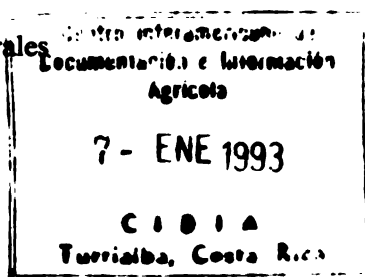


**Serie Técnica**  
**INFORME TECNICO No. 200**  
**Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales**  
**Publicación No. 6**



**Manejo Forestal Basado en la Regeneración Natural del Bosque:  
Estudio de Caso en los Robledales de Altura de la  
Cordillera de Talamanca, Costa Rica**

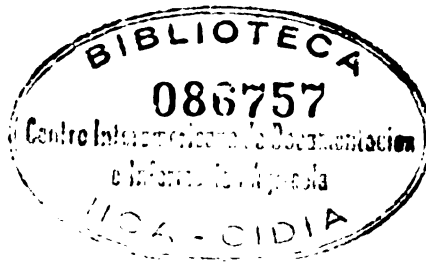
**Robin aus der Beek**  
**Grace Sáenz**

**Publicación patrocinada por la  
Cooperación Suiza al Desarrollo  
COSUDE**

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE**  
**Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales**  
**Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales**  
**Turrialba, Costa Rica, 1992**

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y la enseñanza de posgrado en el campo de las ciencias agropecuarias y de los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central y el Caribe.

La Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE) es una dirección especializada dentro del Ministerio de Relaciones Exteriores de Suiza, responsable de la mayor parte de la cooperación para el desarrollo y ayuda humanitaria, que brinda el Gobierno de Suiza a nivel internacional. Presta su apoyo, tanto por medio de convenios bilaterales en más de 50 países de África, Asia y América Latina, como por la vía multilateral, a través de organismos especializados de las Naciones Unidas, de los Bancos y Fondos Regionales de Desarrollo.



© 1992, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE.

ISBN 9977-57-137-6

634.956

B414 Beek, R. aus der

Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica / R. aus der Beek, G. Sáenz. Turrialba, C.R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales, 1992. 50 p.; 24 cm.-(Serie técnica. Informe técnico/CATIE; no. 200)

ISBN 9977-57-137-6

1. Manejo forestal - Costa Rica - Talamanca
2. Bosques - Regeneración natural - Costa Rica - Talamanca

I. Sáenz, G. II. Título III. Serie

## CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE CUADROS	vi
PRESENTACION	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCION	1
2. REGENERACION NATURAL	2
2.1 Regeneración natural, una fase de la dinámica del ecosistema forestal	2
2.2 Clasificación de la regeneración natural	3
2.2.1 Clasificación dimensional	3
2.2.2 Clasificación ecológica	3
2.3 Los factores ambientales que influyen sobre la regeneración natural	4
2.4 Factores bióticos que influyen sobre la regeneración natural	8
2.5 ¿Cuándo se debe hacer el manejo forestal basado en la regeneración natural?	10
3. METODOS DE REGENERACION NATURAL	13
3.1 Conceptos básicos	13
3.1.1 Unidad de planificación, su delimitación y subdivisión	13
3.1.2 Proceso de regeneración: inicio y duración	14
3.1.3 Ordenación temporal y espacial	15
3.1.4 Objetivo de la composición y estructura de la regeneración	16
3.2 Métodos de regeneración	18
3.2.1 Corta a tala rasa	18
3.2.2 Regeneración bajo dosel protector	19
3.2.3 Corta de protección en fajas	21
3.2.4 Corta de protección en grupos	23
3.2.5 El método de selección	26
4. ESTUDIO DE CASO LOS ROBLEDALDES DE ALTURA DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA, COSTA RICA	29
4.1 Descripción del área	29
4.2 Condición ecológica y silvicultural de los robledales de altura	30
4.2.1 Tipología del bosque	30
4.2.2 Condiciones de la regeneración natural	32
4.2.3 Temperamento y características silviculturales de los <i>Quercus ssp.</i>	33
4.3 Importancia social y funciones del bosque	35

4.4	Manejo sostenible de los robledales, basado en la regeneración natural	36
	4.4.1 Aspectos silviculturales	36
	4.4.2 Sostenibilidad del manejo	38
5.	CONCLUSIONES	41
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	43
	AGRADECIMIENTOS	47

## LISTA DE FIGURAS

1.	Representación esquemática de la dinámica de un ecosistema forestal	2
2.	Fluctuaciones diarias de la temperatura del aire dentro de un bosque húmedo tropical de Ghana, en comparación a las fluctuaciones en un claro ocasionado en el mismo	5
3.	Fluctuaciones diarias de la temperatura del suelo dentro de un bosque de Surinam, en comparación a las fluctuaciones en un claro pequeño y un claro grande ocasionado en el mismo	6
4.	Efectos de la disminución de la cobertura boscosa sobre la erosión	7
5.	Efecto de la disminución de la cobertura boscosa sobre la pérdida de suelos	7
6.	Influencia de la radiación sobre el crecimiento de plántulas de <i>Quercus rubra</i> hasta los dos años de edad	8
7.	Influencia de las condiciones de sitio de la competencia por otras especies, sobre la aparición de una especie en la vegetación natural	9
8.	Unidad de planificación, su delimitación y subdivisión	13
9.	Distinción entre el Incremento Corriente Anual (ICA) y el Incremento Medio Anual (IMA), para determinar el momento más adecuado para regenerar un rodal	14
10.	Productividad (m <sup>3</sup> /ha) de un rodal al ser regenerado	15
11.	Representación esquemática de los diferentes objetivos por considerar para planificar la regeneración natural	17
12.	Perfil del bosque, manejado por tala rasa	18
13.	Perfil de un bosque por regenerar, bajo dosel protector	19
14.	Perfil del bosque por regenerar, con cortas de protección en fajas	21
15.	Dirección del avance de corta con respecto a la dirección del viento	23
16.	Perfil de un bosque por regenerar, en cortas de protección en grupos	23
17.	Diferencia entre la duración de la iluminación solar directa en un claro grande (2 x altura de los árboles) y un claro pequeño (1 x altura de los árboles)	24
18.	Influencia de la iluminación en un claro, según el ancho del claro y la posición en la abertura	25

19.	Distribución de las precipitaciones en un claro grande (2 x altura del árbol)	25
20.	Perfil de un bosque manejado bajo el método de selección	26
21.	Distribución diamétrica en un bosque de selección equilibrado	27
22.	Ubicación geográfica de los bosques estudiados	29
23.	Distribución del número de individuos por clases diamétricas en representación semilogarítmica	31

### **LISTA DE CUADROS**

1.	Regeneración natural/artificial: ventajas y desventajas	10
2.	Tipos principales de suelos, "especies indicadoras" y denominación del tipo de bosque en el rodal en estudio	30
3.	Características de la regeneración natural en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica	32

## **PRESENTACION**

Desde 1984 el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, a través del Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales, financiado por la Cooperación Suiza al Desarrollo, COSUDE, ha realizado investigación ecológica y silvicultural en bosques naturales y ha llevado a cabo diferentes actividades de capacitación y enseñanza.

Las acciones del Proyecto se dirigen hacia el diseño, desarrollo e implementación de sistemas silviculturales, ecológicamente sostenibles, económicamente atractivos y técnicamente factibles. Tales sistemas deben encaminarse en armonía con la naturaleza y basarse en procesos naturales, de manera que garanticen por un lado, la producción sostenible de productos forestales y por otro lado, las funciones intrínsecas y protectoras del bosque. La conservación del bosque y de sus procesos dinámicos productivos son los insumos más importantes para la producción forestal. Con este enfoque la silvicultura concilia dos objetivos, a menudo considerados contrarios: producción y conservación. Así, el manejo forestal puede convertirse en la mejor herramienta para la conservación.

En Costa Rica el Proyecto identificó dos zonas prioritarias: Los bosques primarios de altura de la cordillera de Talamanca y los bosques secundarios y primarios intervenidos, de las zonas húmedas bajas de la vertiente atlántica. En estos ecosistemas, el manejo forestal del bosque natural representa una opción prometedora de uso de la tierra.

Técnicas silviculturales basadas exclusivamente en la regeneración natural forman parte de la filosofía del Proyecto. Por estas razones, la investigación de la regeneración natural es un tópico importante para el diseño de métodos silviculturales y de manejo. El trabajo presente analiza los diferentes factores ambientales que influyen sobre la regeneración natural y resume los trabajos de investigación realizados por el Proyecto sobre aspectos de regeneración natural en los bosques primarios de altura. Luego, basado en el análisis de esta información, propone el método adecuado para el manejo forestal que utiliza y estimula de manera óptima la regeneración natural que formará las próximas generaciones del bosque.

**Thomas Stadtmüller**  
Líder, Proyecto Silvicultura  
de Bosques Naturales

## RESUMEN

Los robledales de altura de Costa Rica, por su alta homogeneidad florística y por sus altos valores en cuanto a área basal (42,6 - 51,8 m<sup>2</sup>/ha) y volumen de madera comercial (564,5 - 707,1 m<sup>3</sup>/ha), constituyen un recurso con gran potencial para el manejo. Sin embargo, por ser a la vez ecosistemas tan frágiles, este manejo no puede pasar por alto las funciones intrínsecas del mismo (protección, conservación, recreación).

En este documento se presenta una alternativa para el manejo de estos bosques, con énfasis especial en la regeneración natural de los mismos.

Después de realizar un breve análisis de los principales factores ambientales (luz, agua, temperatura) y bióticos (competencia entre las especies, macro y micro fauna, parásitos vegetales) que influyen sobre la regeneración natural, se describen cinco diferentes métodos de regeneración, los cuales desde varias décadas siguen siendo aplicados con éxito en los bosques templados de Europa y Estados Unidos :

- Corta a tala rasa
- Regeneración bajo dosel protector
- Corta de protección en fajas
- Corta de protección en grupos
- Método de selección

Entre las alternativas de manejo presentadas, se elige la que mejor se presta para los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. En este sentido, considerando las funciones protectoras de estos bosques, la importancia de mantener una cobertura boscosa permanente y la estructura actual del ecosistema, se ha optado por el método de bosque de selección. A través de este se obtiene una mezcla de árboles de todas clases diamétricas sobre pequeñas superficies de bosque. Sin embargo, los robles (*Quercus spp*) tienden a formar ramificación gruesa, ramas epicórnicas y trozas cortas de mala calidad, cuando sus fustes son expuestos a radiación solar directa y por lo tanto se propone pasar de una mezcla individual de árboles de todas clases diamétricas (típicas del bosque de selección) a una mezcla en pequeños grupos (500 - 1 000 m<sup>2</sup>) de árboles de mismo tamaño.

Además de considerar los aspectos silviculturales mencionados, el manejo forestal propuesto también toma en cuenta y trata de satisfacer a mediano y largo plazo, las exigencias socioeconómicas de una compleja sociedad, pretendiendo garantizar la producción continua y sostenida del ecosistema forestal en cuanto a:

- producción de madera comercial de calidad
- funciones protectoras
- biodiversidad de flora y fauna
- generación de empleo.

Sin embargo, lograr esta sostenibilidad implica, sobretudo al inicio, una intensiva observación y evaluación de la reacción del bosque a las intervenciones propuestas, con el fin de ir perfeccionándolas y diferenciándolas con el pasar del tiempo, de acuerdo a las experiencias adquiridas en el campo.



## ABSTRACT

The high mountain primary oak-bamboo forests of Costa Rica show a considerable potential for forest management, because of their high floristic homogeneity, high basal area values (42,6 - 51,8 m<sup>2</sup>/ha) and considerable commercial volumes (564,5 - 707,1 m<sup>3</sup>/ha). However, forest management has to consider other important functions of these forests, such as protection and conservation.

This document presents a proposal for the sustainable management of primary oak-bamboo forest, with special emphasis on their natural regeneration.

A short analysis of the main physical (light, water, temperature) and biotic (competition between species, macro and micro fauna) factors that influence natural regeneration is given. Then, five different methods for the establishment of forest regeneration are described

- clear felling
- seed-tree method (shelterwood felling)
- edge felling
- femel cut
- selection system

Based on results of research on distribution and dynamics of natural regeneration and the bamboo under-storey, the appropriate method for the oak-bamboo forest is chosen from the five methods mentioned above. Because of the protective function of these forests, the importance of maintaining a permanent forest cover and the present forest structure, the selection system should be chosen, which induces a forest showing all diameter classes even over small surfaces. On the other hand, oak trees (*Quercus spp*) usually develop big branches, epicornic sprouts and bad quality trunks, when exposed to direct sun light. For these reasons a modified selection system is chosen, which induces a transition from individual mixture of trees from all diameter classes (typical for selection forest), to a mixture by small groups (500-1 000 m<sup>2</sup>) of trees with similar dimensions.

In addition to the silvicultural considerations, the forest management method proposed here, tries to consider and satisfy the needs of a complex society and pretends to guarantee the sustainability of the forest ecosystem concerning:

- quality wood production
- protection function
- biodiversity of flora and fauna
- work supply

However to obtain this sustainability, it is crucial to observe intensively the reaction of the forest (especially at the beginning) to the proposed silvicultural interventions, in order to improve them during the years, according to the experiences gained in the field.

## **1. INTRODUCCION**

El bosque y la actividad forestal en varias partes de la tierra, enfrentan actualmente una crisis que obliga a buscar nuevos caminos, que por un lado garanticen la conservación del bosque y por otro permitan manejarlo de tal forma que pueda satisfacer las exigencias y necesidades de su propietario, de la sociedad en general y sobre todo de nuestras futuras generaciones.

Contrariamente a los bosques de Europa Central, Estados Unidos de América, Reino Unido, Nueva Zelanda, donde la permanencia de la superficie forestal está garantizada, en los países tropicales desaparecen diariamente grandes áreas de bosque (11,4 millones de hectáreas de bosque natural denso desaparecen cada año, según W.R.I, 1990), y en varias regiones el aprovechamiento forestal es tan intensivo, que difícilmente se puede garantizar a la población actual y futura una producción forestal sostenible, que al mismo tiempo permita el cumplimiento de las funciones intrínsecas del bosque, tales como, protección contra peligros naturales, conservación de cuencas hidrográficas, mantenimiento de la biodiversidad, áreas de protección, etc.

Una de las principales causas de la actual crisis ha sido la incapacidad de reconocer y valorizar el trabajo que la naturaleza brinda al servicio de la humanidad. Solamente una consideración global de las condiciones y de la dinámica del ecosistema forestal nos permite aprovechar en forma óptima y gratuita los procesos productivos naturales del bosque y dirigirlos con bajos costos hacia un objetivo silvicultural (Leibundgut, 1981 citado por Pedroni, 1991a).

Uno de los procesos naturales productivos que más interesan al técnico forestal es el establecimiento y desarrollo de la regeneración natural (Pedroni, 1991a), sin embargo, lamentablemente para la planificación del manejo forestal sostenible, en los trópicos éste raramente ha sido tomado en cuenta con la debida consideración.

Los objetivos principales de este trabajo son:

- . Resaltar la importancia de la regeneración natural para un manejo forestal ecológicamente sostenible.
- . Analizar los principales sistemas de regeneración aplicables a los robledales de altura de Costa Rica.
- . Proponer una alternativa de manejo forestal basado en la regeneración natural, que sea adecuada para los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica.

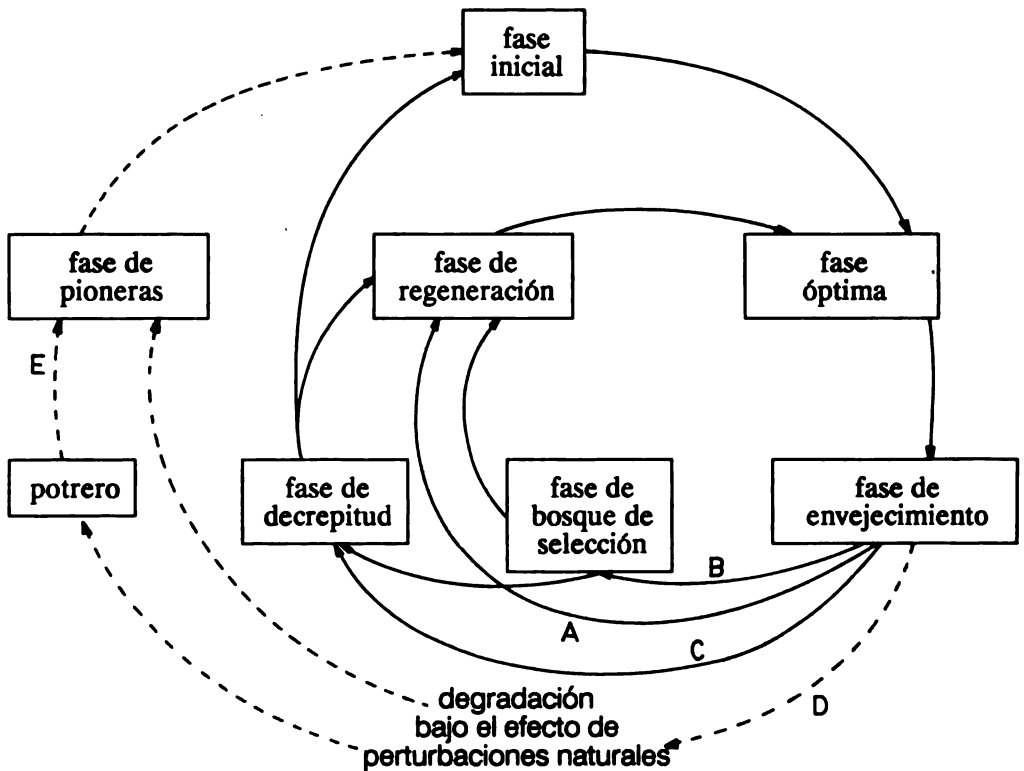
Este estudio se basa principalmente en los resultados de las investigaciones ecológicas y silviculturales que el Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (SBN) del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), efectúa desde 1984 en su área experimental de Villa Mills-Siberia (Cordillera de Talamanca, Costa Rica).

## 2. REGENERACION NATURAL

### 2.1 Regeneración natural, una fase de la dinámica del ecosistema forestal

En todo ecosistema forestal ocurre una serie de procesos naturales que rigen la dinámica del mismo. Entre estos procesos se pueden mencionar el envejecimiento, tanto a nivel de cada árbol (muerte al quebrarse o al arrancarse de raíz), como a nivel de un grupo de ellos, y la regeneración de rodales a través de la dispersión de semillas.

A estos procesos característicos de cada bosque pueden sobreponerse perturbaciones naturales (derrumbes, terremotos, inundaciones, etc), que alteran completamente la dinámica del ecosistema (Figura 1).



— Evolución natural bajo el efecto del envejecimiento.

----- Evolución a consecuencia de perturbaciones naturales (ciclos climáticos a largo plazo, terremotos, etc).

Figura 1. Representación esquemática de la dinámica de un ecosistema forestal.

Fuente: Leibundgut (1981) y Mayer *et al.* (1984)

Como se aprecia en la Figura 1, un ecosistema forestal no necesariamente pasa de la fase de envejecimiento directamente a la fase de regeneración (A). Según la magnitud espacial y temporal de los procesos y fenómenos naturales que lo afectan, podría incurrir en (B), una fase de bosque de selección (árboles de todos tamaños, tanto en superficies grandes (4 ha) como en superficies más pequeñas (200-300 m<sup>2</sup>)); (C) una fase de decrepitud (disminución continua del crecimiento hasta llegar a una producción nula), o degradarse tan fuertemente que en vez de empezar el ciclo de regeneración natural del bosque, se da inicio a un proceso dinámico diferente denominado sucesión natural (D), pasando por una fase de pioneras (E) (Schütz, 1984; Whitmore 1984). La sucesión natural involucra el reemplazo de una comunidad por otra en un tiempo variable, el cual implica un cambio en la composición florística, fisionómica y estructural de las comunidades (Budowski, 1965).

La conservación de un ecosistema forestalmente productivo requiere de intervenciones silviculturales adecuadas (perturbaciones antropogénicas) para guiar su dinámica a una producción sostenible, perpetua y óptima de madera, de beneficios intrínsecos (protección, conservación de biodiversidad, recreo) y de otros productos forestales (Pedroni, 1991a).

## **2.2 Clasificación de la regeneración natural**

### **2.2.1 Clasificación dimensional**

Sobre todo en los primeros años de establecimiento y crecimiento de la regeneración natural, se requiere dar un mantenimiento relativamente intensivo de la misma, con el propósito de optimizar su producción. El mantenimiento necesario varía según el tamaño alcanzado por la regeneración, iniciándose con una selección negativa (cortando únicamente los individuos mal formados o especies no deseadas) en la etapa de brinzal y pasando posteriormente a una selección positiva (favoreciendo los mejores individuos seleccionados) cuando las plantas ya han alcanzado cierto tamaño que permite fácilmente reconocer los individuos de mejor calidad (fase de latizal).

Considerando que las operaciones silviculturales aplicadas a la regeneración natural dependen del tamaño de la misma, resulta necesario clasificarla en las siguientes categorías de acuerdo a su dimensión:

- brinzales: aquellos individuos entre 0,3 m a 1,5 m de altura.
- latizal bajo: de 1,5 m de altura a 4,9 cm de diámetro
- latizal alto: de 5,0 cm a 9,9 cm de diámetro.

### **2.2.2 Clasificación ecológica**

Desde el punto de vista ecológico, la luz es uno de los principales factores que afecta las posibilidades de establecimiento y crecimiento de la regeneración, por esta razón también resulta indispensable clasificar las especies en función de su temperamento. Esta clasificación es uno de los elementos fundamentales para elegir la técnica silvicultural de regeneración más apropiada (Schütz, 1984).

Existen muchas clasificaciones con base en el temperamento de las especies, siendo la más sencilla una simple distinción entre especies heliófitas (intolerantes a la sombra) y especies esciófitas (tolerantes a la sombra) (Hartshorn, 1972). Sin embargo, este autor y algunos otros afirman la existencia de patrones intermedios dentro de estas dos categorías. Por lo tanto se han elaborado diferentes

clasificaciones considerando, por ejemplo, la interacción entre la dinámica de aperturas y las diferentes características biológicas de las especies. Una de éstas fue realizada por Whitmore (1984), quien dividió las especies en cuatro grupos:

- especies que se establecen y crecen bajo dosel
- especies que se establecen y crecen bajo dosel, pero que se benefician con los claros
- especies que se establecen bajo dosel, pero requieren claros para crecer
- especies que se establecen y crecen solamente en los claros.

No obstante la existencia de varias clasificaciones, se han iniciado estudios que buscan el refinamiento del marco conceptual actual. En realidad es poco factible caracterizar el comportamiento de una especie desde la germinación de la semilla hasta el árbol maduro con un término "tolerante a la sombra" o "dependiente de claros", debido a que las especies muestran "cambios" en el grado de tolerancia a la intensidad de la iluminación de acuerdo con la edad de la planta y su posición en el dosel (Clark y Clark, 1987).

Con fines prácticos para determinar el sistema de regeneración más apropiado a una especie, consideramos adecuada la clasificación propuesta por Finegan (1991) realizada con base en información recopilada de varios autores (Budowski, 1965; Hartshorn, 1972; Whitmore, 1984), la cual toma en cuenta no solo las exigencias para el establecimiento, sino también para el crecimiento de la regeneración. Dicha clasificación hace la siguiente distinción:

- Heliófitas efímeras (se establecen y crecen solamente en claros grandes).
- Heliófitas durables (se establecen bajo dosel pero requieren de claros para crecer).
- Esciófitas parciales (se establecen y crecen bajo dosel, pero exigen luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro).
- Esciófitas totales (se establecen y crecen bajo dosel).

### **2.3 Los factores ambientales que influyen sobre la regeneración natural**

En la Sección 2.1 se observó cómo los fenómenos naturales (inundaciones, deslizamientos de tierra, incendios) de cierta magnitud pueden alterar la dinámica del bosque, sobreponiéndose a sus procesos naturales (establecimiento de regeneración, crecimiento, etc.). El manejo forestal puede reducir sólo en forma limitada el impacto que estos fenómenos pueden causar en la vegetación, manipulando por ejemplo la composición y estructura del bosque. Sin embargo, los procesos naturales de la dinámica del bosque no están afectados únicamente por los fenómenos mencionados arriba (inundaciones, deslizamientos, etc.), sino también son regulados constantemente por factores ambientales (clima, suelo, etc.). La temperatura, la duración del día, la precipitación, la humedad y el viento ejercen un fuerte control sobre la fisiología y la reproducción, lo cual se refleja en la estructura del ecosistema (Etherington, 1982).

El conocimiento de estos factores ambientales y de su influencia sobre el ciclo natural del bosque y en modo especial sobre la regeneración natural, es de suma importancia para el desarrollo de formas sostenibles de manejo.

Un análisis detallado de cada factor ambiental y de su influencia sobre la regeneración natural, saldría demasiado del contexto de la presente publicación. Información valiosa al respecto puede encontrarse en Etherington, 1982; Longman y Jenik, 1987; Finegan, 1991a; Lamprecht, 1990.

El manejo forestal basado en la regeneración natural utiliza las semillas de árboles padres presentes en el sitio y adaptados a las condiciones locales, por lo tanto los factores ambientales no deberían representar grandes obstáculos para el establecimiento y crecimiento de las especies consideradas. Sin embargo, las intervenciones silviculturales varían el microclima del ecosistema, de acuerdo con la intensidad de las mismas.

En las Figuras 2 y 3 por ejemplo se puede observar el fuerte aumento de las fluctuaciones diarias de temperatura tanto del aire como del suelo, al pasar de un bosque no intervenido a claros ocasionados en el mismo.

Al igual que lo observado en el caso de la temperatura, también existen considerables variaciones entre el régimen de agua a campo abierto y bajo diferentes tipos de cobertura forestal, registrándose por ejemplo valores de precipitación a campo abierto (6,04 mm/día) de casi el doble que dentro de un bosque húmedo siempreverde de bajura (3,51 mm/día) (Veillon, 1974; citado por Lamprecht, 1990).

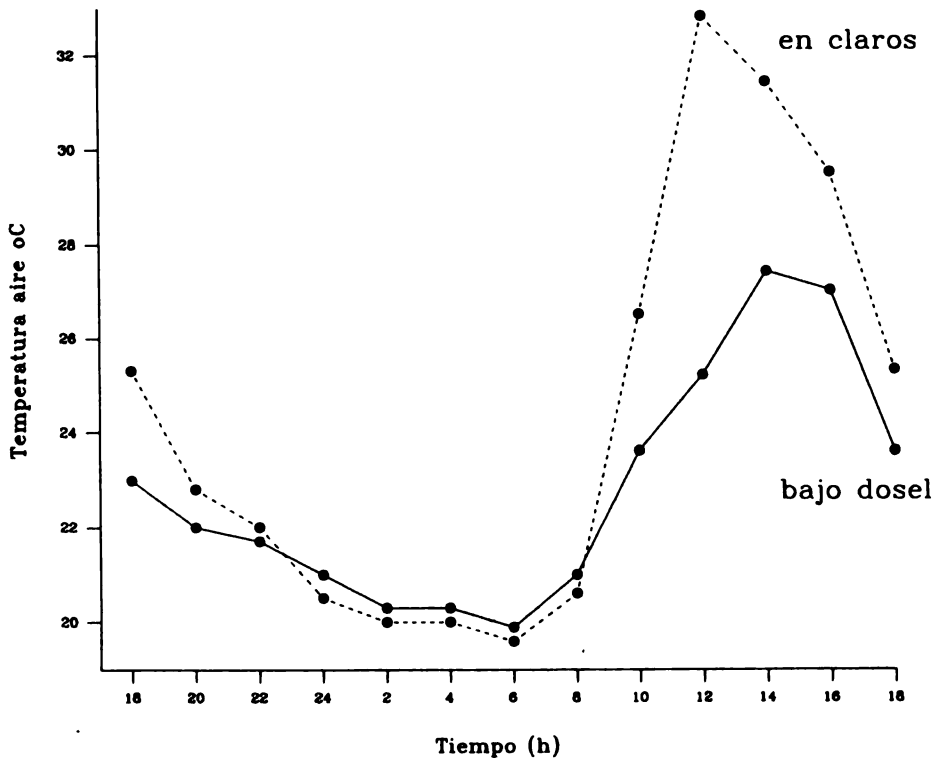
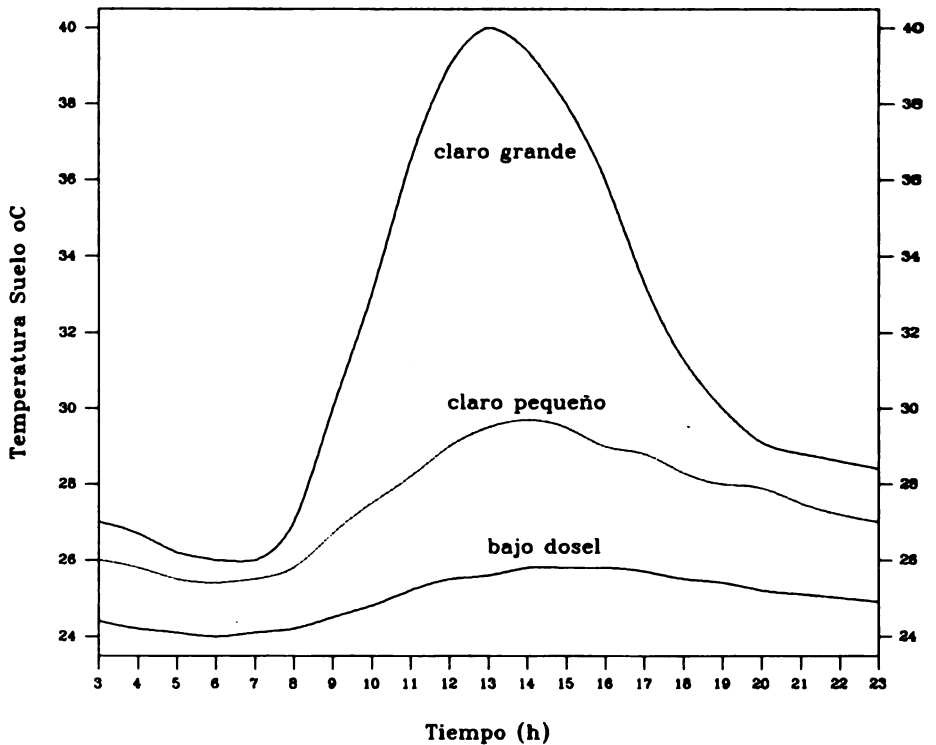


Figura 2. Fluctuaciones diarias de la temperatura del aire dentro de un bosque húmedo tropical de Ghana, en comparación a las fluctuaciones en un claro ocasionado en el mismo.  
Fuente: K.A. Longman y J.Jenik, 1987.



**Figura 3.** Fluctuaciones diarias de la temperatura del suelo dentro de un bosque de Surinam, en comparación a las fluctuaciones en un claro pequeño y un claro grande ocasionado en el mismo.  
Fuente: K.A. Longman y J. Jenik, 1987.

Un factor estrictamente correlacionado con las precipitaciones y la cobertura boscosa, determinante para la elección del método más apropiado de regeneración natural, es la erosión. Como se puede apreciar en las Figuras 4 y 5, la densidad de la cobertura vegetal juega un papel determinante sobre la magnitud de la erosión. Longman y Jenik (1987) mencionan un ejemplo en un bosque pluvial de la Costa de Marfil, donde en laderas con pendientes de 7% bajo cobertura forestal, anualmente se pierden por efecto de la erosión 0,03 ton/ha de suelo, en tanto que a campo abierto se registraron valores de 138 ton/ha. Por esta razón es indispensable, sobre todo en el caso de bosque de protección (como lo son los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca), aplicar un manejo que garantice la cobertura forestal permanente.

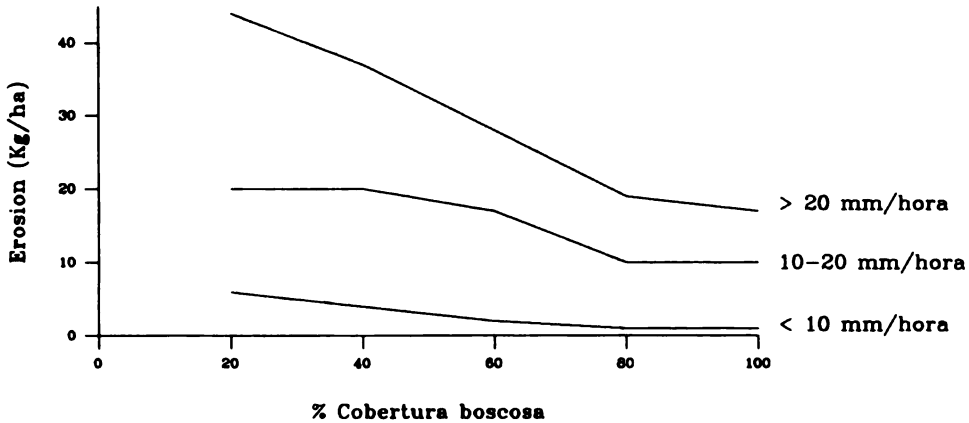


Figura 4. Efectos de la disminución de la cobertura boscosa sobre la erosión. Fuente: K.A. Longman y J. Jenik, 1987.

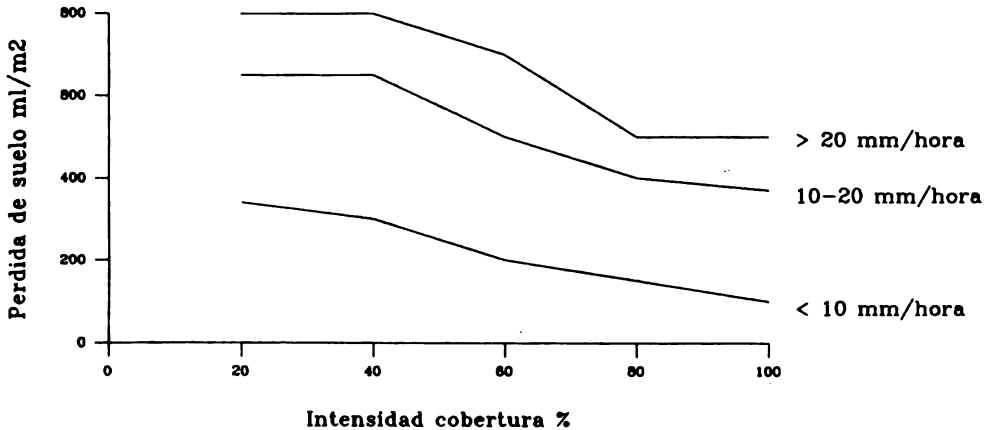
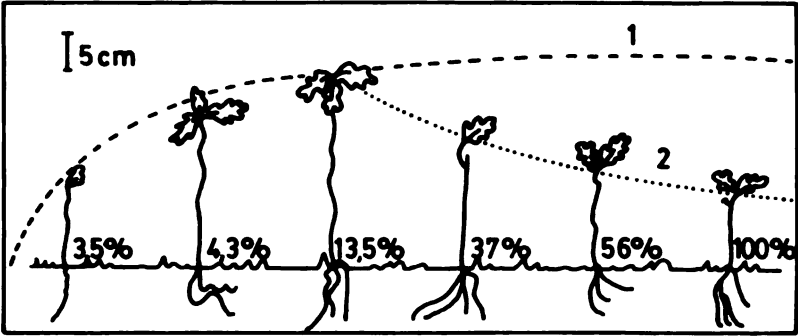


Figura 5. Efecto de la disminución de la cobertura boscosa sobre la pérdida de suelos. Fuente: K.A. Longman y J. Jenik, 1987.

Como se mencionó en la Sección 2.3.2, otro factor determinante para la elección del sistema silvicultural más apropiado, es el requerimiento de luz de las diferentes especies, tanto a nivel de la germinación de las semillas como para el desarrollo de plántulas y su crecimiento posterior, hasta llegar a la madurez del árbol. Un ejemplo de la influencia que la luz puede tener sobre el establecimiento y crecimiento de la regeneración natural se presenta en un estudio de caso de Roussel (1972), quien logró determinar el mayor crecimiento de plántulas de *Quercus rubra* a una intensidad de luz correspondiente al 13,3% de la iluminación registrada a plena exposición (Figura 6).



Siendo el factor luz el más afectado por las intervenciones silviculturales, éste fácilmente puede ser regulado y adaptado a las exigencias de las especies que se quieren estimular.



- 1 Acción estimulante de la radiación sobre la fotosíntesis.
- 2 Acción inhibidora de la radiación horizontal sobre la multiplicación y elongación de células.

Figura 6. Influencia de la radiación sobre el crecimiento de plántulas de *Quercus rubra* hasta los dos años de edad.  
Fuente: Roussel, L., 1972

**2.4 Factores bióticos que influyen sobre la regeneración natural**

La macro y microfauna, parásitos vegetales y las mismas especies forestales que forman el bosque, son los factores bióticos que más afectan (sea positivamente o negativamente) al establecimiento y crecimiento de la regeneración del bosque (Etherington, 1982).

a) Competencia entre especies

Uno de los factores bióticos más relevantes puede considerarse la competencia por luz, agua, etc., entre las diferentes especies o entre árboles de la misma especie que forman el bosque. Una competencia muy acentuada por parte de otras especies, ocasiona que ciertas especies no se encuentren sobre sitios con características favorables a su crecimiento, en tanto que sí lo hacen sobre sitios donde no se encuentran características ambientales óptimas, pero no existe (o es muy reducida) la competencia por otras especies (Figura 7). Esto implica que el silvicultor no puede limitarse a considerar los factores ambientales para elegir las especies por regenerarse, sino también tiene que averiguar la compatibilidad entre las diferentes especies en determinadas condiciones de sitio.

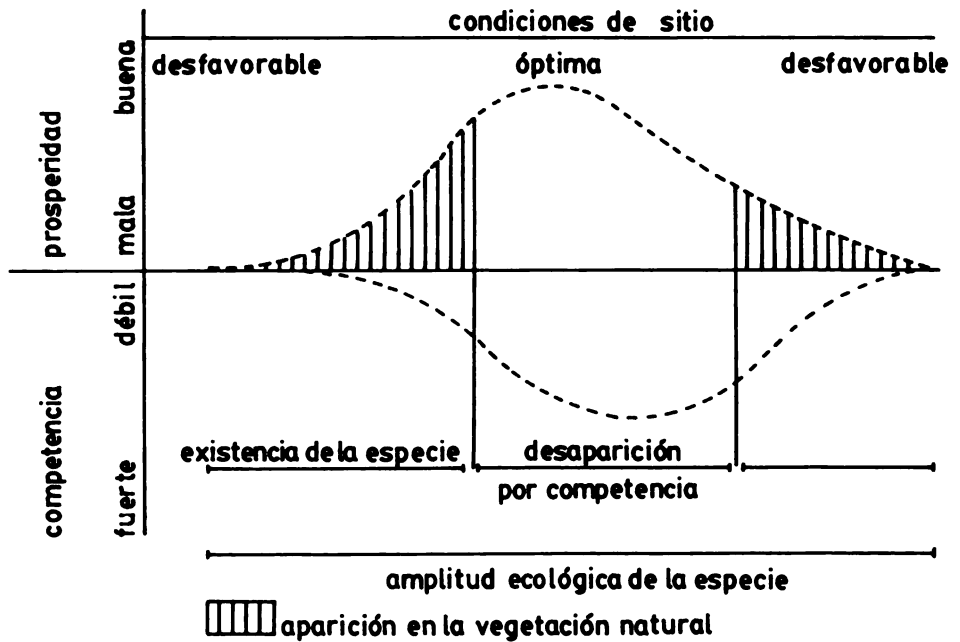


Figura 7. Influencia de las condiciones de sitio de la competencia por otras especies, sobre la aparición de una especie en la vegetación natural. Fuente: Leibundgut, H., 1977.

b) Macro y microfauna

La fauna presente en el bosque es sin duda otro factor biótico relevante para el establecimiento y crecimiento de la regeneración natural, pudiendo influenciar ya sea favorable o desfavorablemente sobre la misma. El efecto positivo se produce al favorecer la dispersión de semillas. Sobre todo en el caso de los robles, cuyos frutos pesados caen directamente al pie de los árboles semilleros, las ardillas y otros roedores juegan un papel determinante en la dispersión de las mismas (Fowells, 1965) aumentando de esa forma el radio de regeneración natural. Por otro lado, los insectos y las aves pueden afectar considerablemente el éxito de la germinación de las semillas, llegando a destruir hasta el 100% de la producción semillera de un árbol. En este caso se obtendrá regeneración natural exitosa únicamente en años de fuerte fructificación (Fowells, 1965). Así mismo, se debe considerar el efecto negativo que los roedores pueden tener sobre el desarrollo de las plántulas, al comerse las raíces o la corteza de las mismas.

c) Parásitos vegetales

Al igual que la macro y microfauna, también los parásitos vegetales, como una amplia serie de hongos, pueden afectar positiva o negativamente el establecimiento y desarrollo de especies forestales. Vastas plantaciones de una sola o pocas especies, por lo general son atacadas más fácilmente por alguna plaga y las consecuencias del ataque generalmente son más dramáticas que en bosques mixtos. La introducción de nuevas especies en un ecosistema también puede aportar plagas que antes no se observaban, por lo tanto el forestal necesita buen conocimiento de las especies que

quiere introducir (tolerancia a competencia, enfermedades y plagas, exigencias ecológicas) antes de tomar tal decisión.

## 2.5 ¿Cuándo se debe hacer el manejo forestal basado en la regeneración natural?

En la Sección 2.4 se ha mencionado la importancia del mantenimiento de la composición de un bosque primario para disminuir peligros de ataques por plagas o de cualquier otro tipo de daño, contando con cierta garantía de que las especies están adaptadas a las condiciones locales, como resultado de una larga selección natural.

Además de esta condición, casi indispensable para lograr el éxito de un manejo forestal ecológicamente sostenible, también hay que considerar las ventajas económicas del manejo basado en la regeneración natural en comparación con las plantaciones. En este sentido cabe mencionar los altos costos de instalación y mantenimiento de un vivero forestal, así como para el establecimiento y mantenimiento de las plantaciones mismas. Alfaro (1990) en un estudio de caso sobre la rentabilidad y uso óptimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica, estimó costos para el establecimiento de plantaciones de melina (*Gmelina arborea*), pochote (*Bombacopsis quinatum*), teca (*Tectona grandis*) y laurel (*Cordia alliodora*) entre \$600/ha y \$1200/ha, dependiendo de la especie. Para el mantenimiento de las mismas plantaciones (durante los primeros cinco años) se necesitaron entre \$300/ha y \$800/ha.

Utilizando la regeneración natural ya establecida en el bosque se da un mejor aprovechamiento de la producción ofrecida gratuitamente por el ecosistema. Después de extraer el dosel superior del bosque, se cuenta con regeneración natural de varios años de edad, dependiendo de la estación, de las especies y de la técnica de regeneración aplicada.

Sin embargo, no siempre se puede contar con bosques ricos en especies comerciales. En muchos casos la extracción selectiva de estas especies deja como resultado un bosque empobrecido. Bajo estas condiciones se hace necesario enriquecer el bosque introduciendo, a través de plantaciones, especies de alto valor comercial. Aún en este caso sería indispensable considerar especies que forman parte de la composición natural de la masa forestal sobre la estación considerada.

En el Cuadro 1 (Schütz, 1984) hace una comparación de las ventajas y desventajas del manejo basado tanto en la regeneración natural, como en la regeneración artificial.

Cuadro 1. Regeneración natural/artificial: ventajas y desventajas.

### a) Regeneración natural

	ventajas	desventajas
Calidad de los árboles	-árboles genéticamente adaptados a las condiciones del sitio	-si los árboles semilleros son de mala calidad, igual lo será la regeneración de los mismos, no hay posibilidades de modificar la composición florística

**Cuadro 1. Continuación.**

	<b>ventajas</b>	<b>desventajas</b>
<b>Establecimiento de la regeneración</b>	-no hay costos de vivero o de plantación	-gran número de plantas y de especies: costos elevados para el mantenimiento de la regeneración (limpieza, raleos)
<b>Duración del tiempo de regeneración</b>	-posibilidad de elegir una duración de tiempo	-se necesita una buena planificación adecuada para la regeneración

**b) Regeneración artificial (plantación)**

	<b>ventajas</b>	<b>desventajas</b>
<b>Calidad de los árboles</b>	-posibilidad de elegir siempre las especies y su procedencia  -posibilidad de seleccionar las plántulas en vivero	-procedencia no adecuada para las condiciones locales  -el trasplante es un un "shock" en la vida de una planta  -más sensibilidad de las plántulas de un vivero
<b>Establecimiento de la regeneración-</b>	-las plántulas salen más rápidamente de la competencia de hierbas y malezas  -mantenimiento de la regeneración más fácil y menos caro	-costos elevados para el establecimiento de la regeneración (vivero forestal, mano de obra)  -peligros de calamidades -inconvenientes ecológicos de la tala rasa
<b>Duración del tiempo de regeneración</b>	-regeneración de breve duración  -planificación simple	-no se puede influenciar mucho el tiempo necesario para regenerar un rodal

**Por otro lado (Schütz, 1984) recomienda la regeneración artificial si:**

- **se quiere modificar la composición del bosque**
- **hay mala calidad de árboles semilleros**
- **hay dificultades de regeneración**
- **hay fructificación, una vez en varios años**
- **hay que regenerar muy rápidamente.**

**El mismo autor considera más apropiada la regeneración natural cuando:**

- **la calidad del rodal semillero es suficiente**
- **las especies son aptas al sitio**
- **no hay grandes dificultades de regeneración**

**Sin duda, los robledales de altura de la Cordillera de Tamanca, cumplen plenamente con estos requisitos.**



### 3.1.2 Proceso de regeneración: inicio y duración

Silviculturalmente se da inicio al proceso de regeneración natural de un bosque, al realizarse la primera intervención con la intención de regenerar el mismo (por ejemplo una corta preparatoria que permita la penetración de mayor cantidad de luz al suelo para favorecer la germinación de las semillas).

El mismo proceso de regeneración se termina silviculturalmente, con la corta del último árbol semillero del rodal por regenerarse.

Entre las dos intervenciones mencionadas pueden necesitarse varias cortas de aclareo (dependiendo del sistema de regeneración aplicado y de las exigencias de luz de las especies regeneradas), para aumentar gradualmente la intensidad de la luz que llega al suelo y a la regeneración establecida.

El momento más apropiado para dar inicio al proceso de regeneración de un bosque y la duración del mismo, dependen de varios factores, según los criterios que se tomen en cuenta, sean estos económicos o silviculturales.

La decisión silvicultural de dar inicio al proceso de regeneración considera sobre todo factores biológicos y de planificación, en tanto que la decisión económica trata de obtener el mejor aprovechamiento de la capacidad de producción de un rodal.

Dos criterios fundamentales para determinar el momento adecuado para dar inicio al proceso de regeneración del bosque, son el incremento corriente anual (ICA) y el incremento medio anual (IMA) del bosque considerado (Figura 9).

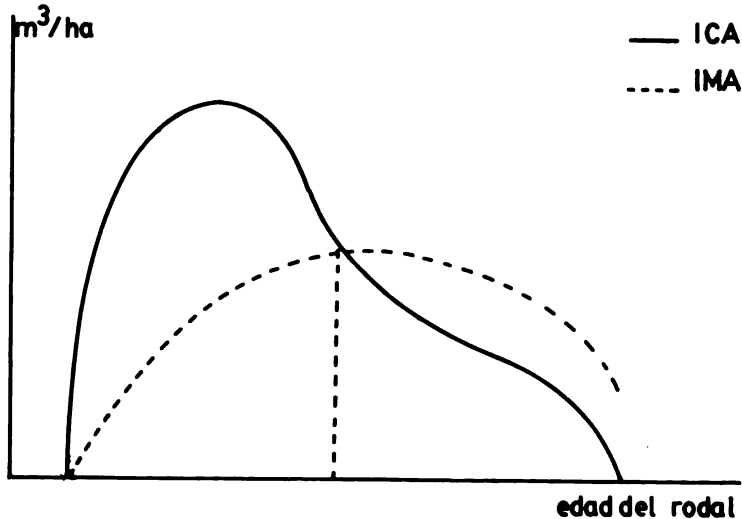


Figura 9. Distinción entre el Incremento Corriente Anual (ICA) y el Incremento Medio Anual (IMA), para determinar el momento más adecuado para regenerar un rodal.

Fuente: J.P. Schütz, 1984; Hawley y Smith, 1982.

En bosques jóvenes el incremento corriente anual (ICA) aumenta rápidamente hasta llegar a un máximo en un bosque adulto para después disminuir en el bosque viejo.

El incremento medio anual (IMA) de un bosque (desde su establecimiento hasta un momento determinado), presenta una curva similar al del ICA, pero su culminación ocurre a edades mayores.

El mejor aprovechamiento de la capacidad de producción de un rodal se obtiene regenerándolo en el año de culminación del IMA.

Debido a que no se toman en cuenta únicamente criterios económicos, sino que también se consideran aspectos como la planificación de la extracción (para ordenar temporalmente y espacialmente la regeneración de los rodales que forman la unidad de regeneración), no siempre se puede regenerar el bosque en el momento óptimo mencionado arriba; por lo tanto, es más adecuado considerar un lapso de tiempo alrededor del mismo, durante el cual debería empezarse y terminarse el proceso de regeneración (Figura 10).

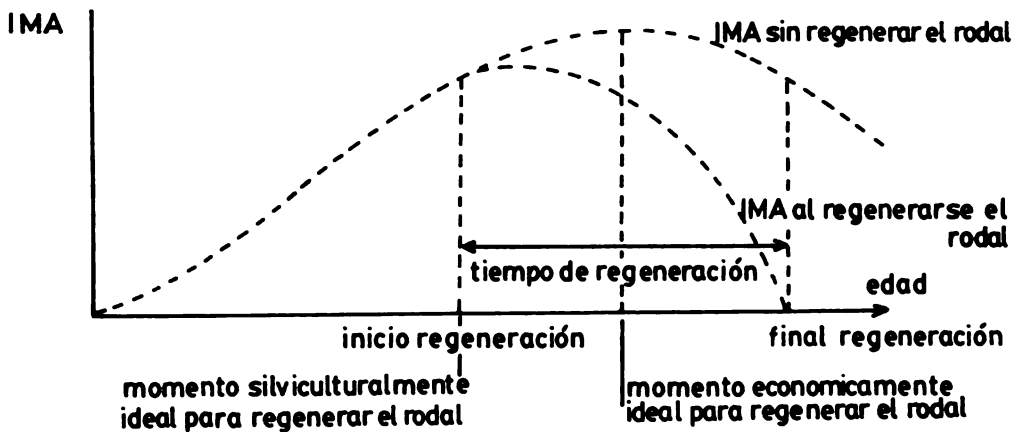


Figura 10. Productividad ( $m^3/ha$ ) de un rodal al ser regenerado.  
Fuente: J.P. Schütz, 1984.

### 3.1.3 Ordenación temporal y espacial

La ordenación temporal del proceso de regeneración de los diferentes rodales que forman la unidad de planificación debe en primer lugar garantizar la sostenibilidad de la producción del bosque, asegurando la producción de madera y otros beneficios intrínsecos en forma perpetua (sin interrupciones) y óptima (mejor relación entre costos y beneficios).

Por otro lado la ordenación espacial implica una distribución de los centros de regeneración y la determinación de la dirección del avance de la misma alrededor de estos centros en función de la extracción (no hay que pasar con la madera extraída de un rodal, sobre la regeneración de rodales ya regenerados) y de peligros naturales como son los vientos.

Por lo tanto, antes de planificar el proceso de regeneración del bosque hay que plantearse las siguientes preguntas:

¿Cuánto va a durar el proceso de regeneración?

(dependiendo de las especies, de las condiciones del sitio, etc.)

¿Cuántos centros de regeneración hay o se necesitan establecer?

¿En qué dirección y con qué rapidez (a partir de esos centros de regeneración) deberá seguir la regeneración de la unidad de planificación?



### 3.1.4 Objetivo de la composición y estructura de la regeneración

La selección de las especies que deberán formar el bosque regenerado, es la decisión silvicultural más importante en la planificación de la regeneración de un bosque. Esta decisión depende en primer lugar de factores como sitio, composición florística del bosque por regenerarse, consideraciones económicas, funciones intrínsecas del bosque y objetivos de producción.

#### a) Composición florística

La composición florística juega un papel muy importante en la regeneración natural. Siendo ésta en un bosque primario el resultado de una larga selección natural y por lo tanto la mejor adaptada a las condiciones del sitio, es recomendable mantener en lo posible las mismas especies en el bosque regenerado.

#### b) Consideraciones económicas

Por otro lado no se pueden pasar por alto consideraciones económicas. No todas las especies que forman el bosque primario son especies comerciales y dentro de las mismas especies comerciales el valor de cada una es muy diferente. Considerando el largo plazo de la planificación forestal y la creciente escasez de madera, hay que tomar en cuenta, que posiblemente especies que hoy no tienen importancia económica, sí la pueden tener dentro de 10 ó 20 años.

#### c) Función del bosque

La elección de las especies para la planificación de la regeneración natural del bosque, también debe tomar en consideración otras funciones intrínsecas del mismo, como protección de suelos, el régimen hídrico y de los hábitat de la fauna.

#### d) Variaciones de la composición, pasando de la fase juvenil a la fase de bosque maduro

Otro factor relevante por considerarse para la planificación de la regeneración de un bosque, es la variación en composición y estructura a la cual está sometido, al pasar de la fase juvenil a la fase de bosque maduro. Entre los árboles que forman la regeneración establecida habrá una fuerte selección, ya sea natural o silvicultural y sólo una pequeña parte de ellos llegará a formar el bosque maduro. Por lo tanto, el objetivo de la composición y estructura que se quiere lograr en el bosque meta, no necesariamente corresponde al objetivo fijado para el proceso de regeneración del bosque.

#### e) Tratamientos silviculturales

Para poder aplicar un tratamiento silvicultural en función de un rodal, o de un grupo de árboles y no a nivel de cada árbol, es necesario que las especies que lo forman sean compatibles entre ellas y que tengan los mismos requerimientos ecológicos, para evitar que una especie elimine otra a través de la competencia o por ser más apta que otra en la respuesta a la intervención silvicultural aplicada.

f) **Función silvicultural**

Por último, otro factor relevante para la elección de las especies que deberán formar el bosque regenerado, es la función que cada una tendrá en el ecosistema futuro. Se pueden distinguir por un lado las especies principales, o sea aquellas que cumplen con la función principal del bosque (por ejemplo las especies comerciales, si la función principal es la producción de madera de calidad). Por otro lado pueden tener importancia relevante especies secundarias cuya función consiste en mejorar el crecimiento de las especies principales. Especies tolerantes a sombra, que alcanzan dimensiones inferiores a las de especies principales, pueden, por ejemplo, formar un dosel inferior en el bosque, que mantenga bajo sombra los fustes de los árboles del dosel superior, favoreciendo la poda natural de los mismos y por lo tanto mejorando su calidad.

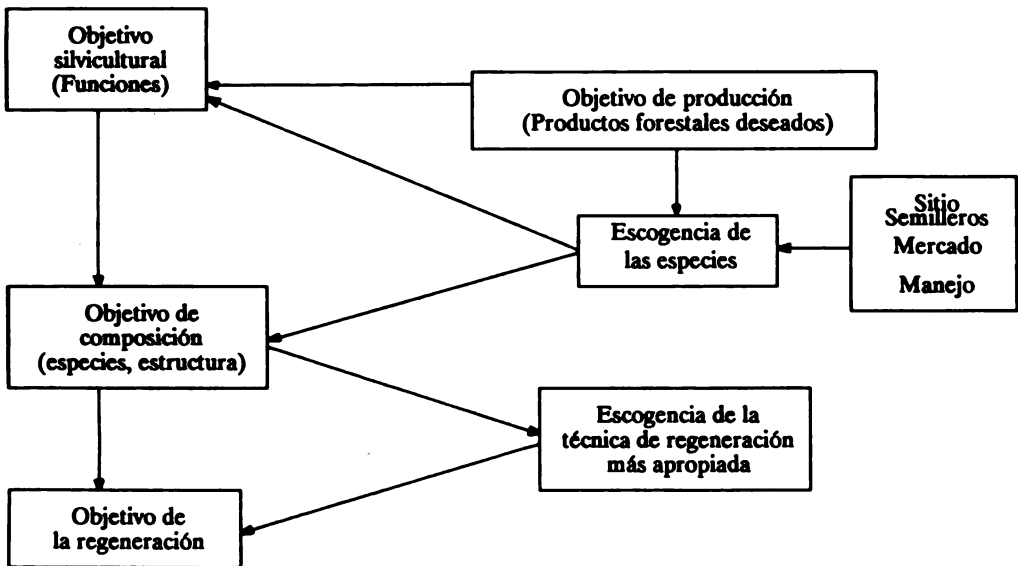


Figura 11. Representación esquemática de los diferentes objetivos por considerar para planificar la regeneración natural.

Fuente: (Schütz, 1984. Curso silvicultura ETHZ, sin publicar)

Debido a las consideraciones mencionadas arriba, en el proceso de regeneración natural de un bosque, se pueden favorecer unas especies más que otras, pero sobretodo en el caso de un bosque primario es recomendable mantener su biodiversidad de flora y fauna y por lo tanto no alterar demasiado la composición y estructura del mismo.

## 3.2 Métodos de regeneración

Antes de abarcar el caso específico de los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica, se presentan a continuación los principales métodos de regeneración natural del bosque, que han sido y siguen siendo aplicados con éxito en la mayoría de los países europeos y norteamericanos.

Esta descripción facilita entender el manejo propuesto para los robledales de altura que se explica en el Capítulo 4, a considerarse como una adaptación del método más apropiado, a las condiciones específicas de estos bosques.

### 3.2.1 Corta a tala rasa

Bajo el término de corte a tala rasa se entiende la liquidación del bosque antes que se haya establecido su regeneración natural, creándose condiciones ecológicas de campo abierto después de la intervención (Leibundgut, 1981), ver Figura 12.

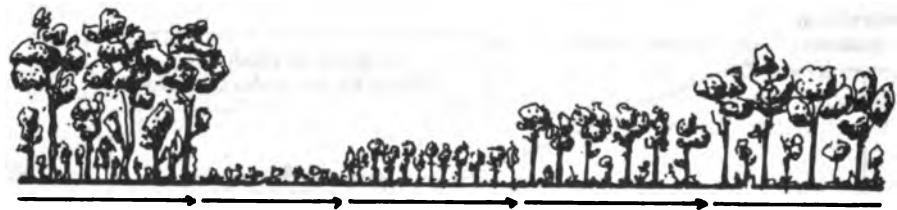


Figura 12. Perfil del bosque, manejado por tala rasa.

Si el terreno deforestado se deja a sí mismo, sin someterlo a un uso agroforestal, éste regresa a la fase forestal aunque la vegetación que se establezca al inicio será dominada por especies pioneras de rápido crecimiento (sucesión secundaria). Bajo la sombra de las especies pioneras se regeneran nuevamente las especies que antes formaban el bosque en su mayor parte (Sterringa, 1974a). El tiempo necesario para que bajo condiciones naturales se obtenga nuevamente un bosque similar al cortado, puede ser muy largo y seguramente no se estaría aprovechando de manera óptima y racional, la capacidad productiva del sitio. Bajo estas condiciones existen dos alternativas: el proceso podría ser acelerado a través de la plantación de especies comerciales (reforestación), pero en este caso ya no se estaría hablando de un manejo forestal basado en la regeneración natural. La otra alternativa es dejar que se regenere naturalmente para posteriormente dar un manejo al bosque secundario que se establece rápidamente. (Schütz, 1984. Curso silvicultura ETHZ, sin publicar).

En Finegan (1991b) se describe detalladamente el potencial de manejo para bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Cabe mencionar, que según estudios realizados por el Proyecto SBN (sin publicar) en el caso de los robledales de altura, la vegetación que se establece después de una tala rasa, presenta la misma composición florística del bosque primario (siempre y cuando no se cambie el uso de la tierra).

Las desventajas principales del sistema de tala rasa son el cambio radical ecológico y la rápida degradación del suelo por falta de cubierta protectora (microclima, descomposición, lavado de nutrientes). Los terrenos arenosos

especialmente se lavan con suma facilidad, mientras que los terrenos arcillosos tienen tendencia a compactarse y a endurecerse causando dificultades de drenaje (Budowski, 1961). Además Hawley y Smith (1982) consideran que el riesgo de quemaduras a las plántulas a causa de la radiación solar directa y las grandes pérdidas de calor por la radiación nocturna aumentan, sobre todo en zonas altas. Según estos autores la acción desecadora del sol y del viento aceleran la transpiración así como la evaporación directa desde el suelo, influyendo negativamente sobre la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas.

No obstante algunas ventajas tales como la simplicidad del sistema y menores costos de extracción (Troup, citado por Sterringa, 1974a), las desventajas del mismo deberían conllevar al rechazo de esta alternativa, a menos que se necesite cambiar completamente la composición del bosque original o, como mencionan Hawley y Smith (1982) en el caso que se utilicen especies que puedan reproducirse bajo condiciones naturales después de un incendio u otras perturbaciones drásticas (por ejemplo *Pinus spp.*).

### 3.2.2 Regeneración bajo dosel protector

Este sistema de regeneración se caracteriza por varias intervenciones sucesivas en todos los pisos del bosque, que conllevan a una abertura gradual del dosel, permitiendo la regeneración de especies valiosas. La repoblación natural se inicia bajo la protección de la masa vieja y finalmente es liberada cuando es capaz de resistir a la exposición (Hawley y Smith, 1982) ver Figura 13.

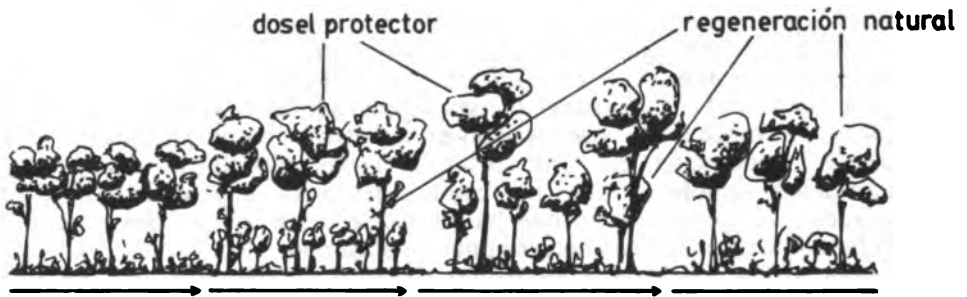


Figura 13. Perfil de un bosque por regenerarse bajo dosel protector.

Si bajo el rodal por regenerarse todavía no se encuentra regeneración, la primera intervención se hará en forma de una "corta preparatoria", para disponer de un abastecimiento de semillas y condiciones ambientales favorables a su germinación. Para tal fin se buscan y liberan árboles padres de especies comerciales y con buenas calidades de copa y fuste, distribuidos homogéneamente sobre el área por regenerarse. Al mismo tiempo, se pueden cortar árboles de especies no deseadas o árboles de muy mala calidad para evitar que formen parte del rodal futuro (si un árbol padre tiene la tendencia a formar bifurcaciones, es muy probable que la regeneración a partir del mismo presente el mismo defecto). Además de las características cualitativas mencionadas, los árboles padres deben tener resistencia contra plagos como el viento.

Según Hawley y Smith (1982), para la corta preparatoria se deben extraer entre el 10 y el 30% del volumen existente.

En un bosque manejado sosteniblemente, en el cual se aplicaron raleos sistemáticos anteriores al período de regeneración, esta "corta preparatoria" no se hace necesaria, y el tratamiento para la regeneración del bosque empieza directamente con una "corta de siembra". Esta debería realizarse posiblemente en un año de fuerte fructificación de las especies deseadas, abriendo el dosel de tal forma que pueda llegar suficiente cantidad de luz y calor al suelo para la germinación de las semillas. Según Hawley y Smith (1982) para este fin se necesita cortar de 25 a 75% del volumen presente.

Una vez que hayan germinado las semillas y empiece a establecerse la regeneración, se efectuarán una o más "cortas de liberación", conforme al requerimiento de luz de las especies regeneradas y a la estabilidad del dosel superior remanente. Para la selección de las especies que han de eliminarse el valor del árbol individual es mucho menos importante que la calidad y cantidad de la sombra que provee para la nueva generación. Principalmente se cortan bejucos, árboles muertos, árboles sobremaduros, árboles maduros de mala forma o especies indeseables.

El proceso de regeneración se terminará con una "corta de liquidación" del dosel protector remanente.

El número y la distribución de árboles padres a escoger para la regeneración del bosque con este sistema, depende de varios factores, como la cantidad de semillas viables producidas por el árbol, la proporción probable de árboles padres que sobrevivirá, el porcentaje de semillas que logrará finalmente dar plántulas establecidas, la distancia a la que pueden ser diseminadas las semillas, las condiciones del sitio, la estabilidad de los árboles padres, etc. Según Hawley y Smith (1982) el número usual de árboles padres varía de 2,5 a 25 por hectárea.

El lapso de tiempo entre la "corta preparatoria", la "corta de siembra" y la "corta de liquidación" depende de las especies escogidas, de sus exigencias de luz, de la dificultad con que se establezca la regeneración, de la presencia de regeneración ya establecida, de los factores riesgo (por ejemplo el viento), de la urgencia con la cual el rodal tiene que ser regenerado, de la coordinación espacial y temporal del avance de la regeneración en los otros rodales que forman la misma unidad de regeneración, etc. Por lo tanto, no se puede llegar a ningún tipo de generalización debido a que las condiciones son muy variables según las localidades. El mejor criterio que ha de usarse, como afirma Sterringa (1974a), estará basado en frecuentes observaciones en el campo.

Por lo general los árboles padres deberán ser extraídos tan pronto como fuera posible, ya que las plántulas se hacen menos flexibles y más fáciles a romper cuando alcanzan tamaños mayores. Cabe mencionar que según Hawley y Smith (1982), con este sistema la regeneración debería completarse en no menos de una quinta parte del turno del bosque.

Como principales ventajas del sistema de regeneración bajo dosel protector se pueden mencionar las siguientes:

- La adaptación del sistema a las exigencias de las especies regeneradas.
- El favorecimiento de procesos naturales del ecosistema.
- No se implica un cambio de las condiciones ecológicas tan radical como en el caso del "corte a tala rasa".
- Mantenimiento del suelo bajo cobertura forestal permanente.
- Posibilidad de aplicar el sistema con especies que tengan semillas pesadas.
- Limitación de la entrada de especies invasoras indeseables a través del control de la sombra.

Por otro lado hay que considerar posibles desventajas tales como:

- Extracción de fustes pequeños (además de las tucas comerciales) para los cuales habrá que buscar el mejor aprovechamiento (leña, postes, carbón).
- Limitaciones al aplicar este sistema en el caso que los árboles padres sean fácilmente susceptibles al impacto del viento por la rugosidad incrementada del dosel.
- Inevitable destrucción de parte de la regeneración a causa de la extracción del rodal protector. La aplicación de técnicas cuidadosas de extracción y sobretodo una planificación detallada y coordinada del avance de la regeneración pueden limitar considerablemente estos daños.

En el trópico, la principal aplicación de este sistema de regeneración natural se hizo bajo el nombre de "Tropical Shelterwood System". De acuerdo con este sistema se cortaban los bejucos en un primer año, se envenenaban especies no deseadas en el segundo y tercer años y se cortaban las especies comerciales en el cuarto y quinto años. Del Tropical Shelterwood System también se conocen varias modificaciones como "Group Shelterwood System", "Uniform Shelterwood System", "Walsh System", "Combined System", y "Malayan Uniform System". En la mayoría de los casos no se obtuvo el éxito esperado (a excepción de Ghana y Malaya) a causa de condiciones ambientales y ecológicas desfavorables, falta de conocimiento de los requerimientos silviculturales, inadecuada abertura del dosel protector, etc.

### 3.2.3 Corta de protección en fajas

Este sistema de regeneración puede considerarse como una modificación del sistema de regeneración bajo dosel protector, cortándose el bosque en fajas que se hacen avanzar gradualmente a través de la unidad de regeneración. La regeneración se establece internamente y externamente al borde del bosque, a lo largo de las fajas intervenidas (Figura 14).

rodal a regenerarse



regeneración natural

Figura 14. Perfil del bosque por regenerar, con cortas de protección en fajas.

El ancho de la faja en la cual se establece la regeneración natural dentro y fuera del bosque, depende de factores como clima, exposición, pendiente, orientación de la faja, intensidad del aclareo, penetración de la luz lateral.

Las fajas se cortan aplicando el sistema de regeneración bajo dosel protector (ver Sección 3.2.2), empezando con una "corta de siembra" en la(s) primera(s) faja(s) por intervenir. Pocos años después se realiza una "corta de aclareo" en la primera faja, aplicándose al mismo tiempo una "corta de siembra" en la faja siguiente de acuerdo con el avance de la regeneración.

En una tercera etapa se puede liquidar el rodal protector de la primera faja, realizar una "corta de aclareo" en la segunda faja y avanzar con la regeneración con una "corta de siembra" en una tercera faja.

Las fajas en las cuales se realizan las extracciones no necesariamente deben ser rectas. Se pueden adaptar a las condiciones de luz, a la topografía y a la estructura del bosque.

Una forma más sencilla de aplicar este sistema de regeneración, sería la tala rasa en fajas, en lugar de la mencionada regeneración bajo dosel protector. En este caso el ancho de las fajas taladas no debe sobrepasar la mitad de la altura de los árboles maduros (Hawley y Smith, 1982).

Las principales ventajas de este sistema de regeneración son:

- Grandes posibilidades de variación (se pueden variar la forma de las fajas, dirección del avance de la regeneración, tipo de intervención en las fajas, duración del tiempo de regeneración).
- Adaptabilidad a las condiciones del sitio y a las exigencias de las especies.
- Clara y simple planificación espacial y temporal.
- Reducido riesgo de derribo por viento sobre grandes superficies, manteniéndose intacta buena parte del rodal.
- Posibilidad de extraer árboles maduros, pasando por fajas de bosque no intervenido. Por lo tanto se estarían limitando considerablemente los daños a la regeneración.
- Al interior (zona de sombra) y al exterior (zona de luz) del borde del bosque, se crean condiciones ecológicas distintas, lo cual puede favorecer una mezcla de especies en la nueva población.

Por otro lado las desventajas que deben considerarse son:

- En las fajas, la duración del período de regeneración puede ser relativamente corto.
- En el borde de las fajas hay mayor peligro de daños ocasionados por el viento. Este peligro puede ser reducido a través de una buena planificación espacial del avance del frente de regeneración (Figura 15).
- No todo el bosque puede ser regenerado en el momento más oportuno. En ciertas partes hay que empezar antes, para no llegar demasiado tarde en las fajas que se regeneran al final.

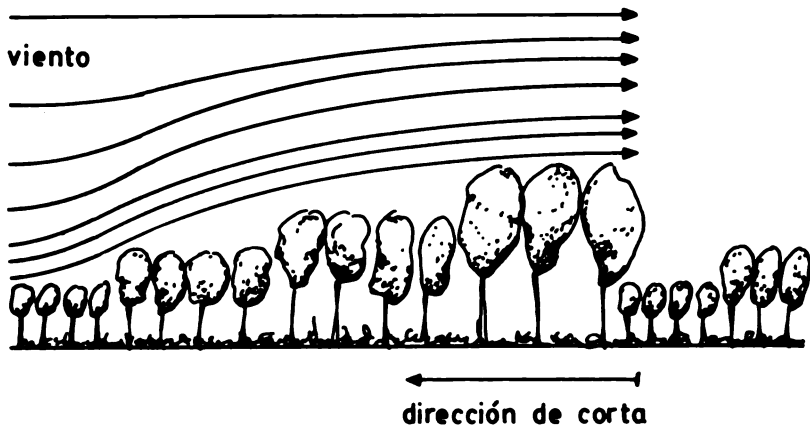


Figura 15. Dirección del avance de corta con respecto a la dirección del viento.  
Fuente: Hawley y Smith, 1982.

### 3.2.4 Corta de protección en grupos

En el bosque frecuentemente se desarrollan manchas de regeneración procedentes de claros o de alteraciones naturales, debidas a viento, insectos, hongos (Hawley y Smith, 1982). El proceso de regeneración con el sistema de "cortas de protección" en grupos, empieza con aberturas en varios de estos centros que ya presentan regeneración establecida. Con una serie de aclareos sucesivos, estas aberturas se van engrandeciendo hasta llegar a cubrir toda el área por regenerarse (Figura 16).



Figura 16. Perfil de un bosque por regenerarse en cortas de protección en grupos.

En el caso que no se encuentren centros de regeneración establecida, el proceso se iniciaría abriendo claros en rodales que más urgentemente necesitan ser regenerados.



También para este sistema de regeneración es sumamente indispensable una detallada planificación que permita coordinar espacialmente y temporalmente el avance del proceso de regeneración con particular atención en la planificación de la extracción.

Hawley y Smith (1982) opinan que una vez que los centros de regeneración se han establecido y agrandado un poco, a menudo es más práctico extraer gradualmente el resto del rodal siguiendo el desplazamiento de una franja, que ensanchar cada grupo hasta que se unan todos.

La ampliación de los centros puede efectuarse sea con cortas de tala rasa, o con cortas que dejen un dosel protector, según las exigencias del caso.

Una decisión importante para aplicar este sistema de regeneración, concierne al tamaño y la forma del claro que se quiere abrir. Sin embargo, no es posible dar indicaciones exactas en este sentido, debido a que depende sobretodo de las exigencias de las especies a regenerar, de la estructura del bosque existente, de la topografía, etc.

En las Figuras 17 a 19 se presentan algunos de los efectos provocados por la abertura de claros, sobre iluminación y precipitación.

Iluminación máxima (campo abierto) : 4400 horas/año

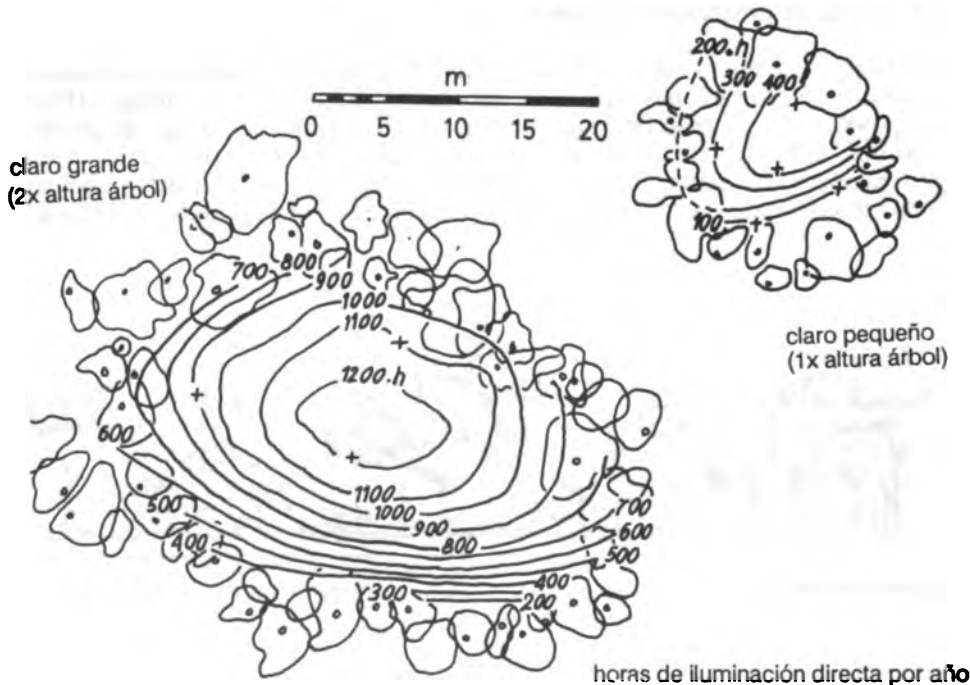
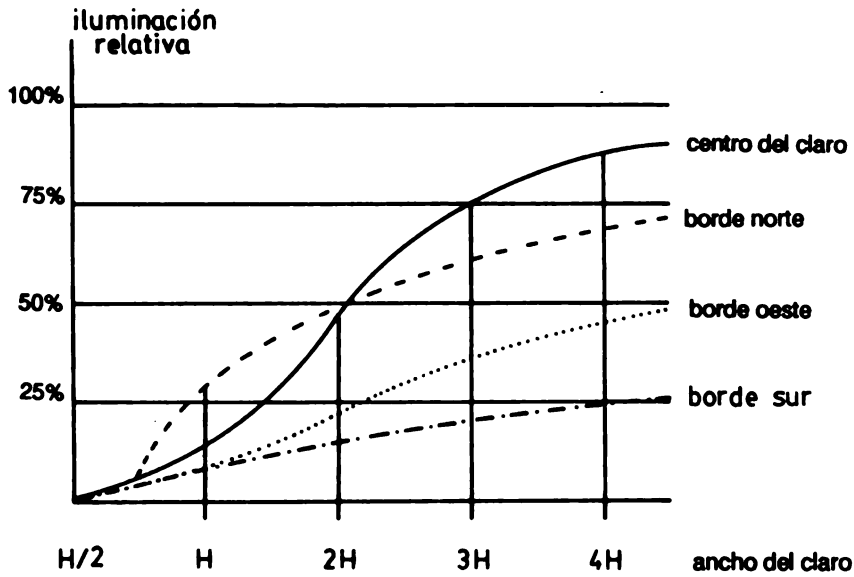
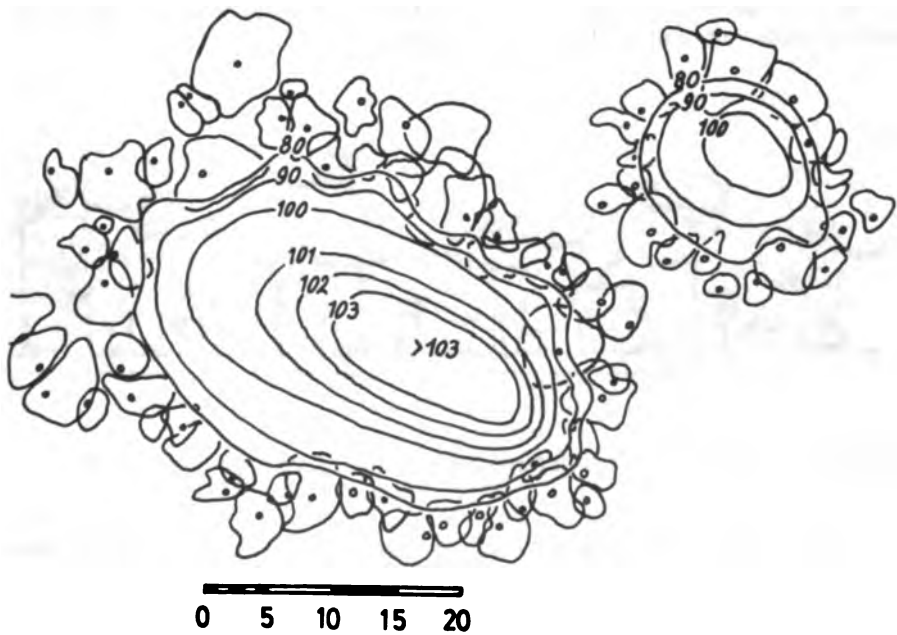


Figura 17. Diferencia entre la duración de la iluminación solar directa en un claro grande (2 x altura de los árboles) y un claro pequeño (1 x altura de los árboles).  
Fuente: V, Kiezmer, 1966 citado por J.P. Schütz, 1984



**Figura 18.** Influencia de la iluminación en un claro, según el ancho del claro y la posición en la abertura.  
Fuente: L. Roussel, 1972



**Figura 19.** Distribución de las precipitaciones en un claro grande (2 x altura del árbol).  
Fuente: V. Kiezmer, 1966 citado por J.P. Schütz, 1984

Las ventajas y desventajas de este sistema de regeneración corresponden más o menos a las mencionadas para el sistema de "corte de protección en fajas" (Sección 3.2.3). Este último tal vez permita mejor regulación de intensidad de luz con respecto a las exigencias de las especies y facilite un poco más diversos aspectos como la extracción, la coordinación espacial y temporal del avance de la regeneración.

El método de cortas de protección en grupo presenta ventajas adicionales como:

- Condiciones diferenciales de la luz
- Simulación de procesos naturales (claro natural)

Este método tuvo aplicación en Nigeria, bajo el nombre de "Transition System" (los resultados no fueron satisfactorios).

Para la regeneración de un bosque en general existen varias posibilidades de combinación de los sistemas hasta ahora mencionados. Estas combinaciones permiten aprovechar las ventajas de cada sistema, sin necesidad de incurrir en sus desventajas. Por lo tanto será tarea del silvicultor, procurarse el conocimiento básico sobre las condiciones iniciales locales y sobretodo las necesidades ecológicas y silviculturales de las especies consideradas, y con base en estas informaciones buscar el sistema de regeneración más adecuado, para lograr los objetivos establecidos.

### 3.2.5 El método de selección

Se define como "bosque de selección" aquel que se caracteriza principalmente por tener árboles de todas clases diamétricas sobre pequeñas áreas, mezclados a nivel de cada planta y no a nivel de grupos (Figura 20).



Figura 20. Perfil de un bosque manejado bajo el método de selección.

Un bosque de selección puede considerarse equilibrado, y manejado sosteniblemente, cuando cada clase diamétrica está ocupando la misma superficie de bosque (Hawley y Smith, 1982), presentando por lo tanto una curva de distribución diamétrica en forma de "J" invertida (Figura 21). Para cubrir el área ocupada por un árbol maduro, se necesitan varios árboles pequeños.

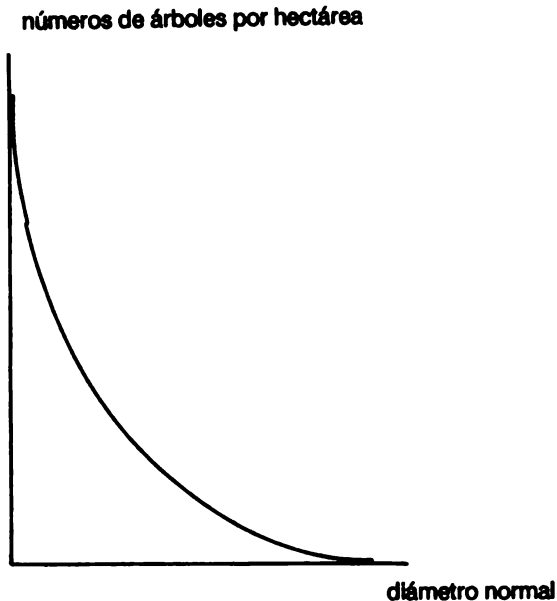


Figura 21. Distribución diamétrica en un bosque de selección equilibrado.

El método de selección en realidad no puede considerarse como una técnica de regeneración natural del bosque, sino más bien una forma de manejo forestal sostenible, en la cual con una misma intervención se realizan contemporáneamente aprovechamiento forestal, raleo (para mejorar o mantener la estructura del bosque y la calidad del rodal remanente) y favorecimiento de la regeneración natural.

El objetivo principal de la planificación silvicultural para un bosque de selección, es lograr acercarse lo más posible su curva de distribución diamétrica a la del bosque de selección equilibrado. Una vez alcanzada esta distribución, las futuras intervenciones deberán garantizar su conservación, manteniendo inalterada la composición y la estructura del bosque. El volumen de los árboles cortados será equivalente al crecimiento de la masa del bosque considerado, en el lapso de tiempo desde que se efectuó la última intervención. Si todavía no se ha logrado la distribución diamétrica de un bosque equilibrado, el volumen extraído será mayor que el crecimiento si hay exceso de árboles maduros, o menor que el crecimiento si hay deficiencia de árboles maduros (Hawley y Smith, 1982).

La aplicación exitosa de un manejo forestal basado en el método de selección, implica por lo tanto, un control continuo en el campo a través de inventarios en parcelas de control permanente. Estos inventarios deben mostrar por un lado la variación en la curva de las distribuciones diamétricas y por otro lado indicar cómo queda afectado el volumen de madera en pie y respectivo crecimiento, después de las intervenciones. De acuerdo con la reacción del bosque a una determinada intervención, se determinará la magnitud y los criterios para el aprovechamiento siguiente.

Como principales ventajas para el método de selección pueden considerarse (Troensgaard, 1971; Hawley y Smith, 1982):

- Dado que las condiciones ambientales son mantenidas en un estado casi constante, la flora y fauna del bosque permanecen en equilibrio relativamente estable.
- Uso efectivo del espacio de crecimiento y a veces mayor producción comercial.
- Protección contra la erosión.
- Cuando interese mantener un monte de protección en pendientes, con el fin de impedir la erosión y los deslizamientos de tierra o con el fin de regular cursos de agua, el método de selección es el mejor.
- Las plántulas son protegidas contra el sol, el viento, temperaturas extremas etc.
- Menor riesgo de fuego.
- Es fácil asegurar la repoblación, por lo menos de especies tolerantes, a causa de los numerosos árboles productores de semillas y de la protección, tanto del medio edáfico, como de las plántulas.
- El método de selección representa la única manera de asegurar una producción anual sostenida en bosquetes pequeños, como los que se encuentran en fincas de pequeños y medianos productores.

Las desventajas del método de selección según los mismos autores son:

- El método de selección exige cortas relativamente ligeras, llevadas a cabo a intervalos frecuentes en todo el bosque. Por lo tanto los costos de la extracción son más elevados y se necesita una red densa de caminos que garantice un acceso frecuente.
- Debido a la mezcla de clases diamétricas, es difícil limitar los daños de extracción, sobre todo a la regeneración natural.
- La poda natural de los árboles puede ser inferior a la de los bosques uniformes, por lo tanto la madera suele ser relativamente nudosa.
- Con este método prácticamente se favorecen sólo especies tolerantes a la sombra. Las posibilidades de dosificar la luz de acuerdo con las exigencias de las especies, son muy limitadas.
- El control en el campo (inventarios en parcelas permanentes) es relativamente intensivo.
- Heterogeneidad de diámetros de madera extraída por intervención (también diámetros pequeños).

#### 4. ESTUDIO DE CASO EN LOS ROBLEDALES DE ALTURA DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA, COSTA RICA

##### 4.1 Descripción del área

Para elaborar una estrategia de regeneración de los robledales de altura, nos basamos principalmente en datos ecológicos recolectados por el Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (SBN), en su área experimental de Villa Mills-Siberia (Cordillera de Talamanca, Costa Rica).

Una descripción detallada del área se puede encontrar en Blaser (1991). En este documento se mencionan las características principales de la zona, relevantes para el desarrollo de este estudio.

Los bosques considerados se localizan en la parte noroeste de la Cordillera de Talamanca (Costa Rica), entre 2 600 y 2 800 msnm (Figura 22).

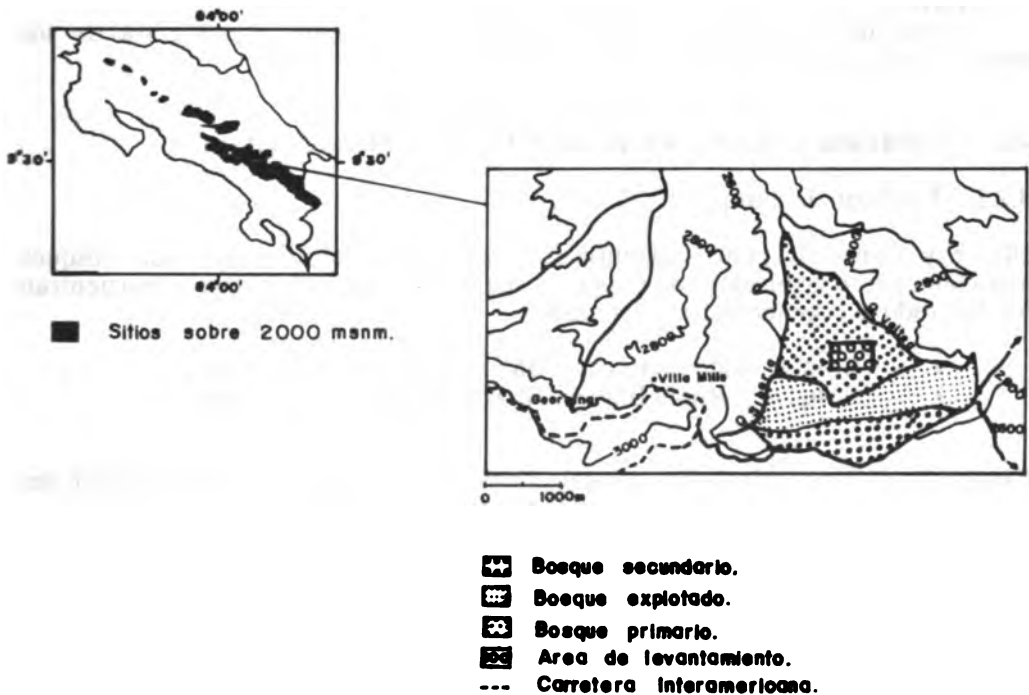


Figura 22. Ubicación geográfica de los bosques estudiados.  
Fuente: J. Blaser y M. Camacho, 1991.

El clima se caracteriza por presentar una época seca corta (entre enero y marzo) y lluvias frecuentes durante los demás meses del año, presentando un "veranillo" con reducidas precipitaciones en los meses de julio y agosto.

La temperatura media anual está entre 12,3 °C (2 380 msnm) y 7,3 °C (3 365 msnm), con variaciones anuales de 1,4 °C a 1,8 °C y variaciones diarias del

orden de 6,9 °C (2 380 msnm) y 5,7 °C (3 365 msnm). Las temperaturas máximas llegan a 15 - 16 °C a 3 365 msnm, mientras las mínimas pueden bajar aún bajo cero.

Las precipitaciones anuales, según datos del Instituto Meteorológico Nacional, alcanzan 2 643 mm, cayendo un 90% en forma de lluvia de convección entre mayo y noviembre. Los meses más lluviosos son setiembre y octubre, con máximas absolutas mensuales hasta por encima de 1 000 mm. Por otro lado los valores de precipitación mínima mensual en la época lluviosa se encuentran sobre los 120 mm.

Desde el punto de vista topográfico, la zona se caracteriza por su ubicación en una cresta central. Sin embargo, ya en las partes más altas es interrumpida por quebradas en forma de V, profundamente disectadas; estas son fuentes de los ríos más grandes del país. Las pendientes son bastante empinadas, variando entre 30 y 65% en el lado del Atlántico y hasta 80% o más en el lado del Pacífico.

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1971) los bosques considerados corresponden al "Bosque pluvial montano", dominados en dosel superior por especies del género *Quercus* y con fuerte presencia de bambú (*Chusquea spp.*) en el estrato inferior.

Una descripción más detallada sobre composición y estructura de los bosques, se da a continuación.

## 4.2 Condición ecológica y silvicultural de los robledales de altura

### 4.2.1 Tipología del bosque

Blaser y Camacho (1991) identificaron principalmente dos tipos de bosques estrictamente relacionados con el tipo de suelo (Cuadro 2) en el que se encuentran y sobre todo al régimen hídrico del mismo:

- Bosque Mixto de Encino (BME), sobre suelos Placandept
- Bosque de Roble Blanco (BRB), sobre suelos Dystrandept

Cuadro 2. Tipos principales de suelo, "especies indicadoras" y denominación del tipo de bosque en el rodal en estudio.

UNIDAD DE SUELO	PLACANDEPT	DYSTRANDEPT
Especies diferenciales	<i>Chusquea talamancensis</i>	<i>Chusquea tomentosa</i>
Especies características	<i>Quercus costaricensis</i> <i>Grammadenia myricoides</i> <i>Prunus cornifolia</i> <i>Vaccinium consaguineum</i>	<i>Ardisia glandulosa-marginata</i>
Especies constantes	(93%) <i>Quercus copeyensis</i> (94%) <i>Ocotea/Nectandra sp.</i> (94%) <i>Styrax argenteus</i> (99%) <i>Ilex discolor/I. pallida</i> (89%) <i>Weinmannia pinnata/W. trianaea</i>	(100%) (96%) (89%) (83%) (82%)
Denominación del tipo de bosque	Bosque Mixto de Encino (BME)	Bosque de Roble Blanco (BRB)

(%) Valores de frecuencia de las especies constantes en el respectivo tipo de bosque.

- a) **Bosque Mixto de Encino (BME):** este tipo de bosque crece en el sitio edáfico físicamente menos favorable (presentándose escasez de oxígeno a causa de la alta saturación de agua en el suelo superior, durante la época lluviosa, mientras por otro lado, en las épocas secas el contenido de agua en el suelo es inferior a la capacidad de campo). El bosque muestra una diversidad relativamente alta en la composición de especies en pequeñas superficies (< 500 m<sup>2</sup>), pero la mezcla se mantiene más o menos igual a gran escala (4 ha), repitiéndose por lo tanto un mosaico similar de especies. Las distribuciones diamétricas del número de árboles y del área basal son propias de un bosque de selección (Figura 23), contando con árboles de todo tamaño tanto en superficies grandes (4 ha), como en superficies más pequeñas (200 - 500 m<sup>2</sup>). En el dosel inferior (< 7 m de altura) dominan bambúes o arbustos. El estrato arbóreo superior es dominado claramente, tanto en abundancia como en dominancia, por *Quercus costaricensis* y *Quercus copeyensis* con 86% del número de árboles. *Quercus copeyensis* ocurre frecuentemente en forma de grupos.

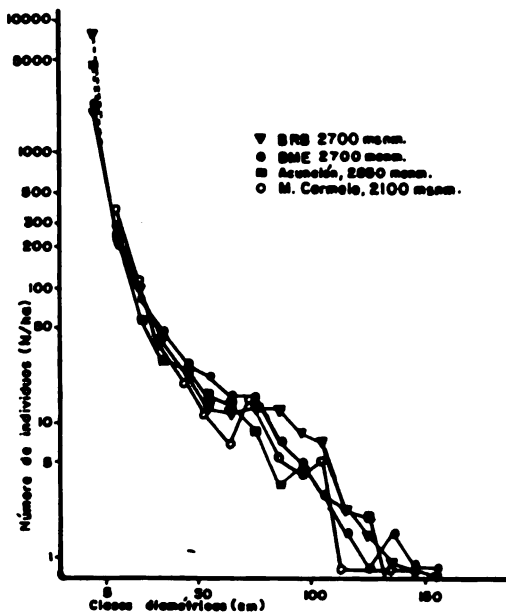


Figura 23. Distribución del número de individuos por clases diamétricas en representación semilogarítmica.  
Fuente: J. Blaser y M. Camacho, 1991.

- b) **Bosque de Roble Blanco (BRB):** este tipo de bosque se desarrolla sobre el sitio edáfico físicamente más favorable (no se observaron signos de saturación de agua en razón de su textura más favorable, por lo tanto la falta de aireación probablemente no constituye un factor limitante para la vegetación; además presenta menor riesgo de desecación en la época seca). Las distribuciones diamétricas del número de árboles y del área basal en superficies grandes son propias de un bosque de selección (Figura 23); sin



embargo, sobre pequeñas áreas (500 - 1 000 m<sup>2</sup>) se encuentran también tipos de distribución que parecen típicas de rodales viejos monoestratificados. En los estratos arbóreos, *Quercus copeyensis* domina claramente en el número de árboles con 56% (estrato inferior), 58% (estrato medio) y 98% (estrato superior). El dosel superior alcanza alturas a las que en el BME sólo los emergentes llegan (40 - 50 m).

#### 4.2.2 Condiciones de la regeneración natural

##### a) Abundancia y composición

En los dos tipos de bosque la regeneración natural es abundante (en modo especial la de *Quercus spp.*), encontrándose densidades sumamente altas comparadas con los valores mínimos deseables para el manejo de los bosques tropicales propuestos por Becerra (1971) (2 500 brinzales, 400 latizales y 100 arbolitos jóvenes por hectárea, respectivamente).

Un resumen de los datos más recientes sobre la regeneración natural de estos bosques (Blaser y Camacho, 1991; Sáenz, 1990; Räber, 1990) se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características de la regeneración natural en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica.

Altura	Características
< 0,5 m	24 000 N/ha de <i>Quercus copeyensis</i> (Sáenz, 1990)
0,5 - 2,5 m	BME : 7 465 N/ha (todas las especies) 448 N/ha ( <i>Quercus copeyensis</i> ) 3 732 N/ha ( <i>Quercus costaricensis</i> ) BRB : 7 794 N/ha (todas las especies) 4 910 N/ha ( <i>Quercus copeyensis</i> ) 0 N/ha ( <i>Quercus costaricensis</i> ) (Blaser, 1987)
2,5 - 7,0 m (BME)	56% del número de plántulas son del género <i>Chusquea spp.</i> (Bambú)
2,5 - 9,0 m (BRB)	75% del número de plántulas son del género <i>Chusquea</i> (Bambú) (Blaser, 1987)

La regeneración natural de robles tiende a ser más abundante donde se encuentran árboles padres de gran tamaño, productores de semillas (Blaser, 1987). Esta afirmación es sustentada también por Sáenz (1990) quien encontró en promedio 14,8 plántulas/m<sup>2</sup> bajo dosel y 7,3 plántulas/m<sup>2</sup> en aperturas grandes ( > 156 m<sup>2</sup>).

En las partes más abiertas del dosel superior del rodal en el BME se observa una tendencia marcada de retroceso de los robles a favor de otras especies arbóreas. Por otro lado en el BRB las partes más abiertas del rodal son menos colonizadas por especies arbóreas acompañantes de los robles. En éstas, el espacio está ocupado prácticamente en 100% por bambú, con desarrollo particularmente exuberante.

#### b) Crecimiento

En lo referente al crecimiento de la regeneración, se encuentra información generada por Sáenz (1990), quien determinó una tasa de crecimiento anual en altura de 6,9 cm/año en individuos de *Quercus copeyensis* menores a 0,5 m de altura.

Este crecimiento puede compararse con el de especies de bosques de las zonas bajas (por ejemplo *Pentaclethra macroloba*, con 6,5 cm/año para individuos menores a 0,5 m de altura, según Hartshorn (1972)).

Blaser (1991) menciona crecimientos diamétricos anuales en latizales, de 6 mm/año en el bosque explotado, 5 mm/año en bosque secundario y 5 mm/año en bosque primario.

Los mayores crecimientos son alcanzados por las especies heliófitas *Didymopanax* y *Magnolia* con 10 y 8 mm/año respectivamente, mientras los robles presentan crecimientos de 5 a 7 mm/año.

#### 4.2.3 Temperamento y características silviculturales de los *Quercus spp.*

Siendo los robles (*Quercus spp.*) las especies más abundantes, dominantes y constantes en los bosques considerados (Blaser, 1991) es indispensable conocer sus principales características y exigencias ecológicas, antes de abarcar la planificación del manejo forestal.

#### a) Grupo ecológico

Blaser (1991) hace referencia a la clasificación propuesta por Rollet (1979) para determinar el grupo ecológico de las especies que forman los robledales de altura, partiendo de la distribución diamétrica de la especie considerada. De acuerdo con esta clasificación, Blaser (1987) cataloga los robles como especie de semiluz (al igual que lo es *Quercus petraea* en Europa (Leibundgut 1970; Mayer 1984)).

#### b) Fenología

En un estudio fenológico de doce especies arbóreas de los robledales de altura, realizado en el área experimental del Proyecto SBN, se determinó en cuanto a la fenología de los *Quercus spp.* lo siguiente:

##### ■ *Quercus copeyensis*:

Floración: en períodos supranuales cada tres o más años, con nueve o más meses de duración por período.

Fructificación: en períodos supranuales.

Dispersión: períodos supranuales de caída de frutos, entre agosto y diciembre (aproximadamente cada tres años).

■ ***Quercus costaricensis*:**

**Floración:** en períodos supranuales, de nueve o más meses de actividad.

**Fructificación:** patrón supranatural de fructificación, con cosechas cada tres años.

**Dispersión:** período de caída de frutos entre agosto y junio (10 meses de duración).

Las semillas de los robles son muy pesadas, por lo que dicha característica hace que estas especies se presten bien para ser regeneradas bajo dosel protector.

c) **Arquitectura del árbol**

Los *Quercus* poseen una ramificación simpodial y baja dominancia apical, por lo tanto si crecen en rodales disetáneos desarrollan copas grandes, ramificación gruesa y trozas de baja calidad. Además, cuando los fustes son expuestos a la radiación solar directa, fácilmente forman ramas hepicórnicas que disminuyen la calidad de la madera.

d) **Características silviculturales**

Las investigaciones sobre el comportamiento silvicultural de los robles en Costa Rica se han empezado recientemente. Sin embargo, para especies del mismo género y con características ecológicas similares (*Quercus petraea*) en Europa se aplican las siguientes técnicas silviculturales:

- En cuanto a la regeneración natural de los robles, como ya se mencionó arriba, el peso de las semillas hace que estas especies se presten bien para ser regeneradas bajo dosel protector (ver Sección 3.2.2) en años semilleros. Sin embargo, las experiencias en Europa han demostrado la necesidad de una apertura rápida del dosel superior, una vez que las semillas hayan germinado. Sáenz (1990) determinó una supervivencia de la regeneración de *Quercus copeyensis* de 84% en aperturas y 78% bajo dosel, después de seis meses de observación, lo cual confirma la necesidad de una apertura rápida del dosel superior después de la germinación de las semillas.
- La regeneración natural a nivel de brinzales debe ser mantenida densa y homogénea. En esta etapa del crecimiento se realizan raleos en forma de una selección negativa, eliminando únicamente individuos de mala calidad.
- En el latizal bajo y sobre todo en el latizal alto se pueden realizar selecciones positivas, con las cuales se favorecen los candidatos que presentan las mejores características fenotípicas, eliminando la competencia causada por otras plantas.
- Debido a la tendencia de formar ramas hepicórnicas cuando los fustes son expuestos a la radiación solar directa, es necesario tener los fustes siempre bajo sombra. Esta condición se obtiene en rodales regulares con dosel inferior formado por otras especies tolerantes a sombra. De tal forma también se reduce la tendencia a desarrollar copas grandes, ramificación gruesa y trozas cortas de baja calidad, que se da en rodales disetáneos.

### 4.3 Importancia social y funciones del bosque

Una de las principales tareas para el planificador forestal es, en primer lugar, la evaluación correcta de las diferentes exigencias hacia el bosque de los diferentes grupos interesados y en segundo lugar la planificación forestal de tal forma que todas las demandas puedan ser satisfechas en forma óptima y perpetua (Pedroni, 1991a).

En el caso de los robledales de altura considerados, se presenta una situación un poco particular, por un lado por encontrarse los mismos en una reserva forestal y por otro lado por ser de propiedad estatal. Al contrario, de lo que sucede en una finca forestal privada, en donde la mayoría de los casos el manejo forestal se orienta únicamente a la generación de ganancias (lastimosamente casi siempre a corto plazo), el dueño de las tierras en cuestión, en este caso el estado, tiene que tomar en cuenta varios intereses, lo cual implica una detallada evaluación de los mismos y consecuente búsqueda de compromisos en el caso que se presenten situaciones conflictivas (por intereses poco compatibles entre ellos).

Los primeros en llamar la atención sobre el valor y la particular importancia de los bosques nublados fueron los ecólogos forestales y los biólogos, los cuales se interesaron especialmente en la composición y estructura de esta vegetación y en las especies endémicas de flora y fauna que los caracterizan muchos de ellos (Stadtmüller, 1986).

En los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca el interés principal de las organizaciones ecologistas consiste en el mantenimiento de su biodiversidad, tratando de proteger en modo especial a especies endémicas como *Podocarpus spp.* y *Magnolia spp.* en lo que se refiere a la flora y el Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) u otras aves, en lo que se refiere a la fauna.

En la protección de estos bosques también están firmemente interesados los pobladores del Valle Central de Costa Rica, debido a que la cobertura boscosa en cuencas altas tiene efectos favorables sobre el régimen hídrico (distribución, continuidad) y la calidad del agua, lo que tiene importancia particular para proyectos de agua potable y de producción de energía hidroeléctrica. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por ejemplo, asegura gran parte del abastecimiento de energía eléctrica del país con una represa ubicada en la zona considerada.

La deforestación de estos bosques causaría cambios problemáticos en el régimen hídrico de la zona. Por un lado se reducirían considerablemente los flujos de agua de los ríos en las épocas secas y se tendrían serios problemas por grandes flujos de agua en las épocas lluviosas. Por otro lado, perdiéndose la función protectora del bosque, aumentaría considerablemente el peligro de derrumbes y se causarían problemas en la calidad del agua.

Las consideraciones mencionadas hasta ahora resaltan sobretodo el interés en el mantenimiento de la cobertura forestal permanente por un lado y de su biodiversidad por el otro. Sin embargo, a pesar de la poca aceptación del *Quercus* en el mercado actual, la fuerte deforestación de los bosques de las tierras bajas habrá de conducir antes de la fin de siglo (Flores, 1985 citado por Pedroni, 1991b) a una escasez aguda de madera en el mercado nacional. De esta manera la demanda tendrá que ser cubierta parcialmente por los robledales de altura (Blaser, 1991) provocando un fuerte aumento de la presión sobre estos bosques, por parte de los madereros y de la industria forestal.

Al mismo tiempo hay que considerar que la población residente en los bosques de altura se dedica exclusivamente a actividades agropecuarias y forestales (Schübel, 1980 y Siles, 1980). Según un estudio de Hogervorst (1987) 30% de esta población está involucrada en la producción de carbón, 37% en extracción de madera aserrable, 100% en la extracción de leña y 11% en la producción de postes

para cerca. A lo largo de la Carretera Interamericana que bordea la Reserva Forestal, entre el Empalme y Villa Mills se fabrican los  $\frac{2}{3}$  del carbón vegetal del país (Salazar, 1986 citado por Pedroni, 1991b).

Estas consideraciones muestran una situación donde coexisten varios grupos interesados en el bosque con intereses contradictorios. Esto presenta un gran desafío para quien tiene que planificar un manejo forestal que concilie de la mejor forma posible todas estas demandas. Por un lado se pretende la protección casi absoluta del ecosistema forestal, mientras por otro lado hay que satisfacer la demanda de productos forestales (madera, leña, carbón, postes).

Varios autores han demostrado que la producción de madera no es inconciliable *a priori* con la necesidad de proteger una cuenca hidrográfica, con el mantenimiento de la fertilidad del suelo, o con la demanda de áreas de recreo (Subba Rao *et al.*, 1985; Bruijnzel 1990; Poels 1987). Muchos técnicos forestales de Europa Central comparten todavía una teoría (Kielwassertheorie) que considera la conservación del bosque en un estado ecológicamente estable y capaz de asegurar sus funciones protectoras como un producto colateral de un manejo diseñado con fines productivos (Pedroni, 1991a). Investigaciones silviculturales realizadas por el Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales en su área experimental de Villa Mills-Siberia, sugieren que aplicando técnicas cuidadosas para la extracción, se puede conciliar la producción forestal con el mantenimiento de la cobertura forestal permanente sin perjudicar la biodiversidad (Stadt Müller y aus der Beek, 1992). En modo especial se pueden cubrir las necesidades de productos forestales secundarios (leña, postes, carbón) a través de un aprovechamiento integral de los árboles volteados, incluyendo el uso de residuos forestales, como las ramas de las copas y tucas torcidas o malformadas no aptas para aserrío.

#### **4.4. Manejo sostenible de los robledales, basado en la regeneración natural**

##### **4.4.1 Aspectos silviculturales**

La condición silvicultural de partida de los robledales se puede considerar muy favorable para la implementación de un manejo con fines productivos, debido a la homogeneidad florística y estructural de estos bosques y a sus altos volúmenes de madera comercial. Sin embargo, como hemos observado en Acápite 4.3, la función de producción de madera no es más que una de las funciones de estos bosques. Más importante es la protección de la cuenca hidrográfica (régimen hídrico, erosión) por un lado, y por otro lado el mantenimiento de la biodiversidad, la generación de empleo y de productos para la población local.

Por lo tanto, el aprovechamiento forestal de estos bosques tendrá algunas restricciones debidas no tanto a la composición y estructura del bosque, sino más bien a la función que éste cumple.

Debido a que Costa Rica, como la mayoría de los países tropicales, no cuenta todavía con una larga tradición forestal, en este acápite se quiere proponer una alternativa para el manejo de los robledales, que sirva como punto de partida y que en el futuro pueda llegar a diferenciarse y perfeccionarse, conforme a las experiencias que los forestales vayan adquiriendo con el transcurso de los años.

La propuesta pretende ser inicialmente aplicable tanto en el BME como en el BRB. Si es necesario en el futuro, se llegará a una propuesta de manejo específica para cada tipo de bosque (por ejemplo la propuesta de Blaser y Camacho, 1991), pero lo importante es que eso se haga de acuerdo con la experiencia adquirida en el campo.

Tratándose de bosques primarios, que nunca han recibido ningún tipo de tratamiento, en primer lugar requieren de medidas silviculturales preparatorias, en 36

forma de "cortas de refinamiento" (Improvement Fellings) de acuerdo con Lamprecht (1986). En el caso de los robledales no será necesario cortar lianas, plantas enredaderas y especies arbóreas indeseadas, porque éstas no se encuentran. Por lo tanto, las cortas de refinamiento se simplifican a la extracción de los árboles sobremaduros, inclinados, cuya caída natural podría causar daños considerables al rodal circundante. Con base en la experiencia del Proyecto SBN, estas intervenciones afectarán un 10% del área basal existente, lo cual corresponde a una extracción en volumen efectivo de madera aserrable, de aproximadamente 15 m<sup>3</sup>/ha (según datos publicados por Stadtmüller y aus der Beek, 1992).

Como se mencionó en la Sección 4.2.1, ambos tipos de bosque (BMI y BRB) presentan una distribución de número de árboles por clase diamétrica, propia de un bosque de selección. Considerando esta situación de partida y además de la función de protección de los robledales y la importancia en mantener condiciones ecológicas constantes para no alterar la biodiversidad de su flora y fauna, el manejo forestal sostenible que mejor se presta para estos bosques seguramente es el basado en el método de selección (Sección 3.2.5). Sin embargo este método exige cortas relativamente ligeras, llevadas a cabo a intervalos frecuentes en todo el bosque, implicando elevados costos de extracción. También hemos mencionado la tendencia de los robles a desarrollar copas grandes, ramificación gruesa y trozas cortas de baja calidad, en rodales disetáneos y la necesidad entonces de manejarlos en rodales homogéneos.

Frente a esta situación conflictiva, se hace indispensable la búsqueda de un compromiso que pueda satisfacer de la mejor forma las dos condiciones mencionadas.

La solución que mejor se ajusta frente a esta situación de partida, consiste en mantener un bosque de selección, pero pasando de la mezcla individual de árboles de diferentes clases diamétricas a una mezcla de pequeños grupos de árboles (200-1000 m<sup>2</sup>) de determinada clase diamétrica. De esta forma es posible manejar los robles en pequeños colectivos y no como árboles individuales y al mismo tiempo no se estaría alterando demasiado la estructura del bosque actual.

En el caso de un Bosque de Roble Blanco no debería ser difícil lograr esta estructura, por ser muy semejante a la que ya se encuentra en el bosque primario (según Blaser, 1991). En el caso del Bosque Mixto de Encino se necesita más tiempo para alcanzar el objetivo mencionado, por presentarse en este sobre todo una mezcla individual de árboles de diferentes dimensiones.

En primer lugar se deben seleccionar en el campo, los diferentes colectivos de árboles de determinadas clases diamétricas. Estas clases diamétricas se establecerán directamente en el bosque, de acuerdo con las condiciones que se encuentren. Si se presenta un colectivo en el cual predominan árboles con diámetros (dap) entre 10-40 cm, está será la clase diamétrica considerada. En otro lugar, tal vez se encuentren grupos en que predominen árboles con diámetros entre 30-60 cm; en este caso se considerará ésta clase diamétrica. El ejemplo mencionado muestra que inicialmente se pueden presentar superposiciones entre las diferentes clases diamétricas seleccionadas. Al comienzo, esto no debe ser causa de preocupación. En el futuro, a través de selecciones silviculturales, se tratará de homogenizar estos colectivos y por lo tanto se obtendrá una delimitación más precisa de las distintas clases diamétricas.

Eligiendo los diferentes grupos de árboles en el campo, hay que tratar de repartir equitativamente la superficie de bosque en las diferentes clases diamétricas (para asegurar por ejemplo, una superficie de bosque con regeneración natural, aproximadamente igual a la superficie ocupada por árboles maduros, por regenerar).

Una vez definidos los diferentes colectivos de árboles en el bosque, se realizarán las respectivas intervenciones silviculturales, de acuerdo con los requerimientos de cada colectivo:

- En colectivos que presenten brinzales se realizarán raleos, aplicando una selección negativa, eliminando únicamente individuos de mala calidad.
- En colectivos que presenten latizales se realizarán raleos aplicando una selección positiva, con las cuales se favorecen los mejores individuos, eliminándoles la competencia provocada por otras plantas.
- En colectivos que presentan árboles de dap  $\geq 10$  cm se realizan raleos de acuerdo con las exigencias del caso, tratando de homogenizar la estructura de los mismos, sobre todo en cuanto a la distribución diamétrica de los árboles que los forman.  
Es recomendable favorecer el establecimiento de un dosel inferior de especies secundarias cuya función será la de mantener bajo sombra los árboles principales del dosel superior (robles) para mejorar la poda natural de los mismos y elevar su valor comercial. Los árboles que formarán este dosel inferior deben ser tolerantes a sombra y nunca deben entrar en competencia con los del dosel superior.
- En colectivos de árboles maduros, se empezará el proceso de regeneración natural. Para tal fin se considera más adecuado el sistema de regeneración bajo dosel protector (Sección 3.2.2). Dadas las condiciones favorables de regeneración natural ya establecidas, no será necesario aplicar una corta preparatoria, con el propósito de liberar los árboles padres. Encontrándose suficiente regeneración natural establecida, se puede proceder a la eliminación del dosel protector. Tratándose al principio de colectivos relativamente pequeños, la eliminación del dosel superior se puede efectuar con una sola cosecha, de tal forma se reduzcan los costos para la extracción y los daños.

#### 4.4.2 Sostenibilidad del manejo

Un manejo forestal se considera sostenible si asegura una producción de madera, de beneficios intrínsecos y de otros bienes en forma perpetua y óptima (Pedroni, 1991a) para las generaciones presentes y futuras.

En la Sección 4.3 se enfocó la importancia social y las funciones de los bosques considerados. A continuación se trata, entonces, de evaluar el posible efecto que el manejo propuesto puede tener sobre las funciones del bosque.

##### a) Sostenibilidad de la producción de madera

La estructura del bosque, el volumen de madera comercial y respectivo crecimiento, son los parámetros más representativos para verificar la sostenibilidad de un manejo forestal, en cuanto a la producción de madera. La cuantificación de estos parámetros se obtiene a través de inventarios a efectuarse periódicamente en parcelas de control permanente. Estos mismos inventarios permiten averiguar el cambio en composición florística, provocados por las intervenciones silviculturales.

Por lo que se refiere a la estructura del bosque, aunque se quiere homogeneizarla (formando pequeños colectivos de árboles del mismo tamaño), a gran escala se pretende mantener la distribución diamétrica típica de un bosque de selección. Las intervenciones silviculturales previstas se realizan en colectivos de todas clases diamétricas, por lo tanto se puede ajustar fácilmente la estructura del bosque hacia el objetivo mencionado.

La sostenibilidad, en cuanto a volumen de madera comercial, se garantiza aprovechando un volumen de madera por hectárea y por unidad de tiempo, que corresponda al crecimiento volumétrico del bosque, en el lapso de tiempo definido. Sin embargo, el crecimiento varía como respuesta a las intervenciones silviculturales y por lo tanto tiene que ser reevaluado después de realizar cada inventario en las parcelas permanentes (cada 5-10 años). Para iniciar, se puede considerar un crecimiento (y respectivo aprovechamiento) de 4 m<sup>3</sup> por hectárea y por año, de acuerdo con las estimaciones realizadas por el Proyecto SBN.

Cabe destacar que la madera en rollo (madera para aserrío) no es el único producto forestal que se obtiene a través de una intervención silvicultural en el bosque (aunque los madereros actualmente se limitan únicamente a eso). En la Sección 4.3 se mencionó la importancia que los robledales de altura tienen para las comunidades campesinas de la zona, en cuanto a la producción de leña, carbón y postes. Resultados preliminares de un ensayo silvicultural realizado por el Proyecto SBN en su área experimental de Villa Mills-Siberia (Cordillera de Talamanca, Costa Rica), demuestran que un aprovechamiento integral de los árboles eliminados con una intervención silvicultural, permite sacar un volumen en leña y postes de cinco a seis veces superior al volumen extraído en madera en rollo, si se aprovecha las ramas de las copas de los árboles talados (Stadtmüller y aus der Beek, 1992). De tal forma se estarían satisfaciendo plenamente las exigencias de la población campesina de la zona, ofreciendo además posibilidades de empleo para la elaboración de los productos forestales mencionados.

b) Sostenibilidad de las funciones protectoras

La sostenibilidad de estas funciones es más difícil de evaluar, ya que no se tienen parámetros cuantitativos para definirla.

Sin embargo, el bosque de selección puede considerarse como el bosque más apto para cumplir con la función de protección, con el fin de impedir la erosión y los derrumbes de tierra, o con el fin de regular cursos de agua y además garantizar el mantenimiento de una cobertura boscosa permanente.

c) Sostenibilidad de la biodiversidad

En los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, el interés principal de las organizaciones ecologistas consiste en la protección en modo especial de especies endémicas como *Podocarpus spp.* y *Magnolia spp.* en lo que se refiere a la flora y el quetzal (*Pharomachrus mocinno*) y otras aves, por lo que se refiere a la fauna.

Un aspecto importante del manejo sostenible de los robledales, además del mantenimiento de una estructura similar a la de un bosque de selección, es la conservación de su composición florística. Al contrario de los robles, la densidad de la regeneración natural existente de otras especies, específicamente de *Podocarpus*, *Weinmannia*, *Nectandra*, *Drimys* y *Magnolia*, no es suficiente para garantizar su conservación a largo plazo. Estas especies requieren, por lo tanto, particular atención silvicultural y mayor prioridad en comparación con los robles. Con el propósito de asegurar su representatividad dentro del bosque, en los claros ya presentes se pueden plantar especies más exigentes en cuanto a luz, como *Podocarpus* (a lo largo de quebradas) *Magnolia*, *Cleyera* y *Scheffera*. Al mismo tiempo se recomienda mantener y favorecer estas especies en los estratos arbóreos, aunque los árboles presentes no siempre tengan las calidades deseadas.



Las especies más tolerantes a sombra, como *Phoebe*, *Weinmannia*, *Drimys* y *Ocotea*, pueden utilizarse para formar un dosel inferior en los pequeños colectivos de árboles, para favorecer la poda natural y mejorar la calidad de los fustes de los robles que forman el dosel superior.

En cuanto a la fauna, el interés principal se dirige al quetzal (*Pharomachrus mocinno*). Su protección se puede lograr, por un lado, dejando en pie árboles muertos (o fustes de árboles muertos) requeridos por esta especie para nidificar. Por otro lado hay que garantizar la conservación de especies forestales como ira (*Ocotea spp.*) cuyos frutos son fundamentales para la alimentación de estas aves.

## **5. CONCLUSIONES**

A pesar que existe un gran número de opciones para el manejo forestal ecológicamente sostenible, en los países tropicales se siguen observando tasas de deforestación muy elevadas.

Una de las principales causas de la lamentable situación que actualmente enfrenta el recurso forestal, ha sido la incapacidad de reconocer y valorar el trabajo que la naturaleza brinda al servicio de la humanidad.

La regeneración natural, por ejemplo, puede considerarse como un proceso natural que el ecosistema forestal permite aprovechar gratuitamente. Sin embargo, el manejo forestal basado en la regeneración natural, no sólo permite ahorrar gastos de instalación y mantenimiento de viveros o plantaciones forestales, sino también garantiza, a través de una larga selección natural, una composición florística del bosque, que mejor se presta para determinadas condiciones de sitio.

El manejo forestal que se considere ecológicamente sostenible, no sólo debe garantizar el mantenimiento de la regeneración natural, sino también debe permitir su estimulación aplicando adecuadas intervenciones silviculturales. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, existen varios métodos de manejo forestal ecológicamente sostenible y una infinidad de posibilidades de variación o combinación de los mismos. Siendo los ecosistemas forestales diferentes unos de otros y los objetivos del manejo que se les quiere aplicar muy distintos (de acuerdo con las funciones que el bosque tiene que cumplir) no se puede pretender definir un manejo forestal sostenible "universal", o sea aplicable a cualquier tipo de bosque. Cada propuesta de manejo tiene que ser perfeccionada de manera que se adapte a las condiciones específicas de cada bosque, de acuerdo con las experiencias prácticas adquiridas en el campo.

Por otro lado, existen ciertos principios básicos por considerarse, cualquiera que sea el manejo que se pretenda aplicar (Pedroni, 1991a):

**Primer principio: silvicultura basada en procesos naturales**

La conservación de un ecosistema forestalmente productivo requiere de intervenciones silviculturales para mantener o estimular los procesos naturales productivos del ecosistema, entendiéndose como procesos naturales:

- crecimiento en biomasa
- dispersión de semillas
- establecimiento y desarrollo de la regeneración natural

**Segundo principio: ordenación forestal a mediano y largo plazos**

La conservación de un ecosistema forestalmente productivo requiere de una planificación forestal a mediano y largo plazo: la ordenación forestal.

**Tercer principio: extracción cuidadosa**

La conservación de un ecosistema forestalmente productivo, es posible solamente si se aplican técnicas cuidadosas de extracción, que reduzcan a un mínimo los daños a los árboles que permanecen en pie, a la regeneración natural y al suelo.

En el caso de los robledales de altura de Costa Rica, el manejo forestal tiene que considerar varias limitaciones de carácter ecológico (por la fragilidad de ecosistemas forestales en laderas con fuertes pendientes), de carácter político-administrativo (por ser reserva forestal y por la presión que la industria maderera ejerce sobre el recurso forestal) y de carácter socio-económico (por la importancia que los productos forestales y su elaboración tienen para la población campesina de la zona).

Tomando en cuenta en modo especial la función de protección de los robledales de altura, además de su composición florística y estructura actual, en este documento se presenta una alternativa para su manejo, basada en el método de bosque de selección, pasando de una mezcla individual de árboles de diferentes clases diamétricas a una mezcla en pequeños grupos de árboles de misma clase diamétrica.

A través de este manejo se trata de tomar en cuenta y satisfacer a mediano y largo plazo, de la forma más completa las exigencias de una compleja sociedad. Sin embargo, la falta de una larga tradición forestal en este país como en la mayoría de los países tropicales, implica, sobretudo al comienzo, una intensa observación de la reacción del bosque a las intervenciones propuestas, para ir perfeccionándolas y diferenciándolas con el pasar del tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEXANDRE, D.Y. 1979. De la regeneration naturelle a la sylviculture en foret tropicale. s.n.t. s.p.
- ALFARO, M. 1990. Estudio de caso sobre la rentabilidad y el uso óptimo de recursos en las plantaciones forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE, 162 p.
- AUGSPURGERS, C.; KELLY, C. 1984. Pathogen mortality of tropical tree seedling: experiment studies of the effects of dispersal distance, seedling density, and light conditions. *Ecologia* 61: 211-217.
- BACHMANN, P. 1990. Forsteinrichtung and Walderhaltung Schweiz. Z. Forstwesen (Suiza) 415-430.
- BARNARD, R.C. 1955. Silviculture in the tropical rain forest of Western Nigeria comparaded with Malayan Methods. *Malayan Forester (Malasia)* 18: 173-190.
- \_\_\_\_\_. 1956. Recruitment, survival and growth of timber-tree seedling in natural tropical rain forest. *Malayan Forester (Malasia)* 19(3):156-161.
- BECERRA, J. 1971. Algunas consideraciones para la ordenación de un bosque heterogeneo natural en la zona húmeda tropical. Tesis Mag. Sc., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. 135 p.
- BERNER, P.O. 1988. El manejo sostenible de bosques naturales en el neotrópico: ¿una meta alcanzable? *El Chasqui (C.R.)* no 18:2
- \_\_\_\_\_. 1989. Investigación en manejo forestal y agroforestal: el enfoque científico en el contexto de una carrera contra el reloj. *El Chasqui (C.R.)* no 21: 4-5.
- \_\_\_\_\_.; STADTMÜLLER, T. 1988. Naturnaher waldbau in Bergwäldern der feuchten Tropen: Erfahrungen, Probleme und Perspektiven. *Schweiz. Z. Forstwesen* 139. 12: 1031-1044.
- BISCHOFF, N. 1984. Pflege des Gebirgswaldes. Bundesamt für Forstwesen und Landschaftschutz Bern, s.l. Suiza, s.n. 377 p.
- BLASER, J. 1987. Standortliche und Waldkundliche Analyse eines Eichen-Wolkenwaldes (*Quercus* spp) der Montanstufe en Costa Rica. *Gottinger Beitrage zur Land-und forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, Göttingen (Alemania)*.
- \_\_\_\_\_.; CAMACHO, M. 1991. Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus spp.*) del piso montano en Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 185. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 1. 68 p.
- BORCHERT, M. *et al.* 1989. Interactions of factors affecting recruitment of blue oak (*Q. douglasii*) in California. *Ecology (EE.UU.)* 70(2): 389-440.
- BRUIJNZEL, L.A. 1982. Hydrological and biogeochemical aspects of man-made forest in South-Central Java. P.h.D. Thesis, Indonesia. 250 p.
- BUDOWSKI, G. 1961. Studies on forest succession in Costa Rica and Panamá. P.h.D. Thesis. . New Haven, Conn., EE.UU. Yale University. 189 p..
- \_\_\_\_\_. 1965. Sistemas de regeneración de los bosques de bajura en la América tropical. *Caribbean Forester (P.R.)* 17(3-4): 53-75.

- CAMACHO, A.M. 1980. Estudio fenológico de doce especies arbóreas de los bosques montanos del sector noroccidental de la Cordillera de Talamanca. s.p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA; COMISIÓN CENTROAMERICANA DE AMBIENTE Y DESARROLLO. 1991. Plan de Acción Forestal Tropical para América Central: Bibliografía. CATIE. Serie Bibliotecología y Documentación. Bibliografía, no. 19. 600 p.
- CLARK, D.A.; CLARK, D.B. 1987. Análisis de la regeneración de árboles del dosel en bosque muy húmedo tropical; aspectos teóricos y prácticos. In Clark, D.A.; Dirzo, R.; Fetcher, N. (eds). Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos. Revista de Biología Tropical (C.R.) 35, (Suplemento 1): 41-54.
- COSTA RICA. MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES, ENERGÍA Y MINAS. 1990. Plan de Acción Forestal para Costa Rica: documento base. San José, C.R., s.n. 50 p.
- \_\_\_\_\_. 1991. Plan de Acción Forestal para Costa Rica, análisis del financiamiento a programas y proyectos del subsector recursos naturales. San José, C.R., s.n. 33 p.
- ETHERINGTON, J. 1982. Environment and plant ecology. Chichester, N.Y., EE.UU., John Wiley, 201 p.
- EVANS, G.L. 1956. An area survey method of investigating the distribution of light intensity in woodlands with particular reference to sunflecks. Journal of Ecology (G.B.) 44: 391-428.
- FINEGAN, B. 1991a. Bases Ecológicas de la Silvicultura y la Agroforestería. Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales (4, 1991, Turrialba, C.R.) CATIE. s.p.
- \_\_\_\_\_. 1991b. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 188. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 5. 29 p.
- \_\_\_\_\_. 1992. Bases ecológicas para la silvicultura. I Tema. Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales (5, 1992., Turrialba, C.R.). Turrialba, C.R., CATIE. 171 p.
- \_\_\_\_\_.; SABOGAL, C. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. El Chasqui (C.R.), no. 17:3-24.
- FOGGIE, A. 1960. Natural regeneration in the humid tropical forest. In World Forestry Congress 5th. University of Washington Seattle, Washington Aug.29 - Sept.10 1960. p. 1941-1946.
- FOWELLS, H.A. 1965. Silvics of forest trees of the United States. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Washington. 762 p.
- GÓMEZ-POMPA, A. *et al.* 1976. Regeneración de selva. México, D.F., Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 676 p.
- GRAAF, N.R. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Holanda, Agricultural University. 250 p.

- GRIFFIN, J. 1971. Oak regeneration in the Upper Cramel Valley, California. *Ecology* (EE.UU.) 52(5):862-868.
- GRIME J.P.; JEFFREY, D.W. 1965. Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *Journal of Ecology* (G.B.) 53: 621-642.
- HAMILTON, L.S.; KING, P.N. 1983. Tropical forested watersheds: hydrologic and soils response to major uses or conversions. Boulder, Colo., EE.UU., s.n. 168 p.
- HARTSHORN, G.S. 1972. The ecology life history and population dinamic of *Pentaclethra macroloba*, a tropical wet forest dominant and *Styphnodendron excelsum* an ocasional associate. Thesis Doctor. s.l., EE.UU. University of Washington. 119 p.
- HAWLEY, R.; SMITH, D.F. 1982. *Silvicultura práctica*. s.l., España, Ediciones Omega. 544 p.
- HOGERVORST, C.A. 1987. Socio-economic conditions in the region of Villa Mills. Preliminary Study. CATIE, Turrialba, C.R. 34 p. s.p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1971. Forest environments in tropical life zones. Oxford, Pergainen Press. 747 p.
- JONKERS, W.B.J. 1987. Vegetation structure, logging damage and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Holanda,s.n. Agricultural University. 172 p.
- KIEZMER, V. 1967. Das Microklima der Kieferlochkahlschläge. *Wetter und Leben*.p. 107-115, 203-214.
- LAMPRECHT, H. 1986. *Waldbau in den Tropen*. Institut für Waldbau der Universität Göttingen, Hamburgo, Alemania, Verlag Paul Parey, 318 p.
- \_\_\_\_\_. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Eschborn, Alemania, Cooperación Técnica República Federal de Alemania. 335 p.
- LATT, N. 1992. Können unsere Laubmischwälder plenterartig bewirtschaftet werden? *Schweiz Zeitschrift. Forstwesen* (Suiza). 143 (192) 6:417-430.
- LEIBUNDGUT, 1970. *Die Ökologie als Grundlage eines zeitgemässen Waldbaues*. Canada, Universität Laval. 5p.
- \_\_\_\_\_. 1981. *Die natürliche Waldverjüngung*. Haupt. Stuttgart, Alemania, s.n. 107 p.
- \_\_\_\_\_. 1990. *Entwicklungslinien zum naturnahen Waldbau Schweiz*. *Zeitschrift. Forstweswn*, (Suiza) 141 (190) 6:491-498.
- LONGMAN K.A.; JENIK J., 1987. *Tropical forest and its environment*. EE.UU. Longman Scientific & Technical. p. 40-47, 258-259.
- MAYER, H. 1984. *Waldbau*. 3 neu bearbeitete Auflage. Stuttgart. N. Y., EE.UU. Gustav Fischer Verlag, 513 p.
- NICHOLSON, D.I. 1958. Natural regeneration of logged tropical rain forest, North Borneo. *Malayan Forest* (Malasia) 21: 65-71.
- OROZCO, L. 1991. Estudio ecológico y de estructura horizontal de seis comunidades boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 176. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 2. 34 p.

- PEDRONI, L. 1991a. Conservación y producción forestal: aspectos para su conciliación en el marco de un manejo sostenible. *El Chasqui* (Costa Rica) no. 27: 7-22.
- \_\_\_\_\_. 1991b. Sobre la producción de carbón en los robledales de altura de Costa Rica. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico no. 178. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 3. 27 p.
- POELS, R.L.H. 1987. Soils, water and nutrients in a forest ecosystem in Suriname. Wageningen, Holanda. Agricultural University. 253 p.
- RÄBER, C. 1990. Regeneración natural sobre árboles muertos en un bosque nublado de Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 177; Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales No. 4. 28p.
- RAO, Y.S. *et al.*, 1985. Community forestry: building success through people participation. *Unasylva* (Italia) 37(1):147,29-35.
- ROLLET, B. 1980. Organización. In *Ecosistemas de los bosques tropicales: informe sobre el estado de conocimientos*. Roma, UNESCO/PNUMA/FAO. p. 126-162.
- ROUSSEL, L.M. 1972. *Photologie Forestière*. Paris, Francia, 144 p.
- SAENZ, G.P. 1990. Densidad y dinámica de plántulas de *Quercus copeyensis* bajo dosel y en aperturas en el primer año después de la germinación en los robledales de Villa Mills, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 83 p.
- SCHUBEL, R.J. 1980. The human impact on a montane oak forest in Costa Rica. Ph.D. Thesis. California, EE.UU., University of California. 144 p.
- SCHUTE, J.P. 1967. La regeneración natural de la selva mesofítica tropical de Surinam después de su aprovechamiento. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín no. 23, p. 3-27.
- SCHÜTZ, J.P. 1982, Vorlesung Waldökologie. Eidgenössische Technische Hochschule, Abt. Forstwirtschaft, Zürich (Suiza). s.p.
- \_\_\_\_\_. 1984. Vorlesung Waldbau I-V, Eidgenössische Technische Hochschule, Abt. Forstwirtschaft, Zürich (Suiza), s.p.
- \_\_\_\_\_. 1990. Heutige Bedeutung und Characterisierung des naturnahen Waldbaus. *Schweiz Zeitschrift Forstwesen*. pp. 609-614. (Suiza)
- \_\_\_\_\_. 1992. Die waldbaulichen Formen und die Grenzen der Plenterung mit Laubbaumarten. *Schweiz. Zeitschrift Forstwesen*, 143 (192) 6: 442-460.
- SILES, G. 1980. Estudio socio-económico y técnico de productores de carbón, recolectores de mora y lana en la reserva de Río Macho y Los Santos. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico no. 10. p. 1-29.
- STADTMÜLLER, T. 1986. Los Bosques nublados en el trópico húmedo: una revisión bibliográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 85 p.
- \_\_\_\_\_.; AUS DER BEEK, R. 1992. Development of forest management techniques for tropical high mountain primary oak-bamboo forest. Oxford Conference on Tropical Forest, Oxford 1992, Voluntary paper.
- STERRINGA, J. 1974a. Escogencia de la regeneración más apropiada. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 17-70

- \_\_\_\_\_. 1974b. Factores ambientales importantes para la regeneración natural. Turrialba, C.R., CATIE. 9 p.
- TROENSEGAARD, J. 1971. Sistemas silviculturales y métodos de producción CENCAFOR, Servicio Forestal del Ecuador. 58 p.
- UNITED STATES OF AMERICA. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. FOREST SERVICE. 1965. Silvics of forest trees of the United States. Compilado por H.A. Fowells, USDA. Agriculture Handbook no. 271. 762 p.
- WEBB, L.; TRACEY, J.; WILLIAMS, W. 1972. Regeneration and pattern in the subtropical rain forest. *Journal of Ecology* (G.B.) 60: 675-695.
- WEST, D.; SHUGART, H.; BOTKIN, D. 1981. *Forest Succession Concepts and Application*. Springer-Verlag, New York, USA. 517 p.
- WHITMORE, T.C. 1984. *Tropical rain forests of the Far East*. 2. ed. Oxford, G.B., Clarendon Press. 352 p.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE : INTERNATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. 1990. *World resources 1990-91*. Oxford, G.B., Oxford University Press. 383 p.

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece en modo particular a Thomas Stadtmüller por el aporte brindado durante toda la elaboración del documento y por las valiosas sugerencias aportadas en su revisión final.

Se agradece al Ph.D. Bryan Finegan, al Ph.D. Arnim Bonnemann y al Msc. Lucio Pedroni por la revisión del documento y las recomendaciones ofrecidas.

También se dan las más sinceras gracias al Diplomado Alvaro Chaves por la paciencia y el apoyo en el trabajo de computación.



**Publicación del Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales (COSUDE), editado por INFORAT/CATIE.**

<b>Coordinadora de INFORAT:</b>	<b>Claudia Monge</b>
<b>Editor:</b>	<b>Emilio Hidalgo de Caviedes</b>
<b>Revisión Bibliográfica:</b>	<b>Carlos Granados</b>
<b>Dibujos:</b>	<b>Robin aus der Beek</b>
<b>Diseño Artístico de la Portada:</b>	<b>Lucio Pedroni</b>
<b>Diseño Gráfico de la Portada:</b>	<b>Roy García</b>
<b>Levantado de Texto:</b>	<b>Grace Sáenz Robin aus der Beek</b>
<b>Composición e Impresión en láser:</b>	<b>Alvaro Chaves</b>
<b>Montaje Artes Finales:</b>	<b>Varitec S.A.</b>
<b>Impreso en los talleres gráficos de Varitec S.A.</b>	
<b>Edición de 650 ejemplares</b>	
<b>Se terminó de imprimir en el mes de noviembre, 1992</b>	

## **Títulos de la Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales**

- 1. Blaser, J.; Camacho, M.  
1991** Estructura, Composición y Aspectos Silviculturales de un Bosque de Roble (*Quercus* spp.) del Piso Montano en Costa Rica
- 2. Orozco, L.  
1991** Estudio Ecológico y de Estructura Horizontal de seis Comunidades Boscosas de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica
- 3. Pedroni, L.  
1991** Sobre la Producción de Carbón en los Robledales de Altura de Costa Rica
- 4. Råber, C.  
1991** Regeneración Natural sobre Árboles Muertos en un Bosque Nublado de Costa Rica
- 5. Finegan, B.  
1992** El Potencial de Manejo de los Bosques Húmedos Secundarios Neotropicales de las Tierras Bajas
- 6. Beek, aus der R.; Sáenz, G.  
1992** Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica