extremadamente sombríos, la tasa fotosintética declina cuando el nivel de iluminación sobrepasa la saturación. Este efecto negativo de un nivel de luz excesivo se conoce como fotoinhibición. La relación existente entre la disponibilidad de luz y la tasa fotosintética varía entre diferentes especies de plantas. Las plantas adaptadas a la sombra suelen tener un punto de compensación de luz, un punto de saturación de luz y una tasa fotosintética máxima, menores que las plantas adaptadas a ambientes bien iluminados (Kozłowski y Pallardy, 1997b).

La respuesta fotosintética pueden observarse en plantas de la misma especie que crecen en condiciones distintas de luz e incluso en hojas de la misma planta sometidas a niveles de iluminación diferentes. Este fenómeno, por el cual se producen cambios en la fisiología o en la forma de un organismo, en respuesta a cambios en las condiciones ambientales, se denomina aclimatación. Sin embargo, estas diferencias son más pronunciadas entre las especies diferentes de plantas adaptadas a ambientes de mucha o poca luz. Estas adaptaciones corresponden entonces a diferencias genéticas en la respuesta potencial de las especies vegetales al medio lumínico. Las especies de plantas adaptadas a ambientes bien iluminados se conocen como especies intolerantes a la sombra, o también especies de ambientes soleados. Las especies de plantas adaptadas a ambientes de poca luz se denominan especies tolerantes a la sombra, o especies de ambientes sombríos. Estos nombres se refieren a su capacidad relativa para poder continuar la actividad fotosintética en condiciones de iluminación reducidas (Swanson y Franklin, 1992).

Tolerancia de las plantas a la sombra. Supongamos que plantamos a la sombra una especie de ambientes soleados. Al estar adaptada a un alto grado de iluminación, y con una tasa elevada de respiración, intentará compensar la escasez de luz. La disminución de la tasa de fotosíntesis por unidad de superficie foliar se verá contrarrestada por un incremento de la superficie foliar. No producirá más hojas, sino hojas más delgadas afectándose la morfología de las hojas con relación a la luz. Además, en un intento por llegar más cerca de la luz, aumentará la cantidad de carbono fijado destinado al crecimiento del tallo, en vez de a las hojas o la

raíz. A causa de la desviación de la energía hacia el tallo y las hojas se afecta la producción de flores o frutos. El rápido crecimiento del tallo y la delgadez de las hojas aumentan su vulnerabilidad a la desecación; el adelgazamiento de las paredes celulares también debilita los tallos y hace que la planta sea más susceptible a las infecciones por hongos (Swanson y Franklin, 1992; Kozlowski y Pallardy, 1997b).

De este modo, ambos tipos de plantas, ya sean de ambiente soleados o sombríos, tienen características particulares. Las plantas de ambientes soleados crecen mejor en lugares abiertos que reciben la luz directa del sol, por tanto ocupan rápidamente los terrenos que han sido alterados, tales como los campos abandonados. Suelen producir semillas tempranamente y tienden a ser pequeñas, para ser dispersadas con más facilidad. Su actividad fotosintética es más eficiente a la luz directa del sol y aprovechan rápidamente los productos fotosintetizados para el crecimiento.

Las plantas de ambientes sombreados tienen tasas de fotosíntesis y de respiración más reducidas, además de que crecen más lentamente en cualquier medio. En muchos casos, realizan la fotosíntesis con muy poca luz, pero responden eficazmente, durante un corto periodo de tiempo, a un aumento de luz debido a las salpicaduras de rayos solares. Las especies de árboles tolerantes a la sombra pueden vivir durante muchos años como brotes o pequeños árboles, con un crecimiento ralentizado, hasta que muere algún árbol grande y deja espacio al paso de la luz, permitiendo así el crecimiento de la cubierta vegetal situada en el estrato inferior (Kozlowski y Pallardy, 1997a).

El grado de tolerancia a la sombra es afectado por la humedad del suelo, la temperatura y otros factores, aunque la iluminación es la principal influencia reguladora.

Las plantas que requieren una fuerte iluminación y son incapaces de vivir con débiles intensidades luminosas reciben el nombre de especies intolerantes. En esta categoría se ubican árboles como el encino (*Quercus*), el abeto rojo (*Tsuga*) y la haya (Ovington, 1983). Las especies intolerantes, no pueden desarrollarse debido a la sombra producida por una densa acumulación de individuos de su propia especie o de otra. La luz que alcanza el suelo en los bosques caducifolios templados, disminuye intensamente cuando los árboles desarrollan sus hojas, no obstante, muchas de las plantas menores están adaptadas a un periodo de rápido crecimiento a comienzos de la primavera, mientras la luz en la superficie del suelo es lo suficientemente intensa (Grumbine, 1994).

**Competencia.** Cuando una población vegetal se ha desarrollado de tal forma que los individuos están creciendo juntos, sus raíces entran en competencia por el agua y las sustancias nutritivas, mientras que sus ápices lo hacen para la luz. Las rivalidades entre los individuos de una misma

especie son más agudas que las que median entre individuos de diferentes especies, ya que los primeros compiten por los mismos recursos. Al aumentar la competencia se retrasa, paralelamente, la intensidad del crecimiento (Austin, 1990).

El crecimiento y desarrollo de las plantas se ve afectada por la competencia. El tipo de desarrollo de un árbol solitario es completamente diferente respecto a otro de la misma especie que haya crecido estrechamente rodeado por otros individuos. En este último caso las ramas inferiores se desarrollan muy poco a consecuencia de la falta de luz, o las yemas de crecimiento y las ramitas son destruidas por las ramas de los árboles inmediatos al ser azotadas por el viento y golpearlas. Los árboles vecinos más pequeños que determinan esta acción podadora se conocen con el nombre de "domadores" por parte de los silvicultores, ya que obligan a los árboles a desarrollarse sin ramas laterales, por lo que resultan muy favorables para la producción de madera.

### La gestión tradicional de los bosques

En México, los árboles comúnmente son talados manualmente y sacados del bosque con la ayuda de los animales, prestando muy poca atención a la gestión de los terrenos arbolados. Parecía que los bosques eran inagotables y que no había peligro de que la demanda de madera sobrepasara las existencias. En la actualidad la demanda de pulpa de papel y madera maciza aumenta a tal velocidad que es imprescindible conseguir que el bosque crezca al mismo ritmo que las necesidades humanas.

Para el silvicultor moderno, el cultivo y manejo del bosque considera los procedimientos de gestión, incluyendo la preparación y plantación del terreno hasta la extracción final. A lo largo del ciclo de crecimiento del bosque, controla la vegetación que compite con las plántulas de los árboles, para conseguir que en el suelo haya la humedad y los nutrientes que éstas requieren; controla también las numerosas plagas del bosque, prescribe los fertilizantes y las quemadas controladas, además de que periódicamente aclara las poblaciones arbóreas (Ovington, 1983)

Se incluye la corta y remoción de árboles, lo cual depende del potencial de regeneración de los árboles forestales que son favorecidos (la replantación de las zonas forestales con plántulas genéticamente superiores que crecen más rápidamente, a mayor altura y con troncos rectos, es una práctica relativamente nueva que ha incrementado los rendimientos hasta en 20 %), de la topografía, del potencial de erosión y fuegos aleatorios, de la proximidad a los mercados, de los requerimientos del mantenimiento de la fauna silvestre y de los costos de operación (Oliver, 1981; Barnes, 1996).

La gestión adecuada de los terrenos forestales permite aumentar la calidad y el volumen de los árboles recolectados.



En el noreste de Estados Unidos, se observó que en un bosque de coníferas sin gestión crecieron de 50,000 a 100,000 plántulas por hectárea, las cuales una vez taladas dieron lugar a la regeneración de hasta 600,000 plántulas. No obstante, en estas condiciones los arbolitos quedaron atrofiados y el bosque estuvo a merced de las enfermedades y otros peligros naturales (Oliver y Larson, 1990).

En un bosque gestionado si se plantan de 1,700 a 3,500 plántulas por hectárea se reducirá la competencia por luz y nutrientes y el crecimiento se acelerará, ya que cada árbol dispone de espacio suficiente y si no hay zonas despobladas, se optimiza el aprovechamiento del terreno logrando la máxima cosecha. Por ello, en la mayoría de los países septentrionales, en lugar de tener que esperar sesenta o cien años para poder cortar las coníferas, pueden cortarse al cabo de unos 35 años. Además, en las naciones industrializadas aproximadamente 15 % de las zonas arboladas taladas son replantadas; no obstante, la mayoría de los bosques se regeneran naturalmente (Dahlgren, 1994).

El silvicultor se ocupa de preparar el terreno para facilitar la correcta plantación de las plántulas o, con una preparación menos intensa permitir la regeneración natural. Cuando una zona ha sido talada, los árboles y los arbustos inservibles quedan junto a los restos de la tala: ramas, hojas y ramillas. Los silvicultores deben desembarazarse de estos residuos para poder plantar las plántulas o para acondicionar el suelo para la regeneración natural. Aunque los arbolitos podrían ser plantados sin eliminar los residuos, ello aumentaría los costos de la operación y disminuiría el área disponible. Hay tres métodos para hacerlo; sacar el material, mezclarlo con el suelo mediante maquinas adecuadas o quemarlo; este último es el método más eficaz y más frecuente. La quema de residuos requiere una planificación detallada y una preparación previa del terreno y es un sistema particularmente importante en las explotaciones (Abrams *et al.*, 1994.).

Los residuos del suelo se mezclan por medio de tractores, que a la vez remueven el suelo, lo cual permite que las nuevas plántulas dispongan más fácilmente de la humedad y los nutrientes necesarios. Sólo puede practicarse en terrenos poco inclinados y usualmente resulta en un alto costo (Oliver y Larson, 1990).

Es necesario controlar las plagas y la vegetación no deseada empleando pesticidas y herbicidas tanto químicos como biológicos. Los herbicidas ayudan a controlar las especies arbóreas de hoja ancha de manera que las poblaciones de coníferas crezcan sin competencia; también son muy importantes en los viveros. Es muy indispensable también, el empleo de otros productos químicos que protejan las plantaciones contra los insectos, los roedores y las enfermedades que anualmente destruyen el equivalente al 40 % del volumen de madera extraída de los bosques del norte de México.

Métodos de corta. Cuando los árboles alcanzan la talla comercial son cosechados mediante distintas técnicas.

**Aclareo o tala rasa.** Es el más drástico de todos los métodos de corta. Mediante este método se talan todos los árboles, sean comerciales o no, dentro de un área determinada. Los dos propósitos de este método son, primero, talar los árboles y segundo, establecer un nuevo sitio que sea coetáneo y de composición uniforme. Después de que el área ha sido talada se planta con especies de crecimiento rápido, que no se reproduzcan satisfactoriamente bajo la competencia de otras especies. El aclareo debe hacerse en manchones franjas o cuencas hidrológicas completas (Ovington, 1983; Austin, 1990).

La tala total es un método económico y ecológico, comparable a lo que ocurre espontáneamente (por ejemplo, los incendios destruyen todos los árboles de la zona afectada) y permite emplear la madera como combustible. La tala total es especialmente indicada para la regeneración de especies como el oyamel y el pino que no toleran la sombra. También es muy útil en plantaciones en las que para la reforestación se emplean plántulas genéticamente superiores de especies intolerantes.

**Corta selectiva o sistema de selección.** Es un método menos intensivo en el cual los árboles seleccionados se identifican, marcan y cortan. En un sentido, la corta selectiva representa un aclareo de los árboles que no son cosechados. La corta selectiva es lo que se encuentra más cercano a un tipo de manejo continuo del bosque. La regeneración en las áreas abiertas por la remoción de árboles se lleva al cabo por renuevos que ya se encuentran en el área. Esto minimiza los cambios en la estructura total del bosque. La corta selectiva trabaja bien sólo cuando los árboles jóvenes de las especies deseadas son tolerantes a la sombra y pueden existir bajo la sombra de árboles cosechables (Avery y Burkhart, 1994).

Esta técnica elimina los árboles muertos, los hipermaduros y los que están demasiado apretados. El aclareo de un bosque debe considerarse como un tipo de tala selectiva previa a la cosecha final que disminuye la competencia por la luz y los nutrientes, proporcionando a los árboles restantes condiciones de crecimiento más favorables. En la tala selectiva, además de cortar cierto número de árboles valiosos, se eliminan también árboles de menor valor. En el pasado, se abusó de este método de recolección. A menudo, sólo se cortaban los mejores árboles dejando que el nuevo bosque se regenerara a partir de los peores, con lo que algunos bosques actuales están formados por poblaciones de escaso valor.

**Árboles padres o semilleros.** Un tercer método de recolección es el llamado de los árboles padres o de árboles semilleros. Con este método, se remueven casi todos los árboles dentro un área corta, dejando un pequeño número

de árboles maduros (de 15 a 20 árboles por hectárea) para que provean de semillas el rodal. Después de que el bosque ha sido 'resemillado', se talan los árboles semilleros. El bosque resultante es entonces coetáneo y uniforme en su composición. Esta técnica es esencialmente para los pinares, aunque a menudo es mejor la tala total seguida de una plantación (Ovington, 1983).

**Árboles protectores.** Otra técnica de recolección intermedia entre la tala selectiva y la de los árboles padres es la que se conoce como árboles protectores. Consiste en la preservación de unos setenta o ciento veinte árboles por hectárea para que resiembren la zona y a la vez proyecten cierta sombra protectora sobre las nuevas plántulas (Avery y Burkhart, 1994).

### Rendimiento sostenido

Los nuevos avances en silvicultura han permitido al hombre controlar cuidadosamente la calidad y la cantidad de la fibra de la madera, además de que las técnicas modernas, acompañadas de una minuciosa administración del terreno, permitirán continuar explotando los recursos forestales durante los siglos venideros (Avery y Burkhart, 1994).

El concepto de "rendimiento sostenido" es fundamental en el planteamiento de los bosques creados por el hombre, puesto que en el mercado existente, los aserraderos, las fábricas de papel y la demanda general de las industrias locales son constantes o uniformemente crecientes. Así, las extracciones forestales deben satisfacer la demanda, tanto actual como futura, dentro de los límites del ciclo natural de producción maderera. En términos generales esto significa que, si los árboles necesitan cincuenta años (en zonas tropicales veinte años) para llegar a su plena madurez, cada año puede talarse una quincuagésima parte del bosque y debe ser repoblado en la misma proporción. El encargado de la tala puede seleccionar un gran grupo de árboles, varios grupos pequeños dispersos o bien cortar aisladamente una cincuentava parte de los árboles del bosque, pero nunca debe sobrepasar los límites de la "tala permitida". Esta tala permitida, correspondiente al incremento anual medio del crecimiento del bosque, se establece cuidadosamente mediante la valoración de muestras tomadas durante un período de varios años y es corregida regularmente (Chen *et al.*, 1995).

La explotación controlada exige una inversión de capital inicial. Tanto el terreno, como las labores que en él se deben efectuar, como los árboles para la repoblación, cuestan dinero, pero éste no podrá ser recuperado hasta que la plantación haya alcanzado el crecimiento que requiere el mercado. Los silvicultores aplican las últimas técnicas científicas para obtener un rápido crecimiento a un mínimo costo y para disminuir al máximo las pérdidas sufridas por los árboles jóvenes. La mecanización ha sustituido a la mayor

parte de los métodos tradicionales, especialmente en lo que respecta a la obtención en los semilleros de la reserva necesaria de pequeños árboles para la repoblación (Silvertown y Doust, 1993).

En los lugares en que se han realizado plantaciones de árboles angiospermos caducifolios de zonas templadas, que tardan varias décadas en alcanzar su madurez, se han adoptado los métodos de multicultivo. Entre las plántulas ampliamente espaciadas de nogal negro, se ha plantado frijol y varias especies del género *Poa*. Al principio únicamente produce beneficio de la cosecha de estas últimas y más tarde la valiosa cosecha de nueces constituye una ganancia adicional intermedia mientras los nogales alcanzan su madurez. El nogal, usado en grandes proporciones como material de contrachapado, aunque tarda muchos años en tener una talla rentable, es muy valioso (Avery y Burkhart, 1994).

Aproximadamente deben plantarse diez árboles por cada uno de los previstos, ya que una parte variable de ellos no sobrevivirán al ser sofocados por las malas hierbas, comidos por los venados, roídos por los ratones, atacados por los insectos, o aniquilados por las enfermedades. Otra gran parte, los más débiles, deberán ser arrancados para dejar espacio libre para el buen desarrollo de los más fuertes. Los menos vigorosos, aunque sean de tronco delgado, serán también comercializados como maderos para la construcción de cercas o como puntales para las minas, mientras que la pulpa y los trozos pequeños de tronco serán utilizados como combustible; por ello es muy importante tomar en cuenta el desembolso inicial y todos aquellos elementos que permiten esperar a que la plantación alcance su plena madurez.

### Mal manejo *versus* buen manejo

De acuerdo a un buen manejo de los recursos forestales, los bosques han de conservarse para usos múltiples, incluidos la producción de madera, el recreo, el pastoreo, la fauna y la protección de las vertientes de agua. Sin embargo, como resultado de presiones de empresas campesinas y de algunas empresas madereras, el gobierno definió la necesidad de dar prioridad al corte y transporte privados de trozas en los terrenos públicos.

El Servicio Forestal ha autorizado a las empresas madereras cada vez en mayor grado la tala limpia, esto es, un método económico y eficiente de corte y transporte de trozas (con un rendimiento del 100 por 100) que permite cortar *todos* los árboles de un área determinada (el rendimiento del corte selectivo de árboles maduros es de aproximadamente 40 por 70). Sin embargo, además de la pérdida de las actividades de recreo, del pastoreo y de la protección de la fauna, tal vez el resultado más peligroso de la tala limpia es el de la degradación de la vertiente de aguas. La vertiente es el área cuya precipitación pluvial se reúne y escurre cuesta abajo hacia un río determinado. La extensión

y el carácter del desarrollo de la capa vegetal de la pendiente condicionan la velocidad del escurrimiento y la cantidad de sedimento que es arrastrada hacia la corriente de agua. La tala limpia puede ocasionar un aumento de la sedimentación, de hasta 7,000 veces y arruinar los parajes de cría para los peces. Los fuertes derretimientos de nieve o las fuertes precipitaciones pluviales en las pendientes de tala limpia pueden causar un escurrimiento rápido e inundaciones devastadoras río abajo. Estos efectos perjudiciales de la tala limpia representan un costo económico mucho mayor, para el conjunto de la población humana en una región, de lo que representa el gasto para las empresas madereras si se limitaran al corte y transporte selectivo de trozas.

**Acopio de madera e impacto ambiental.** Una vez que los árboles han sido talados, los troncos deben ser transportados hasta el mercado, lo cual usualmente daña al ambiente. Normalmente los troncos son arrastrados de un lugar a otro por tractores. Al ser arrastrado el tronco sobre la superficie, el suelo es perturbado y como resultado la erosión del suelo generalmente se incrementa. Los cableados aéreos son los que menos dañan la estructura del bosque; los menos perturbadores son por globo o por helicóptero, sin embargo este último acarrea otras consecuencias ecológicas por la gran cantidad de gasolina que usa (Viereck, 1983).

En actividades de troceo el área pierde mucho de su cubierta vegetal; además, si se queman otros desperdicios de troza, estos se acumulan y constituyen un buen elemento para el fuego y si se queman, el área afectada se ve desprovista de otras plantas que pueden ayudar a estabilizar el suelo, aunque la cama de cenizas puede ser útil para el establecimiento de semillas de una nueva vegetación.

Las operaciones de troceo pueden causar aludes que dejan superficies expuestas, inestables, deformes y muy desgastadas; además, el transporte de las trozas por tractor, compacta el suelo. Esto puede incrementar dramáticamente el desgaste de un suelo frágil. El suelo mineral compactado y expuesto tiene entonces menos probabilidad de absorber agua y es por lo mismo una fuente de escurrimiento que puede iniciar la erosión en áreas menos perturbadas (Grumbine, 1994) (Cuadro 2). Con relación a esto, se ha definido la importancia relativa del sistema de transporte para determinar los niveles de pérdida de sedimentos (Borman *et al.*, 1974).

El daño al ecosistema forestal se debe más a la forma en que las trozas son transportadas que a al procedimiento de corta. Aunque la perturbación principal en las operaciones de tala en un ecosistema forestal es la sedimentación deliberada hacia arroyos cercanos, deben considerarse también otros efectos, especialmente en terrenos públicos, donde los paseos (caminatas) y la recreación son usos significativos. En este sentido, un bosque talado a mata rasa no es un lugar atractivo, así que los aclareos extensos pueden crear grandes áreas de paisaje cuyo valor estético es muy bajo.

Los arroyos que fluyen por un bosque están comúnmente sombreados por árboles, por lo que no reciben un impacto directo del sol. La remoción de la vegetación permite al arroyo recibir una intensidad solar mayor, de tal forma que su temperatura puede subir varios grados. Esto da lugar a un cambio significativo y su impacto en la vida de los peces, semejante a la contaminación tóxica que provoca una planta de energía eléctrica (Borman *et al.*, 1974). Una solución al problema es dejar una faja de árboles a lo largo del arroyo. Además, el hecho de dejar un límite de vegetación natural entre los caminos de troza y arrastre y el arroyo, proporciona una zona amortiguadora donde el sedimento desgastado del área perturbada puede ser depositado antes de que llegue al arroyo.

La deforestación va acompañada de efectos ambientales adversos, como son:

1. Cambios en el clima (dependientes del tamaño de la zona deforestada).
2. Modificación de los ciclos hidrológicos y de los regímenes de aguas. Con múltiples efectos, por ejemplo: la erosión de las orillas de los ríos, la sedimentación de depósitos en los mismos y en el mar, inundaciones adversas de carácter catastrófico, los arroyos y ríos perennes se vuelven estacionales o se secan completamente, la calidad del agua empeora y hay destrucción o cambios adversos de los ecosistemas acuáticos en los ríos, pantanos y lagos, con efectos negativos en las pesquerías.
3. Disminución o extinción local de animales silvestres terrestres.

**CUADRO 2. Pérdidas de sedimento resultantes de los sistemas de aprovechamiento y transporte.**

Sistema de aprovechamiento	Sistema de transporte	Caminos (km)	% de área cortada	Pérdidas por sedimentación en 9 años (%)
Ninguno	Ninguno	0	0	32.57
Corta total	Cableado aéreo	0	100	107.50
Corta en manchones	Arrastre	265	25	2,795.00

El cultivo de bosques monoespecíficos, para producción industrial de madera y pasta de papel, conlleva numerosas desventajas. Estos bosques artificiales de bajísima diversidad, en los que se elimina incluso el sotobosque, suponen una escasa defensa contra la erosión y una problemática en cuanto a su estabilidad, así por ejemplo, son presa fácil de parásitos (Zou *et al.*, 1992).

Si el suelo forestal es utilizado para pastoreo, es necesario que se conserve un equilibrio entre el recurso y lo que es utilizado por el consumidor, es decir, la biomasa explotada no debe superar la producción (así por ejemplo, toda zona de pasto tiene una capacidad límite, es decir una biomasa de herbívoros que puede alimentar). Si la intensidad de explotación rebasa la producción, el "capital" va siendo mermado y la subsistencia del sistema se halla en peligro (Ovington, 1983).

Cuando se supera la capacidad límite, la vegetación se empobrece ostensiblemente y se desencadenan procesos erosivos. A medida que la degradación de la cobertura vegetal progresa (y con ella la erosión y la aridez) disminuye la productividad de las tierras y, por tanto, su capacidad límite. El pastoreo puede ser considerado como el factor más importante en el empobrecimiento rural de México, pues raras veces se mantiene dentro de los límites racionalmente establecidos (Gustafson y Crow, 1994) Kzedowski (1978).

**Fuego.** El fuego es esencial para mantener un bosque de coníferas, ya que sin los incendios periódicos, los árboles caducifolios reemplazan con frecuencia a las coníferas. Durante el verano, los incendios producidos por los relámpagos pueden quemar grandes áreas de bosque. Las coníferas con conos y semillas resistentes al fuego colonizan con frecuencia las zonas recién quemadas (Waring, 1991; Barnes, *et al.*, 1992). El factor más importante en las modificaciones del suelo producidas por el fuego estriba en la gran elevación de temperatura a que se ve sometido. Aunque gran parte de la cobertura vegetal, incluyendo el humus, es destruida por el fuego, las altas temperaturas no son capaces de matar muchas de las raíces y semillas del sitio que sufre la perturbación, de este modo se produce una selección de las especies vegetales que favorece a algunas poseedoras de particulares adaptaciones.

Las comunidades mantenidas con ayuda del fuego son bastante estables, no obstante, el mal uso de este poderoso instrumento puede abrir en muchas ocasiones las puertas a una erosión acelerada, por ejemplo, al extender áreas para el pastoreo.

El manejo racional de un bosque implica tomar las medidas necesarias para evitar, o disminuir al máximo las causas naturales de destrucción y, al mismo tiempo, se basa en un estudio cuidadoso del bosque, sus características, el ritmo de su reproducción y crecimiento y

otros factores más, de modo que sea posible realizar una explotación remuneradora calculada de tal manera que solamente extraiga anualmente los crecimientos que se producen. Se entiende por forma científica y racional de explotación forestal aquella que permite los mayores rendimientos sostenidos, es decir que extrayendo suficientes productos del bosque, no se ponga en peligro la conservación del mismo (Vogelmann, 1995).

### Uso múltiple del bosque

El enfoque ecológico incluye todos los recursos naturales y sus interrelaciones; y postula la conveniencia de hacer una utilización completa de los mismos. Así, bajo la perspectiva de uso múltiple del bosque, además de explotar la madera de los árboles, se aprovecha para el ganado, o se utiliza la laguna para fines de pesca o piscicultura.

Propone el manejo de masas forestales con mezclas de especies que no sólo sean compatibles entre sí, sino que puedan beneficiarse con la asociación, aunque el producto que se quiera obtener sea únicamente madera, puede responder al principio de multiplicidad. Incluso, una sola especie capaz de producir dos o más productos puede explotarse con criterio único o múltiple, por ejemplo para pinos se puede cosechar la resina y la madera. En el caso de aprovechamiento combinado de madera, ganado, provisión de agua, caza, pesca y recreación, debe distinguirse si se trata de verdadero uso múltiple o simplemente aplicación del principio de zonificación en el uso de la tierra (Borman *et al.*, 1974).

Se habla de uso múltiple, cuando en una región boscosa los sitios destinados a la obtención de otros beneficios que no son la madera tienen carácter de enclaves dentro del área maderable y su explotación remunerativa y ecológicamente sólida sólo se consigue si se incluye dentro de una planificación general cuidadosamente orientada para reducir al mínimo las interferencias de los distintos propósitos y se manejan en consecuencia. En cambio, si las áreas que se destinen a utilización distinta, de la forestal clásica están situadas marginalmente, no deben considerarse integradas en un uso múltiple, sino dentro de un esquema para la zonificación en la utilización de la tierra (Bond y Van Wilgen, 1996).

### Funciones del bosque

El uso múltiple del bosque encierra muchos valores intrínsecos que en conjunto contribuyen a regular el equilibrio dentro del ecosistema y a los cuales no se les puede poner un precio. Entre esos valores pueden citarse:

**Papel ecológico.** Los bosques participan en la conservación y formación de suelos, manteniendo los elementos básicos para la preservación de los hábitats para la fauna silvestre. Además, la vegetación forestal participa

del reciclaje de nutrientes, de tal manera que el bosque es una entidad dinámica en el que se sustenta la vida vegetal y animal. El bosque contribuye al equilibrio del clima porque absorbe el exceso de luminosidad y calor (por baja conductividad); intercepta el aire húmedo y provocan la precipitación pluvial; frena los vientos y crea una fortaleza aerodinámica, que defiende a los suelos de la erosión.

**Reservorio de biodiversidad.** Los bosques comprenden una gran variedad de árboles, arbustos, hierbas, animales y microorganismos, que se han establecido a través del tiempo, con relación a diversas fuerzas naturales que dirigen su evolución, por tanto constituyen un reservorio de biodiversidad. La estratificación vertical de los bosques de coníferas. En los bosques, debido a la elevada densidad de las copas de los árboles, los estratos inferiores están muy poco desarrollados; así tenemos que la capa inferior está constituida por muy pocas especies, correspondiendo principalmente a musgos, helechos, gramíneas y hongos.

**Conservación del clima.** Al regular el nivel de los gases de invernadero (absorción de dióxido de carbono y liberación de oxígeno, como resultado de la fotosíntesis) los bosques disminuyen la contaminación provocada por el hombre y proporcionan una atmósfera adecuada para la vida. Además amortiguan los sonidos reduciendo de esta forma también, la contaminación por ruido.

**Papel hidrológico.** En los bosques la captación de agua por precipitación es superior a la evaporación, permitiendo la formación de mantos freáticos que funcionan como importantes reservorios de agua dulce. Además, los bosques contribuyen a la creación de cuencas; acumulan, limpian, regulan y distribuyen los recursos acuíferos; evitan que las presas y lagos se llenen de sedimentos. La cubierta forestal, a la par de moderar la desecación, reduce la erosión del suelo disminuyendo tanto la escorrentía de las aguas, como el riesgo de inundaciones y el estancamiento de los embalses y cursos de agua (Vitousek, y Reiners. 1975; Viereck, 1983).

**Intercepción de luz.** Debido a que las coníferas mantienen sus ramas llenas de hojas durante todo el año, el grado de interceptación de la luz en un bosque de coníferas es prácticamente el mismo a lo largo del año. La mayoría de los pinos forma una densa bóveda superior, la cual limita el paso de la luz del sol, lo cual determina que los estratos inferiores no puedan desarrollarse. La intensidad de la luz en un bosque de pinos o de oyameles disminuye progresivamente al atravesar la bóveda vegetal, hasta que en la parte inferior sólo llega una pequeña fracción de luz (Zak, *et al.*, 1994). No obstante, los pinos con copas más abiertas permiten que llegue una mayor cantidad de luz al suelo del bosque, estimulando la formación de un sotobosque herbáceo o arbustivo.

**Microclima.** El perfil de temperaturas de un bosque

de coníferas varía según las formas de crecimiento, por ejemplo, en bosques con árboles de tipo pinos o similares, las temperaturas tienden a ser más frescas en la bóveda superior, posiblemente porque la circulación de aire es más intensa que en la bóveda inferior (Waring, 1991).

La masa forestal crea un microclima forestal –por influencia de su sombra y estratos– el cual es fácil de sentir situándonos dentro del mismo. Bajo el dominante arbóreo, el ambiente es sombrío, las temperaturas y la velocidad del aire están amortiguadas y la humedad es mayor que en el exterior; por ello, el ambiente se mantiene fresco y corre una suave brisa. El dosel del bosque actúa como una cobija que no permite grandes fluctuaciones de temperatura; así, durante el verano, la temperatura en un bosque es más baja que en el campo abierto, y en invierno más alta (estas diferencias pueden variar de 1 a 6 °C). Como la temperatura está relacionada inversamente con la humedad relativa, cuando la temperatura es baja durante el verano, la humedad relativa es más alta (Swanson y Franklin, 1992; Viereck, 1983). En las montañas, los bosques tienen muchas funciones adicionales, como modificar masas del aire frío y de los vientos que descienden de regiones más altas, así como romper y detener avalanchas o bien proporcionar abrigo contra diversos fenómenos naturales.

**Suelo.** En un bosque el suelo es delgado y ácido; se forma de manera muy lenta debido a las bajas temperaturas y a la cobertura cerosa de las agujas de las coníferas que las protege de la degradación, por lo que permanecen largo tiempo en el suelo sin contribuir a la fertilidad. Si bien los bosques fabrican su alimento a partir de la luz, elementos del aire y una serie de compuestos químicos que extraen del suelo, no obstante el humus del bosque es un ejemplo de la generosidad del suelo, ya que a través de una infinidad de interrelaciones entre diversos microorganismos y plantas, se ponen a disposición del árbol, minerales y sales imprescindibles para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, el principal suministro del suelo procede del propio árbol, ya que sus hojas son la primera fuente de materia orgánica que pone en marcha a la comunidad edáfica.

**Bajas temperaturas.** En el ambiente de un bosque de coníferas puede ocurrir mucha precipitación, principalmente en forma de nieve, la cual cae con frecuencia antes de que se presenten las temperaturas más bajas, de tal manera que esto aísla al suelo, evitando que se congele a profundidades tales que nunca se descongelarían durante los cortos veranos de la taiga. De manera adicional, la pesada nieve rompe ramas y tira algunos árboles creando espacios abiertos donde crecen árboles caducifolios como el encino, el alnus, el sauce, el madroño y el aliso.

**Producción.** Desde tiempos remotos el bosque ha sido un espacio productivo de madera, leña y muchos productos no maderables para la industria y el sustento del hombre como son resinas, gomas, perfumes, taninos,

productos farmacéuticos, alimentos, etc.

Los bosques son parte fundamental del ingreso nacional; en particular, proporcionan una parte importante del sustento de la población rural en los países en desarrollo, con relación a hojas, semillas, frutos, raíces, tubérculos, savia, gomas, hongos y animales (Ovington, 1983). También representan una importante fuente de forraje, tanto para el ganado doméstico como para los animales silvestres, por lo que funcionan como áreas de apoyo para aumentar el rendimiento agropecuario.

Los bosques son importantes abastecedores de madera y leña. En los países en desarrollo, aportan las tres cuartas partes o más de su fuente de energía primaria (se utiliza ocho veces más de madera para leña que la que se extrae para fines industriales). No obstante, el valor resultante de todas las funciones de los bosques es varias veces superior al de la madera que producen. Las tierras forestales son capaces de producir por lo menos 1.8 m<sup>3</sup> de madera·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>.

**Patrimonio de la humanidad.** El bosque ofrece amplias posibilidades para la realización de actividades de esparcimiento y recreativas, por lo que contribuyen al bienestar físico y emocional de los usuarios. Constituyen espacios que son un patrimonio natural que contiene elementos culturales de manejo, que son la base de la educación ambiental. De ahí que indirectamente la sociedad deba demandar su adecuada conservación, como un elemento imprescindible de lo que hemos calificado como calidad de vida. En este sentido, su valoración depende de las características culturales del grupo social que determina su uso.

Con relación a esto, la humanidad ha ido tomando conciencia del valor de la conservación de las masas forestales, de los bosques y del deterioro del medio ambiente que se seguiría inexorablemente de continuar la deforestación al ritmo actual. Por tal razón, se hace absolutamente necesaria una protección decidida del bosque. Sin embargo, esta conservación no se satisface con la defensa de una especie concreta, individualizada, por muy preciosa que sea, sino que se tiene que extender a todo el ecosistema, que en su conjunto ha de ser cuidado y mejorado científicamente para obtener los beneficios que sean razonables. La protección debe abarcar, pues, el suelo y las comunidades de flora y fauna peculiares. En último término, se trata también de la conservación del paisaje (Vogelmann, 1995).

### El bosque como objeto de manejo

La silvicultura como profesión se desarrolló en Europa. En el manejo tradicional europeo de los bosques, la silvicultura tiene virtualmente un poder dictatorial sobre lo

que sucede en los bosques, los cuales fueron manejados intensivamente en comparación a los de América. Durante finales del siglo XIX y principios del XX, la mayoría de los silvicultores influyentes en América, fueron adiestrados en la silvicultura europea y adoptaron muchas de sus actitudes. De acuerdo con esta visión, los silvicultores pudieron manejar los bosques no sólo mucho mejor que la naturaleza, sino aislados de presiones públicas o privadas (Barnes, 1966).

A pesar de que las primeras acciones para la conservación de los bosques, tales como el establecimiento de Subsecretarías Forestales y de la Vida Silvestre, surgieron motivadas por una percepción de que los bosques estaban siendo destruidos y las cuencas amenazadas, la posterior evolución de la profesión cambió el énfasis de los protectores del bosque y el interés público hacia los promotores de la extracción del bosque. En realidad, la profesión de los silvicultores llegó a ser en gran parte una extensión de la industria de la madera, a medida que el enfoque de los administradores del bosque se movió hacia la producción de un estrecho rango de productos forestales—madera aserrada y pulpa. Las escuelas forestales recibieron grandes subvenciones de los intereses de la madera y con algunas notables excepciones, pocas facultades se constituyeron en críticos vociferantes de los intereses corporativos de la industria de la madera o de sus prácticas forestales (Barnes *et al.*, 1992).

Desde el punto de vista silvícola, la definición y aplicación del concepto de sostenibilidad, ha sido bastante limitada, pues aunque considera el rendimiento sostenido de los productos maderables, no se hizo ningún esfuerzo real para manejar el bosque como un ecosistema. Por tanto, las prácticas de manejo del bosque sólo evolucionaron hacia aquellas que incrementan la producción de madera. El bosque ideal llegó a ser la plantación o granja de árboles, donde todos los aspectos del crecimiento de los troncos de los árboles (el tallo cosechable del árbol) pudieron ser planeados y controlados. El bosque llegó a ser una fábrica.

En los ecosistemas, el manejo de los recursos naturales, ha mostrado una fuerte influencia de su herencia cultural europea y la biodiversidad del continente Americano ha sido vista por la mayoría de los administradores solamente como un recurso a ser usado, una actitud que Grumbine (1994) ha llamado “recursismo”. Asimismo la conservación llegó a ser una extensión de los negocios, un proceso necesario de la industria y el comercio de las naciones. La naturaleza fue vista como un administrador imperfecto de estos recursos—ineficiente, a veces fuera de control y frecuentemente atestada de plantas y animales “indeseables” (Cuadro 3) bosques “decadentes” y otros síntomas de administración negligente—. Pero los humanos, con su sabiduría y tecnología superior, pudieron mejorar las imperfecciones de la naturaleza. Los bosques, pastizales y cuencas pudieron hacerse más eficientes y productivos. Las plantas y animales indeseables pudieron ser controlados y

organismos más nuevos o mejorados se agregaron o aumentaron en abundancia. Así se logró que estas actitudes se arraigaran y permanezcan engranadas en los colegios, agencias y administradores individuales (Carey y Johnson, 1995).

El silvicultor Henry H. Carey (1989) plantea su opinión al respecto:

“La gente frecuentemente me pregunta, ‘¿Por qué no son sostenibles nuestros bosques? ¿No son reforestados después de cortados?’ Mi respuesta es que un bosque no es una plantación. Un bosque es un mosaico, incluyendo los árboles ancestrales, venerables gigantes que proporcionan refugio para la vida silvestre. Un bosque es límpido, agua pura, ríos activos con truchas y demás peces. Un bosque es natural, silencioso. Un bosque es alto, árboles rectos con vigas y trozas para casas. Un bosque es un manantial de valor para la población rural. Un bosque es lo profundo, suelo rico cubriendo y almacenando agua y nutrientes.”

“El hecho de que podamos cultivar árboles jóvenes donde una vez estuvo establecido todo esto, no significa que tengamos que perpetuar el bosque. La tarea de proteger y restaurar el

bosque es más compleja. Demanda toda la destreza, imaginación y dedicación de los biólogos y silvicultores. Este es el arte de la silvicultura.”

Hasta ahora sólo ha habido una explotación desenfadada de los recursos forestales, particularmente en América y Europa, en donde las reservas parecían ilimitadas. La naturaleza había creado los bosques sin ninguna razón; la humanidad podía explotarlos para su provecho; pero posteriormente hubo de reconsiderarlo seriamente, o por lo menos eso esperamos, que sea real lo sustentable (Grumbine, 1994).

## CONCLUSIONES

El deterioro de los recursos forestales hace evidente abandono de los diversos modelos teóricos para la regulación del bosque y vuelve imperativo el abandono de los esquemas de regulación por área y volumen que son inviables porque los propósitos de regulación del bosque desaparecen en función de un rendimiento sostenido que sólo considera las salidas del bosque, que al igual que los modelos de programación matemática hacen desaparecer las condiciones del bosque, para ser reemplazadas por la eficiencia económica en el uso de insumos y su concreción en un producto que muestra la productividad pero hace a un lado el estado de los recursos (Church y Daugherty, 1999).

**CUADRO 3. Prácticas silvícolas comunes y su efecto sobre la biodiversidad Grumbine (1994).**

Práctica forestal	Propósito	Efecto sobre la biodiversidad
Plantación de especies arbóreas exóticas (especies no nativas) o mejoradas genéticamente	Mayor rendimiento de especies arbóreas mejoradas	Reemplazo de especies nativas; pérdida de pureza genética o genotipos de la cepa nativa
Aplicación de pesticidas	Protección de las especies arbóreas forestales de valor comercial	Trastornos en el ecosistema; incluyendo la reducción de especies de insectos no dañinos y efectos secundarios sobre vertebrados y otros organismos
Aclareo/Reforestación	Utilización máxima de la biomasa arbórea existente. Reemplazo por nuevo crecimiento forestal	Ciclo artificial de perturbaciones; interrupción de la sucesión; pérdida de la riqueza de especies; pérdida de la diversidad estructural y funcional
Manejo mediante el aclareo de árboles viejos	Regulación “eficiente” del bosque; beneficio máximo del crecimiento de los árboles	Acortamiento del ciclo sucesional; pérdida de la diversidad estructural del bosque; múltiples efectos sobre el ecosistema forestal
Quema de áreas forestales	Preparación de sitios para bosques nuevos; estética (ordenación del bosque)	Principal pérdida de la estructura, biomasa y nutrientes del ecosistema forestal
Desplomamiento de árboles	Aceleración del desarrollo de las especies comerciales.	Reducción en la diversidad estructural del bosque
Eliminación de arbustos /aplicación de herbicidas	Eliminación de especies que se cree retardan el restablecimiento de las especies arbóreas comerciales	Interrupción de la sucesión con pérdida de importantes procesos sucesionales; pérdida de la riqueza de especies y diversidad.
<b>ASPECTO FUNDAMENTAL</b>		
Máxima producción comercial de madera aserrada y pulpa	Máximo rendimiento del bosque	Reducción en la estructura y diversidad de especies del bosque; deterioro del ecosistema forestal

Los bosques enfrentan el grave problema de su desaparición o la deforestación, que se define como la destrucción temporal o permanente de la población vegetal con fines agrícolas o de otro tipo. Cuando los bosques se destruyen, se pierden las valiosas contribuciones que hacen al ambiente y a las personas que dependen de ellos.

Con la deforestación aumenta la erosión del suelo y disminuye su fertilidad; se incrementa la sedimentación en ríos y arroyos y se dañan los ecosistemas acuáticos al reducir la penetración de la luz solar, cubrir organismos acuáticos, llevar contaminantes tóxicos insolubles al agua y azolar ríos y arroyos. La erosión descontrolada, disminuye la filtración del agua al subsuelo, aumenta el volumen de los escurrimientos y los vuelve torrenciales (Kozlowski y Pallardy, 1997a), causa flujos de lodo que ponen en peligro vidas humanas y llegan a afectar la producción de energía hidroeléctrica debido a la acumulación de cieno en cortinas de presas. En regiones más secas, la deforestación propicia la formación de desiertos (Oliver, 1981).

La deforestación contribuye a la pérdida de la diversidad biológica. En particular, muchas especies tropicales tienen distribución geográfica limitada dentro de un bosque, de modo que son especialmente vulnerables a la destrucción o modificación del hábitat. La vida silvestre de zonas templadas, en especial de aves y mariposas migratorias, también se ve afectada por la deforestación tropical.

La deforestación induce cambios climáticos regionales y globales. Los árboles liberan al transpirar cantidades sustanciales de humedad al aire. Esta humedad regresa a tierra en el ciclo hidrológico. Cuando un bosque grande desaparece es factible que la precipitación pluvial decline, las sequías se vuelvan comunes en esa región y la temperatura se incrementa un poco (puesto que hay menor enfriamiento por el vapor de la transpiración). La deforestación probablemente contribuye también al aumento en la temperatura global debido a que causa la liberación a la atmósfera (en forma de bióxido de carbono) el carbono almacenado en la madera, y el CO<sub>2</sub> hace que el aire retenga calor solar (Borman *et al.*, 1974; Dahlgren, 1994).

Los bosques boreales están siendo utilizados como fuente de madera y fibras industriales, principalmente por tala completa zonal, en la que se extraen todos los árboles de una parcela. Las compañías madereras prefieren este tipo de tala, inconveniente desde el punto de vista ecológico, porque es el método más eficaz en términos de costo. Se ha estimado que la pérdida anual de bosques boreales equivale a una superficie del doble de la ocupada por las selvas amazónicas de Brasil. Cada año se tala alrededor de un millón de hectáreas de bosques canadienses, y se cosechan vastas extensiones de bosques siberianos en Rusia, aunque no se dispone de estimaciones confiables. Los bosques boreales de Alaska también están en peligro,

porque es posible que el gobierno de Estados Unidos incremente la tala en terrenos públicos en el futuro (Barnes *et al.*, 1992; Vogelmann 1995).

Los bosques de clima templado frío tienen un gran valor por ser la fuente principal de madera, por su contribución al ciclo hidrológico y por su valor estético. La perturbación y deforestación que se presenta en la vegetación del ecosistema templado no alcanza la gravedad e impacto que se da en el ecosistema tropical. Los factores más comunes que mayormente inciden en su deterioro son:

1. Cambios en el uso por crecimiento no planificado de asentamientos humanos.
2. Desmonte para fines agrícolas.
3. Incremento de la ganadería extensiva y no estabulada en áreas de transición.
4. Explotaciones forestales mal conducidas y clandestinas.
5. Efecto de plagas y enfermedades.
6. Declinación por contaminación ambiental
7. Construcción de carreteras, tendidos eléctricos y conductos.
8. Construcción y operación de obras de infraestructura diversa.

El manejo del ecosistema no debe restringirse a la gestión de las operaciones y a la administración, sino que se deben incorporar modelos de planeación, manejo y aprovechamiento, pero también de esquemas de organización productiva y administración, que contemplen la conservación del paisaje natural y los servicios ambientales que de él se derivan.

Es necesario y urgente que el hombre se de cuenta de que la riqueza del bosque es permanente y que en consecuencia, su obligación no es abstenerse de la explotación de la misma con daño para su explotación y bienestar, sino simplemente conducir esa explotación en forma racional y científica (Viereck, 1983; Bond, y Van Wilgen, 1996).

#### LITERATURA CITADA

- ABRAMS, M. D.; KUBISKE, M. E.; MOSTOLLER, S. A. 1994. Relating wet and dry year ecophysiology to leaf structure in contrasting temperate tree species. *Ecology* 75:123-133.
- AUSTIN, M. P. 1990. Community theory and competition in vegetation. *In*: J. B. Grace y D. Tilman (Eds.). *Perspectives on Plant Competition*. Academic Press, New York.
- AVERY, T. E.; BURKHART, H. E. 1994. *Forest Measurements*. McGraw-Hill, New York. 408 pp.
- BARNES, B. V. 1996. *Silviculture, landscape ecosystems, and the iron*



- law of the site, *For star chiv* 67:226-235.
- BARNES, B. V.; XÜ, Z.; ZHAO, S. 1992. Forest ecosystems in an old-growth pine–mixed hard-wood forest of the Changbai Shan Preserve in northeastern China. *Can. J. For. Res.* 22:144-160.
- BOND, W. J.; VAN WILGEN, B. W. 1996. *Fire and Plants*. Chapman & Hall, London. 263 pp.
- BORMAN, F. H.; LIKENS, G. E.; SICCAMI, T. G.; PIERRE, P. S.; EATON, J. S. 1974. The Export of Nutrients and Recovery of stable conditions, Following Deforestation at Hubbard Brook. *Zoological Monographs* (1974) 44: pp 255-277.
- CAREY, A. B.; JOHNSON, M. L. 1995. Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forests. *Ecol. Applications* 5:336-352.
- CHEN, J.; FRANKLIN, J. F.; SPIES, T. A. 1995. Growing-season, microclimatic gradients from clear cut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecol. Applications* 5:74-86.
- CHURCH, R.; DAUGHERTY, P. J. 1999. Considering Intergenerational Equity in Linear Programming-based Forest Planning Models with MAXMIN objective Functions. *Forest Science*. 45 (3): 366-373.
- DAHLGREN, R. A. 1994. Soil acidification and nitrogen saturation from weathering of ammonium-bearing rock. *Nature* 368:838-840.
- GRUMBINE, R. E. 1994. What is ecosystem management? *Conserv. Biol.* 8:27-38.
- GUSTAFSON, E. J.; CROW, T. R. 1994. Modeling the effects of forest harvesting on landscape structure and the spatial distribution of cowbird brood parasitism. *Landscape Ecology* 9:237-248.
- INSTITUTO DE GEOGRAFÍA. 2002. *Análisis del cambio de uso del suelo*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2002.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. 1997a. *Physiology of Woody Plants*. 2<sup>nd</sup> edition. Academic Press, San Diego, CA. 411 pp.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. 1997b. *Growth Control in Woody Plants*. Academic Press. San Diego. CA. 641 pp.
- MALLÉN, R. C. 2005. Hacia un moderno manejo forestal. *Teorema Ambiental*. Año 11, Abril-Mayo, Número 51: 28-38.
- OLIVER, C. D. 1981. Forest development in North America following major disturbances. *For. Ecol. Manage.* 3:153-168.
- OLIVER, C. D.; LARSON, B. C. 1990. *Forest Stand Dynamics*. McGraw-Hill, New York. 467 pp.
- OVINGTON, J. D. (Ed.). 1983. *Ecosystems of the World, Temperate Broad-Leaved Evergreen Forests*. Vol. 10. Elsevier, New York. 242 pp.
- PERRY, J. P., Jr. 1991. *The Pines of Mexico and Central America*. Timber Press, Portland, OR. 231 pp.
- RZEDOWSKI J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.
- SEMARNAT. 2002. *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020*. Informe Nacional. México. FAO-SEMARNAT.
- SILVERTOWN, J. W.; DOUST, J. L. 1993. *Introduction to Plant Population Biology*. Blackwell, Oxford. 210 pp.
- SWANSON, F. J.; FRANKLIN, J. F. 1992. New forestry principles from ecosystem analysis of Pacific Northwest forests. *Ecol. Applications* 2:267-274.
- VIERECK, L. A. 1983. The effects of fire in black spruce ecosystems of Alaska and northern Canada. *In: R. W. Wein y D. A. MacLean* (Eds.). *The Role of Fire in Northern Circumpolar Ecosystems*. John Wiley, New York.
- VITOUSEK, P. M.; REINERS, W. A. 1975. Ecosystem succession and nutrient retention: a hypothesis. *BioScience* 25:376-381.
- VOGELMANN J. E. 1995. Assessment of forest fragmentation in southern New England using remote sensing and geographic information systems technology. *Conserv. Biol.* 9:439-449.
- WARING, R. H. 1991. Responses of evergreen trees to multiple stresses. *In: H. A. Mooney, W. E. Winer, y E. J. Pell* (Eds.). *Response of Plants to Multiple Stresses*. Academic Press, New York.
- ZAK, D. R.; PREGITZER, K. S. 1990. Spatial and temporal viability of nitrogen cycling in northern Lower Michigan. *For. Sci.* 36:367-380.
- ZAK, D. R.; TILMAN, D.; PARMENTER, R. R.; RICE, C. W.; FISHER, F. M.; VOSE, J.; MICHUNAS, D.; MARTIN, C. W. 1994. Plant production and soil microorganisms in late-successional ecosystems: a continental-scale study. *Ecology* 75: 2333-2347.
- ZOU, X.; THEISS, C.; BARNES, B. V. 1992. Pattern of Kirtland's warbler occurrence in relation to the landscape structure of its summer habitat in northern Lower Michigan. *Landscape Ecology*. 6:221-231.