



BOLFOR

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible

SELECCION DE PRACTICAS SILVICULTURALES PARA BOSQUES TROPICALES

MANUAL TECNICO

(Segunda edición corregida y aumentada)

**BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y la
Secretaría Ejecutiva de PL480**

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible

SELECCION DE PRACTICAS SILVICULTURALES PARA BOSQUES TROPICALES

MANUAL TECNICO

(Segunda edición corregida y aumentada)

**Juvenal Valerio
Cynthia Salas**

*Santa Cruz, Bolivia
1998*

Copyright©1998 by
Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)

Las opiniones y juicios técnicos expresados en los informes del Proyecto BOLFOR, son emitidos por los consultores contratados por el proyecto y no reflejan necesariamente la opinión o políticas de la Secretaría Ejecutiva del PL480 o de USAID

Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)
Cuarto Anillo, Av. 2 de Agosto
Casilla # 6204
Santa Cruz, Bolivia
Fax: 591-3-480854
Tel: 480766-480767
Email: bolfor@bibosi.scz.entelnet.bo

Citación: BOLFOR; Valerio Juvenal; Salas Cynthia. 1997. Selección de Prácticas Silviculturales para Bosques Tropicales. Santa Cruz, Bolivia

DISEÑO/DIAGRAMACION: DELICIA GUTIERREZ

Para la reproducción o traducción íntegra o en parte del manual se debe solicitar autorización al Proyecto BOLFOR.

Impreso en Editora El País
Dirección: Campero 250
Teléfono 343996
Santa Cruz, Bolivia

Impreso en Bolivia - Printed in Bolivia

Presentación

Este documento es una guía silvicultural para complementar al curso “Selección de Prácticas Silviculturales para Bosques Tropicales”.

El curso está dirigido a profesionales forestales o afines, con experiencia previa o que estén trabajando en el manejo de bosque natural. El objetivo es aplicar criterios ecológicos y económicos en la selección y determinación de la intensidad de tratamientos silviculturales, incluyendo la cosecha.

Los temas desarrollados incluyen criterios ecológicos, la aplicación e interpretación de los resultados de muestreos silviculturales; operaciones, tratamientos y sistemas silviculturales. Estos aspectos permitirán tomar decisiones acertadas para el manejo del bosque.

Con la presentación de este material y del curso se busca contribuir a los profesionales y técnicos forestales bolivianos en la toma de decisiones para la planificación del manejo sostenible del bosque.

Este material ha sido preparado por los autores principalmente en base a las investigaciones y experiencias desarrolladas en el Departamento de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Mediante la participación del Ing. Valerio en diferentes consultorías con el Proyecto BOLFOR y la contribución del personal local de dicho proyecto, en especial los Ing. Freddy Contreras y William Cordero, este material se ha adaptado en lo posible a las condiciones de Bolivia.

Esta segunda edición es precisamente el resultado de incorporar en esta guía más y mejor información sobre Bolivia. También es el reflejo de los avances del sector forestal boliviano y de los resultados de investigaciones aplicadas desarrolladas en Bolivia y en Costa Rica.

Ing. John B. Nittler
Jefe de Equipo

INDICE DE TEMAS

	Página
BASES ECOLOGICAS.....	1
Estructura Horizontal.....	2
Estructura Vertical.....	6
Grupos Ecológicos de Especies.....	11
Estrategia de Perpetuación.....	14
Dinámica de Poblaciones.....	18
Silvigénesis.....	22
<i>Bosque Secundario</i>	23
Crecimiento.....	24
<i>Crecimiento como Producto de dos Fuerzas Opuestas</i>	25
MUESTREO SILVICULTURAL.....	29
Historia del Muestreo Silvicultural.....	29
Determinación de Líderes Deseables.....	32
Tipos de Muestreo Silvicultural Recomendados.....	32
Determinación de las Posiciones de Copa.....	32
Planificación del Muestreo Silvicultural.....	35
Resultados.....	36
<i>Determinación de la Abundancia</i>	36
<i>Determinación de la Frecuencia</i>	38
<i>Líderes Deseables por Posición de Copa y</i> <i>Clase Diamétrica</i>	40
Aplicación de la Información del Muestreo Silvicultural.....	47
SISTEMAS SILVICULTURALES.....	49
TRATAMIENTOS SILVICULTURALES.....	59
Tipos de Tratamientos.....	59
<i>Aprovechamiento</i>	60
<i>Liberación</i>	62
<i>Refinamiento</i>	63
<i>Mejora</i>	66
Intensidad de la Aplicación de Tratamientos.....	67
OPERACIONES SILVICULTURALES.....	69
TOMA DE DECISIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	75

INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea. Estratos C1 y C3. Lomerío - Santa Cruz, Bolivia.....	5
2. Distribución vertical de las características microclimáticas y de la concentración de árboles en los diferentes niveles del perfil. Adaptado de Buorgeron, (1983).....	9
3. Esquema del umbral lumínico para las etapas de desarrollo de las diferentes especies.....	12
4. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea de curupaú (4a) y de momoqui (4b). Lomerío - Santa Cruz, Bolivia.....	19
5. Curva de incremento diamétrico según disponibilidad de la luz. <i>Qualea paraensis</i> . Península de Osa, Costa Rica.....	20
6. Curvas de incremento diamétrico según disponibilidad de la luz <i>Peltogyne purpurea</i> . Península de Osa, Costa Rica.....	21
7. Curvas de incremento diamétrico, especies comerciales, potenciales y no comerciales. Lomerío - Santa Cruz-Bolivia.....	27
8. Posiciones de copa. Adaptado de Alder y Synnott, (1992).....	34
9. Resumen de Sistemas Silviculturales.....	58
10. Relación entre la intensidad de los tratamientos y el incremento individual y del rodal.....	67

INDICE DE CUADROS

	Página
1. Distribución de la abundancia de especies comerciales y no comerciales expresada por hectárea. Finca 1, Región Huetar Norte, Costa Rica.....	37
2. Distribución del área basal de las especies comerciales y no comerciales por categoría de diámetro, expresada por hectárea (m ² /ha). Finca 1 Región Huetar Norte, Costa Rica.....	38
3. Distribución de la frecuencia de las especies comerciales por categoría de diámetro. Finca 1. Región Huetar Norte, Costa Rica.....	39
4. Distribución de los deseables sobresalientes por clase de diámetro y posición de copa expresada por hectárea. Finca 1. Región Huetar Norte, Costa Rica.....	41
5. Distribución diamétrica de la abundancia y área basal por grupo de especie y por hectárea. Finca 2. Región Huetar Norte, Costa Rica.....	42
6. Distribución diamétrica de la frecuencia. Finca 1. Región Huetar Norte, Costa Rica.....	43
7. Distribución diamétrica de los líderes deseables por posición de copa Finca 2. Región Huetar Norte, Costa Rica.....	44
8. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea para especies comerciales y no comerciales. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica. 1995.....	44
9. Distribución diamétrica del área basal para especies comerciales y no comerciales por categoría de diámetro, expresada en m ² /ha. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica.....	45
10. Distribución diamétrica de la frecuencia de especies comerciales. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica.....	45
11. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea por posición de copa para los líderes deseables. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica.....	46

INDICE DE CUADROS

continuación.....

	Página
12. Número de árboles para aprovechar, por especie, correspondientes a las posibles intensidades de cosecha. Bosque de Bajura Inundable, Reserva Forestal El Choré, Bolivia.....	61
13. Número de árboles para aprovechar, por especie, por clase de diámetro. Intensidad 15%. Bosque de Bajura Inundada, Reserva Forestal El Choré, Bolivia.....	61

1

BASES ECOLOGICAS

El manejo del bosque natural tropical se inicia a mediados del siglo pasado, en Birmania, luego en Africa y Malasia, actualmente en todo el trópico se ha intentado manejar o al menos aprovechar el bosque. Los resultados de estos esfuerzos han sido tan diversos como lo son las condiciones ecológicas, culturales, políticas y económicas en las que se han desarrollado.

Se acepta que en la mayoría de los casos en los que no se ha logrado éxito en la producción sostenible de madera en el trópico, se debe más a causas de orden económico, político o social, que a desaciertos silviculturales o limitaciones ecológicas. De todos modos existen lecciones aprendidas, tanto de los casos que fracasaron como de los exitosos:

- La estructura original del bosque es la mejor respuesta del ecosistema ante las características del clima y del suelo.
- Existen procesos (silvigénesis), que tienden a mantener la estructura irregular original del bosque.
- El concepto de especies comerciales, es estrictamente artificial y no corresponde con los procesos naturales de silvigénesis ni de evolución.
- La dinámica de cada una de las diferentes poblaciones se caracteriza por presentar estrategias propias de autoperpetuación, de acuerdo con las características y requerimientos del temperamento de las especies.
- Si una población se disminuye por debajo de límites críticos que no conocemos, se limita su capacidad para evolucionar y adaptarse a condiciones cambiantes, e incluso para mantener su presencia en el ecosistema.
- La heterogeneidad del bosque mixto tropical es una ventaja, ya que garantiza la estabilidad del ecosistema.

Los sistemas silviculturales deben responder a las características ecológicas del bosque, a las necesidades, gustos y preferencias de la población meta, a las restricciones y lineamientos legales vigentes y a la disponibilidad de recursos, tanto económicos como de capacidad técnica, humana e instrumental. Por esto no es conveniente “copiar” un sistema, lo recomendable es diseñarlo para las condiciones particulares del caso (Hutchinson, 1993).

La silvicultura de bosque natural es la aplicación de los principios ecológicos, necesarios para comprender los procesos naturales y para determinar, algunas veces sólo intuir, las posibles modificaciones de la estructura y función del ecosistema, para satisfacer las expectativas económicas actuales, sin amenazar la posibilidad de satisfacer las futuras.

Estructura Horizontal

Se entiende por estructura horizontal al arreglo espacial de los organismos, en este caso árboles. Este arreglo no es aleatorio, pero sigue modelos complejos que lo hacen ver como tal. En los bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de individuos por clase de diámetro. Algunas especies presentan una distribución de jota invertida. Otras no parecen presentar una tendencia identificable en su distribución debido a sus propias características.

2

Los factores que determinan la presencia de un árbol, de una especie y edad determinadas son (Hartshorn, 1980):

- **Presencia de una semilla** en el lugar y momento oportunos. Esto depende de:
 - * *agentes polinizadores* de la especie en el momento de floración,
 - * *diseminadores* de frutos de la especie, animales, agua, viento, etc.

- **Temperamento de la especie**, es decir, el grado de exigencia de luz, propio de la especie en sus diferentes fases de desarrollo.

- **Frecuencia de apertura de claros**, una de las características propias del ecosistema que va a determinar la estructura poblacional de las especies demandantes de luz desde las primeras etapas de su vida.
- **Tamaño del claro**, extensión de la apertura por efecto de la caída de uno o varios árboles, que determina la cantidad y calidad de energía lumínica.
- **Estrategia de escape de la especie**, esto se refiere a la capacidad que presente para superar la amenaza de los depredadores y la presión de la competencia.

Para explicar la distribución espacial de las diferentes especies en el bosque hay que comprender la dinámica originada por la caída natural de los árboles. Este hecho genera los claros, o *chablis*. En el idioma francés medieval, esta palabra se refiere a una serie de hechos que son desencadenados por la caída de un árbol: la caída misma del árbol, la apertura del dosel que permite la entrada de luz directa hasta el suelo, la exposición del suelo mineral provocada por el levantamiento de raíces, la acumulación de materia orgánica en el lugar donde cae la copa y la presencia de diferentes intensidades de luz, dentro del área de influencia del impacto.

3

Por la variedad de microambientes que se forman, el *chablis* permite el establecimiento y desarrollo de diferentes especies de flora y fauna, por lo que es un generador de diversidad biológica y un factor que mantiene la dinámica del bosque.

El tiempo transcurrido desde la apertura del claro determina la edad, dimensión de los árboles que se establecieron en él; a su vez, el tamaño del claro determina la cantidad de radiación disponible en el piso del bosque en un momento determinado; las diferentes cantidades de energía determinan la entrada de diferentes especies con exigencias lumínicas propias.

A lo largo de la historia de un determinado bosque, se han sucedido una gran cantidad de claros. Peralta et al (1987), determinaron que para un bosque en Costa Rica el 1.25% del área se abre en claros cada año. Esto quiere decir que en 80 años prácticamente toda el área ha estado en algún momento en estado de

claro. Hay que tomar en cuenta que en ocasiones un claro se forma, en parte al menos, sobre otro anterior, por lo que habrá lugares en los que en más de 80 años no se ha formado un claro.

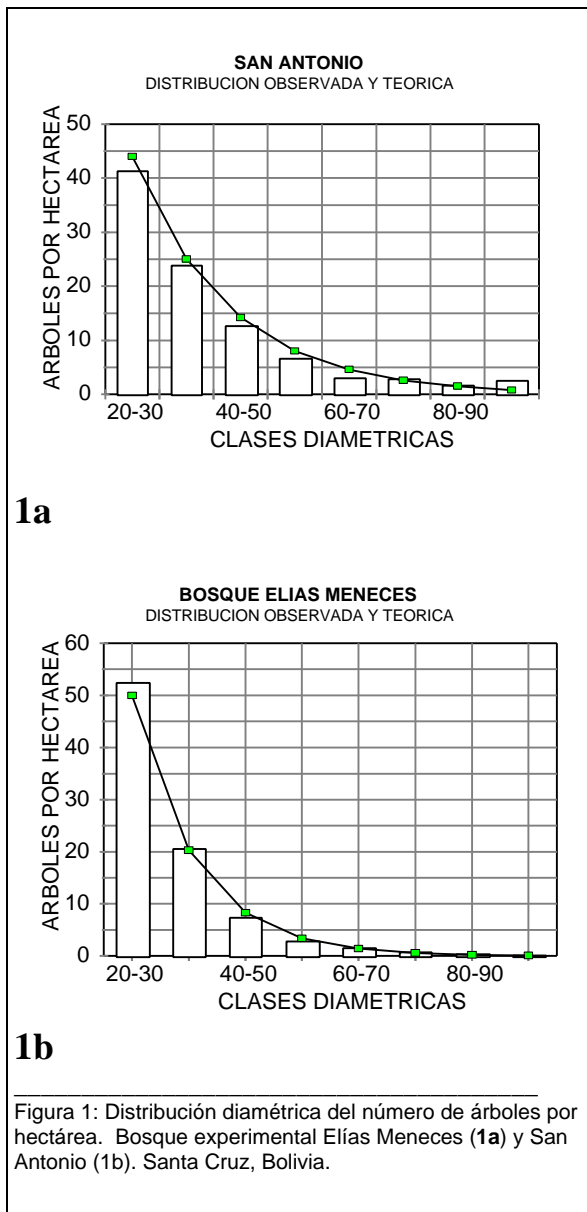
Para caracterizar los claros de diferentes edades, estado de desarrollo de la vegetación y tamaños se proponen los siguientes conceptos (Oldeman, 1983):

- **Ecounidad:** es una unidad de vegetación que está definida por el **tiempo**, es decir, el momento desde la apertura o edad y por el **espacio**, una forma, área o tamaño del claro. La ecounidad que tiene su origen en un mismo momento y con unas dimensiones propias, corresponde a un chablis.
- **Cronounidad:** es el conjunto de ecounidades de diferentes tamaños pero de la misma edad o estado de desarrollo. La cronounidad tiene más diversidad que cualquiera de las ecounidades que la componen.
- **Unidad selvática o mosaicos sucesionales:** es la integración de las diferentes posibles cronounidades, contemplando las “áreas de borde”, o sea, aquellos sitios en los que no se identifican los rasgos de una ecounidad, por ser un fragmento muy pequeño de una antigua.

4

Las características del suelo y del clima determinan la estructura del bosque. Esta estructura es la mejor respuesta del ecosistema frente a las características ambientales y a las limitaciones y amenazas que presentan. La pérdida de nutrientes por lavado, principalmente en los bosques húmedos es una de las principales amenazas para la estabilidad del ecosistema. Para evitar esta amenaza, cuando se produce un chablis inmediatamente se desarrolla un proceso de ocupación, por la germinación de las semillas que lleva el viento (lluvia de semillas), o las que han estado esperando la entrada de luz (banco de semillas del suelo). También contribuyen a esta ocupación los árboles que han estado esperando mayores niveles de energía para completar su pleno desarrollo.

Como producto de la dinámica natural del bosque se observa una estructura típica, característica de cada bosque. El modelo general de la distribución del número de árboles por clase de diámetro es la jota invertida, como se ve en la Figura 1. En esta distribución, conforme aumenta el diámetro disminuye el número de individuos. La proporción de disminución, de clase a clase, es más o menos constante, lo que permite ajustar una curva teórica, propia para cada bosque, que describe su estructura horizontal. La curva correspondiente a cada bosque, mosaico sucesional, está caracterizada por la dinámica del mismo. La pendiente de la curva es proporcional a la disminución de individuos de una clase a la siguiente, esta disminución se explica por la mortalidad de los individuos de la comunidad. En un ecosistema




en el que se observa una pendiente de la curva muy pronunciada se puede suponer que las condiciones del sitio les permiten a las especies más abundantes establecerse en gran número ya que son poco exigentes, como se verá más adelante. Al crecer los árboles, se incrementan los niveles de competencia y sólo una parte de la comunidad puede que llegue a la madurez, el resto sucumbe o queda suprimido hasta su muerte. En los casos en los que la pendiente de la curva es menos pronunciada se puede interpretar que la mayoría de los individuos pertenece a especies muy exigentes en cuanto a las condiciones para establecerse, de manera que la población es menos abundante pero más estable ya que los niveles de competencia, conforme crecen los árboles, no afecta tan drásticamente a los individuos que lograron establecerse satisfactoriamente desde el inicio de su vida. En las clases de mayor dimensión se concentran los árboles viejos y en este caso la disminución del número es atribuible a la decrepitud natural de los individuos mas que al efecto de la competencia de la comunidad.

Estructura Vertical

La estructura vertical está determinada por la distribución de los organismos a lo alto del perfil del bosque. Esa estructura responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones microclimáticas, presentes en las diferentes alturas del perfil. Estas diferencias en el microclima permiten que especies de diferentes temperamentos se ubiquen en los niveles que satisfagan sus demandas.

6

<p>Reseña</p> 	<p>La Estructura horizontal del bosque:</p> <ul style="list-style-type: none">* <i>corresponde al arreglo espacial de los árboles, su especie y dimensión, asociada a la edad.</i>* <i>está determinada por las características del sitio y de las diferentes especies.</i>* <i>la distribución diamétrica del número de árboles sigue una distribución de jota invertida, característica para cada bosque.</i>* <i>la estructura observada es la mejor respuesta del ecosistema a las características del sitio; la proporción de las diferentes especies y dimensiones de los árboles de cada una de ellas permite la estabilidad del bosque.</i>* <i>al intervenir el bosque se debe considerar su estructura y los factores que la determinan, como garantía de estabilidad.</i>
--	---

Los rasgos meteorológicos de mayor importancia que determinan el microclima, tal como se muestra en la Figura 2, son (Bourgeron, 1983):

- **Radiación;** este factor no sólo comprende la cantidad de energía radiante recibida sino la calidad de la misma y las diferentes variaciones diarias que se experimenten en los diferentes estratos verticales de la estructura del bosque.
- **Temperatura;** no sólo es el efecto de la temperatura promedio que se da al interior de los estratos, sino de las inversiones de temperatura que se dan por efecto de la variación, pues conforme se descende en los estratos, la inversión nocturna es cada vez menos pronunciada.
- **Viento;** afecta la humedad del ambiente y la temperatura.
- **Humedad relativa;** a lo largo de la estructura vertical la humedad relativa varía, en las partes altas del dosel la gradiente de aumento es relativamente débil, sin embargo, esta gradiente de aumento es más fuerte en los niveles intermedios del dosel y hasta los 2.5 m, bajo esta altura la humedad relativa es casi constante.
- **Evaporación;** la evaporación en las partes altas del dosel tiene una gradiente de disminución fuerte igual que en las partes inferiores, en el sotobosque, sin embargo en los niveles intermedios es débil.
- **Concentración de CO₂;** la concentración del CO₂ aumenta conforme se descende en altura en la estructura vertical del bosque.

7

Estratos

Se refieren a agrupaciones de individuos que han encontrado los niveles de energía adecuados para sus necesidades y por lo tanto han expresado plenamente su modelo arquitectural, copas amplias. No se consideran aquellos individuos que van de paso hacia microclimas que presenten mayores niveles de energía. Es importante definir algunos aspectos:

Punto de Inversión Morfológica: es el punto en la altura de un árbol donde se inserta la rama gruesa más baja de la copa del árbol.

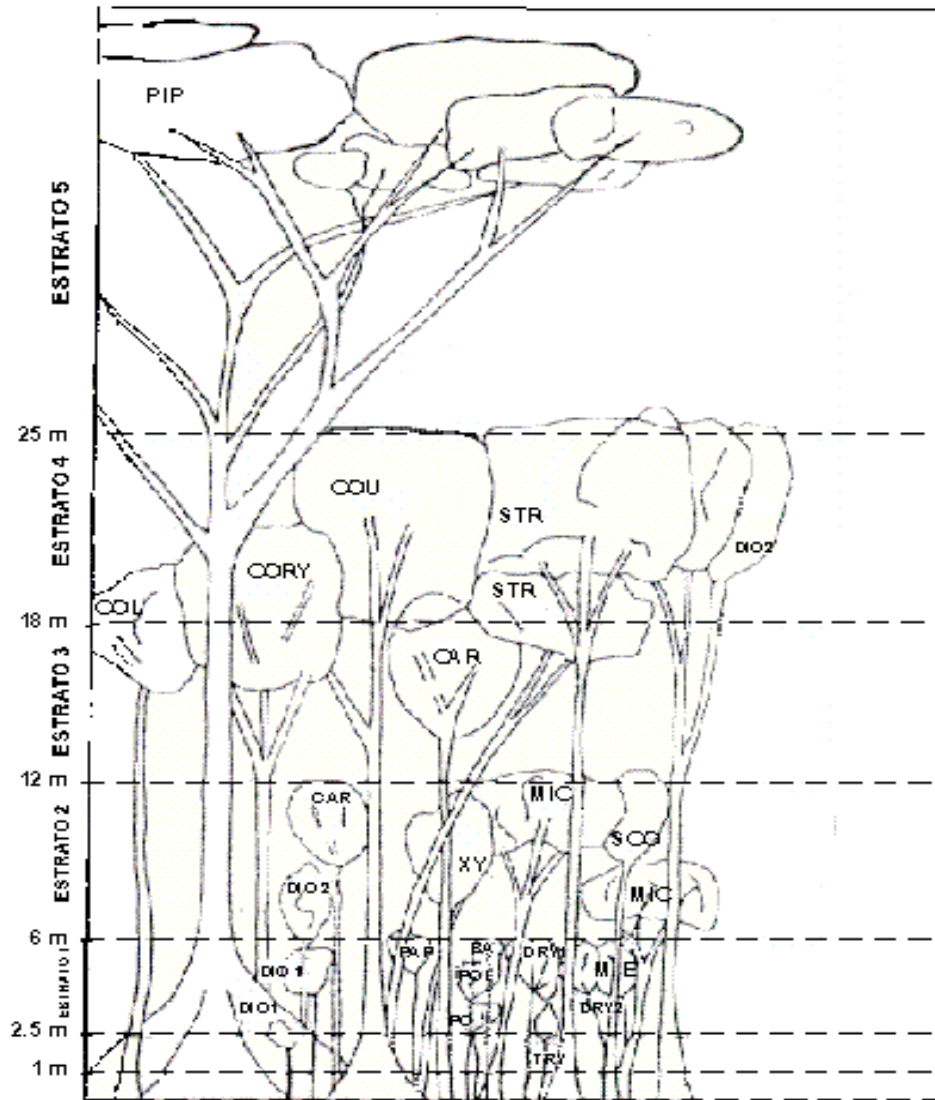
Cuando se establece una superficie imaginaria entre los puntos de inversión morfológica de un mismo nivel o jerarquía, ésta delimita la **superficie de inversión morfológica**. Cuando se establece una superficie imaginaria entre las partes superiores de las copas de un mismo nivel se delimita la **superficie de inversión ecológica**.

Los estratos están definidos entre las superficies de inversión ecológica y morfológica. La profundidad o distancia entre las superficies es proporcional a la energía disponible en el estrato.

Perfil de un bosque tropical en Costa de Marfil. Las líneas punteadas muestran los límites de los estratos reconocidos después de una descripción del rodal. La línea de 1 m corresponde a factores bioclimáticos particulares. Las principales especies son BA= *Baphia nitida*; CAR= *Carapa procera*; COL= *Cola nitida*; CORY= *Corynamthe pachyceras*; COU= *Coula edulis*; DIO1= *Diospyrus mannii*; DIO2= *Diospyrus samzaminika*; DIO3= *Diospyrus soubreana*; DRY1= *Drypetes gilgiana*; DRY2= *Drypetes principum*; ME= *Memecylon lateriflorum*; MIC= *Microdesmis puperula*; PAR= *Parinari aubrevillei*; PIP= *Piptadeniastrum africanum*; POL= *Polyalthia oliveri*; SCO= *Scotellia cariaceae*; STR= *Strombosia galulescens*; TRY= *Trychoscypa oba*; XY= *Xilopia quintasii*.




Figura 2. Distribución vertical de las características microclimáticas y de la concentración de árboles en los diferentes niveles del perfil. Adaptado de Burgeron, (1983).



La superficie superior del bosque, llamada dosel, presenta un aspecto irregular determinado por la integración de los parches en diferentes alturas que componen el mosaico sucesional, esta superficie irregular presenta características aerodinámicas que le permiten soportar la fuerza del viento sin sufrir mayores daños, la caída de algunos árboles corresponde a las tasas de mortalidad propias del ecosistema. Sobresalen algunos árboles emergentes, que por las características de su especie, están adaptados a las condiciones microclimáticas, el viento no encuentra mayores obstáculos por lo que la humedad relativa es menor que en los niveles inferiores del bosque, esto obliga a que estas especies presenten hojas coriáceas con mayor cantidad de cutícula para evitar la desecación por una excesiva transpiración, por otra parte estos árboles tienen pleno acceso a la radiación, tanto en cantidad de horas de luz, como en la calidad de la misma. En el caso de la Figura 2, un árbol de *Piptadeniastrum africanum* ocupa esta posición y se observa que la estructura de su copa está adaptada para no oponer mayor resistencia al viento y evitar, de esta forma, mayores daños por este factor. Los árboles que aún no encuentran los niveles apropiados de energía presentan una copa estrecha mientras que aquellos que presentan ramas que les permiten tener una copa más amplia indican que ya encontraron la cantidad de energía necesaria, como es el caso de dos árboles de *Diospyrus samzaminika*, en la Figura 2, que aparecen, uno de ellos, sobre los seis metros y el otro, en límite superior de los 25 m, presentado, en cada caso, con la forma de copa correspondiente.

10

<p>Reseña</p> 	<p>Los estratos y la estructura vertical del bosque:</p> <ul style="list-style-type: none">* los estratos están definidos por diferentes condiciones microclimáticas,* están formados por las copas de los árboles que han alcanzado los niveles energéticos suficientes para sus necesidades,* mientras más profundos sean, disponen de mayor energía,* los tratamientos procuran modificar las condiciones microclimáticas de determinados estratos para favorecer el establecimiento o crecimiento de especies de interés.
--	---

Grupos Ecológicos de Especies

El comportamiento de los organismos en la naturaleza responde a la interacción de las características genéticas, definidas a través de la evolución y de los factores ambientales; esta combinación permite diferentes expresiones de comportamiento que forman un continuo, mas que manifestaciones discretas, por esto se dice que: “en la naturaleza no hay ni negros ni blancos sino diferentes matices de gris”. Tradicionalmente, se han definido grupos ecológicos que permiten, para cualquier bosque tropical, reconocer y agrupar especies que poseen características biológicas y ecológicas similares. Los gremios de especies, se entienden como “grupos de especies que utilizan uno o varios recursos del medio de la misma manera” (Finegan, 1992). Los gremios agrupan especies que comparten patrones similares de exigencias de radiación lumínica, regeneración y crecimiento.

A lo largo del tiempo se han propuesto una serie de clasificaciones de grupos ecológicos; Budowski (1965), Rollet (1974), Whitmore (1975), Denslow (1980) y Lamprech (1990), entre otros. Ellos han basado sus clasificaciones en los diferentes grados de tolerancia a la sombra o bajos niveles de radicación lumínica que presentan las especies.

Una de las clasificaciones más utilizadas en la actualidad es la planteada por Finegan (1992), que contempla cuatro gremios:

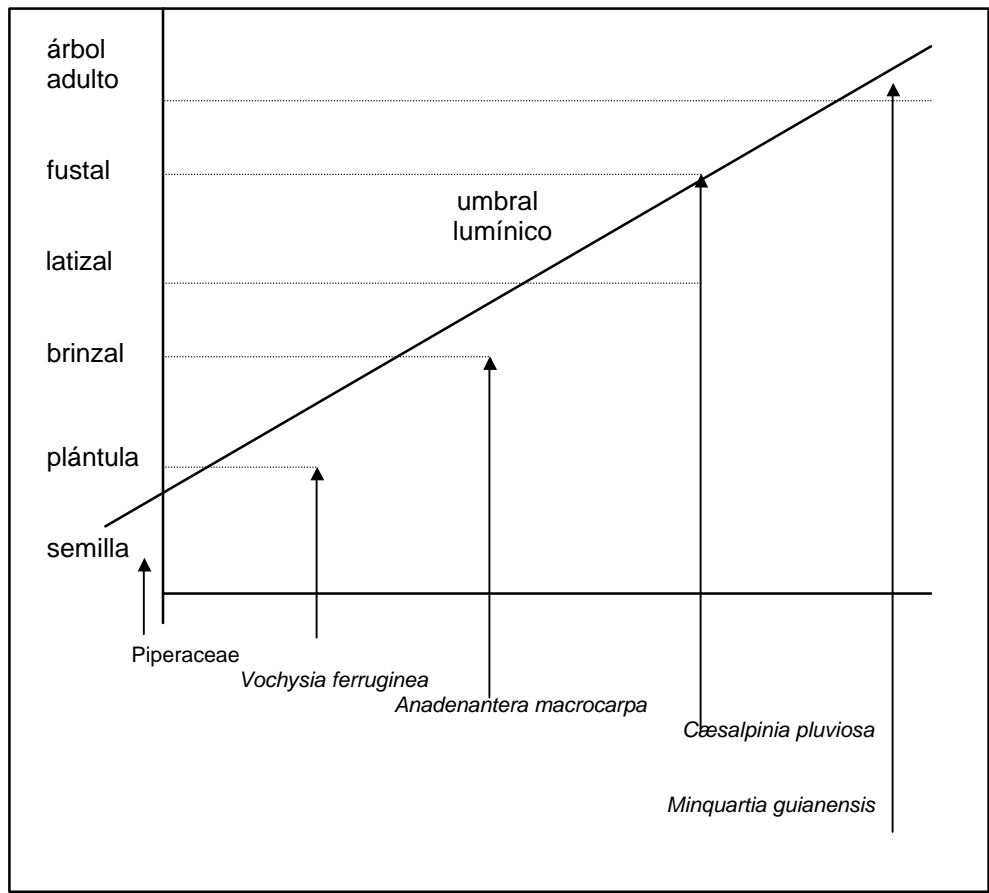
11

- **heliófitas efímeras:** especies intolerantes a la sombra, es decir, que requieren de luz para establecerse, crecer y reproducirse, y que tienen una vida muy corta.
- **heliófitas durables:** especies intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga.
- **esciófitas parciales:** especies que toleran la sombra en las etapas tempranas del desarrollo, pero requieren necesariamente de un grado elevado de iluminación, alcanzar el dosel, para pasar de las etapas intermedias hacia la madurez.
- **esciófitas totales:** especies que se establecen a la sombra y pueden completar toda su vida sin tener acceso directo a la luz.

De acuerdo con un análisis ontogenético –estudio del desarrollo de los individuos- las especies se pueden agrupar según el momento o etapa de desarrollo, a partir de la cual necesitan plena radiación lumínica para completar su ciclo de vida, Figura 3.

Figura 3. Esquema del umbral lumínico para las etapas de desarrollo de diferentes Especies.

12



El umbral lumínico, es el momento en el desarrollo del árbol a partir del cual requiere plena iluminación o al menos niveles mayores de radiación que de los que ha dispuesto. El cambio de exigencia energética corresponde con cambios en la fisiología del individuo, asociados posiblemente con niveles hormonales que determinan la eficiencia fotosintética, diferenciación de tejidos reproductivos, etc.


Algunas especies requieren altos niveles de radiación para iniciar el proceso de germinación, como algunas especies de la familia Piperaceae; otras requieren plena luz para pasar de plántula a brinzal, como el botarrama (*Vochysia* sp.). Hay las que pueden llegar al estado de brinzal a la sombra y morir si no tienen suficiente luz, como es el caso del curupaú (*Anadenanthera macrocarpa*), sirari (*Peltogyne* sp) o el almendro (*Dipteryx panamensis*). Otras especies pueden llegar a las etapas de latizal o fustal sin tener plena disposición de la luz, pero permanecen en este estado como suprimidos hasta que tengan suficiente luz, como el momoquí (*Caesalpinea pluviosa*), la caobilla (*Carapa guianensis*). Las hay que son capaces de completar todo su ciclo de vida sin tener plena iluminación, tal es el caso del blanquillo (*Rinorea* sp) y el manú (*Minquartia guianensis*).

Desde esta concepción mas que grupos de especies se observa un continuo de especies, cada una respondiendo al estímulo de la radiación directa en diferentes momentos de su desarrollo.

13

La dinámica de establecimiento, sobrevivencia y desarrollo de cada especie está íntimamente relacionada con la disponibilidad de energía radiante, agua, minerales, la eficiencia en el uso de los mismos y las estrategias de escape a sus depredadores.

El producto de estos procesos se refleja en la estructura de cada población. Es importante determinar en qué momento se debe “rescatar” a determinadas especies. Por otra parte, saber qué condiciones microclimáticas se deben crear para asegurar el establecimiento de las especies que nos interesan.

<p>Reseña</p> 	<p>Se identifican 4 grupos ecológicos:</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>heliófitas efímeras</i>• <i>heliófitas durables</i>• <i>esciófitas parciales</i>• <i>esciófitas totales</i>• <i>las distintas especies requieren mayores niveles de energía a partir de diferentes etapas de su desarrollado, ellas han desarrollado estrategias específicas para asegurar la permanencia de la especie en el ecosistema y para lograr los niveles adecuados de radiación que les permita alcanzar el pleno desarrollo,</i>• <i>al planificar una intervención, sea cosecha u otro tratamiento silvicultural hay que tomar en cuenta las exigencias ecológicas de las especies.</i>
--	---

Estrategia de Perpetuación

14

La evolución es el resultado de un proceso de prueba y error en diferentes ambientes del bosque y en una situación climática cambiante. Este proceso ha determinado las características propias de cada especie, entre estas características, su estrategia de perpetuación.

Se identifican dos estrategias generales de reproducción: especies **r**, que tienen altas tasas de producción de semilla y que son exigentes de condiciones ambientales, como mucha luz y las especies de estrategia **K**, que toleran alta competencia y sombra y que pueden formar poblaciones densas sin mayor demanda de recursos. Las especies de ambas estrategias se complementan para responder a las características de la dinámica del bosque (Hallé et al, 1978).

Estas dos estrategias se identifican por la dinámica de poblaciones, y corresponden a parámetros poblacionales de una ecuación que describe el crecimiento poblacional:

$$DN = Nr * (K-N)/K$$

donde:

r = tasa intrínseca de reproducción de la población

K= tamaño máximo de la población alcanzable en un ambiente dado,
bajo restricciones específicas

N= tamaño de población

Estas dos estrategias representan extremos de un continuo. Las especies se clasifican de acuerdo con la principal estrategia de perpetuación; si ésta es la producción abundante de semillas, capaces de dispersarse eficientemente a la espera de encontrar un ambiente adecuado (generalmente un claro) para establecerse, se trata de una especie de estrategia **r**; por otra parte, si la especie tolera la sombra, la competencia y su dispersión es limitada, se trata de una especie **K**. Como se trata de un continuo, hay especies con buena capacidad de competir y tolerar niveles bajos de luz y una alta producción de semillas y una aceptable habilidad para invadir espacios abiertos, por ejemplo el gavián (*Pentacletra macroloba*).

Cuando los niveles de competencia son altos, las especies **K** son capaces de penetrar y establecerse, mientras que destinan poca energía a la reproducción. Caso contrario exhiben las especies de estrategia **r**.

15

Dependiendo de su estrategia, las especies presentan ciertas características que la identifican (Hallé et al, 1978):

Especies r

Clima: se establecen en climas variables o impredecibles.

Mortalidad: no tiene relación con la biología de la especie, debiéndose más bien a catástrofes y otros factores abióticos.

Sobrevivencia: es probable. Es corta con respecto a la mayoría de las plántulas o de los individuos establecidos, plántulas y brinzales.

Tamaño de la población: es variable en el tiempo. Usualmente no alcanza el punto de equilibrio, se ubica bajo la capacidad ambiental. En comunidades no saturadas, ocupan varios espacios ecológicos. La recolonización es anual o sucesional.

Competencia: son especies que no son buenas en competencia consigo misma (intraespecífica), ni con individuos de otras especies (interespecífica).

Longevidad: son de vida corta, anuales o pioneras.

Características de selección

1. Crecimiento rápido.
2. Tasas de reproducción altas y continuas.
3. Cuerpo pequeño, arbustos o árboles de porte bajo.
4. Reproducción temprana.
5. Presentan distribución errática.

16

Especies K

Clima: se establecen en climas más o menos constantes o predecibles.

Mortalidad: es más dirigida, se da por bioregulación, afectando así el microclima.

Sobrevivencia: es probable, se convierten en especies longevas pero únicamente una parte de los individuos establecidos.


Tamaño de la población: es más o menos constante en el tiempo, presentando un nivel de equilibrio cerca del punto de capacidad ambiental. Se presentan en comunidades saturadas. No hay recolonización pero sí reemplazo gradual.

Competencia: son hábiles para competir no sólo con individuos de su propia especie, intraespecífica, sino también con los de otras especies, interespecífica.

Longevidad: Son más longevos que los de especies **r**, duran mayor número de décadas.

Características de selección

1. Crecimiento lento.
2. Mayor habilidad competitiva.
3. Reproducción tardía y dispersa.
4. Árboles de portes mayores.
5. Tasa de reproducción relativamente baja.
6. Presentan una distribución uniforme en su ámbito ecológico.

<p>Reseña</p> 	<p><i>La permanencia de una especie en el ecosistema se fundamenta en su estrategia de perpetuación, esta puede basarse en:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>producir gran cantidad de semillas e invadir espacios libres, estrategia r,</i>• <i>competir exitosamente en ambientes densos, permitiendo altas poblaciones estrategia K,</i>• <i>las poblaciones de las especies r son poco abundantes y exigentes de claros, las de las especies K son más abundantes y la regeneración tolera la sombra del bosque, unas y otras aseguran su perpetuación de diferente manera, esto se debe tomar en cuenta a la hora de planificar el aprovechamiento e intervenciones silviculturales.</i>
--	--

Dinámica de Poblaciones

Se entiende por población al conjunto de individuos de una misma especie en un sitio determinado, entre estos individuos debe ser posible el intercambio genético, es decir que exista polinización entre ellos. La dinámica de una población responde, por una parte, a las exigencias ambientales y a la estrategia de perpetuación de la especie y por otra parte, a las características del sitio y de la estructura misma del bosque.

La distribución del número de individuos por clase de diámetro es un reflejo de la dinámica de la población ya que indica la frecuencia de establecimiento exitoso de los árboles.

- Una distribución diamétrica uniforme, sin mostrar una tendencia de disminución del número de individuos por clase de diámetro evidente, indica que la frecuencia de establecimiento de árboles es dependiente de la frecuencia de apertura de espacios (claros) propicios. **Estrategia r.** Este es el caso del curupaú (*Anadenanthera macrocarpa*), Figura 4a.
- La disminución en el número de árboles en la categoría de los 50 a 60 cm, con respecto a la clase inmediata anterior se puede explicar por la mortalidad atribuible a la vejez de los árboles, de igual manera se explica la reducción del número en las categorías siguientes.
- Una distribución que sigue un patrón de disminución del número de árboles por clase de diámetro que corresponde a la tasa de mortalidad, característica de la especie en un ambiente determinado, representa la **Estrategia K**, como es el caso del momoqui (*Caesalpinia pluviosa*), Figura 4b.

En los bosques naturales se pueden encontrar proporciones diferentes de especies con una u otra estrategia y es necesario mantener esta proporción después de una intervención humana. Estas proporciones son particulares para cada ecosistema, ya que responden a la dinámica de esa comunidad.

En un análisis preliminar, realizado para especies comerciales de estrategia **r** y **K**, con información de tres sitios en la Península de Osa (Sur de Costa Rica), se obtuvo información importante sobre el crecimiento de estos grupos de especies en bosques intervenidos. Las especies **r** se establecen mejor en los claros del bosque aunque también se establecen en áreas con poca iluminación, en este caso esperarán mejores condiciones de luz para seguir su desarrollo. Los árboles que no tienen suficiente disponibilidad de luz, posiciones de copa 1 y 2 en la Figura 5, tienen un crecimiento menor que aquellos que tienen suficiente energía. En este caso la tendencia del incremento es evidentemente decreciente mostrando una tendencia a detener el crecimiento, propia de árboles suprimidos. La especie del ejemplo es *Qualea paraensis* y se clasifica como eliófita durable, por el comportamiento observado se puede decir que es capaz de alcanzar el estado de fustal

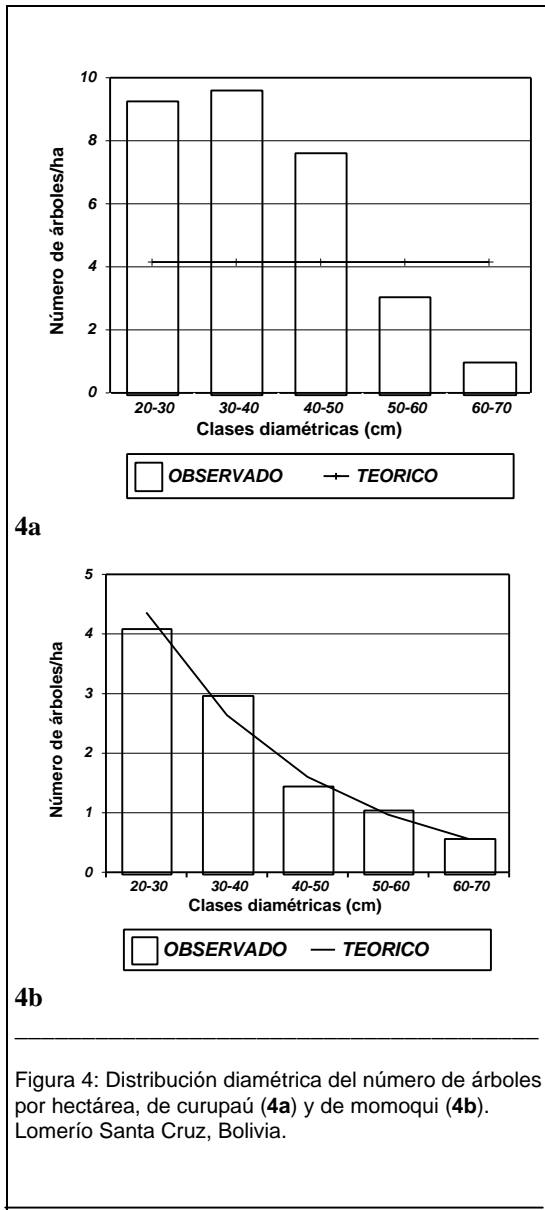
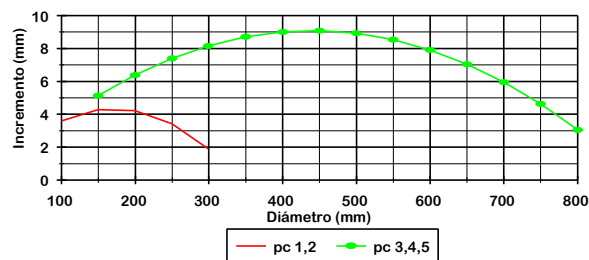


Figura 4: Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea, de curupaú (4a) y de momoqui (4b). Lomerío Santa Cruz, Bolivia.

sin tener necesariamente pleno acceso a la energía radiante, pero si no alcanza la parte superior del bosque muere sin alcanzar la condición de árbol adulto, este hecho reafirma el concepto de que las especies de estrategia **r** no están adaptadas a establecerse en ambientes que carezcan de plena radiación. (Valerio *et al.*, 1995).

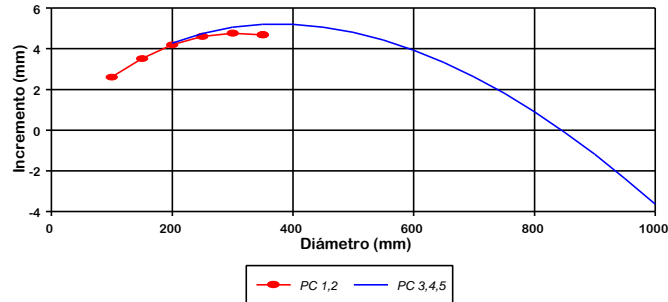
Figura 5. Curva de incremento diamétrico según disponibilidad de luz (pc: posición de copa). *Qualea paraensis*. Península de Osa, Costa Rica.




20

Las especies de estrategia **K** son capaces de establecerse satisfactoriamente en ambientes con radiación limitada como lo indican las posiciones de copa 1 y 2 que no reciben luz directa. A diferencia del caso mencionado en el párrafo anterior, en la Figura 6 se observa que el incremento de los árboles que no tienen luz directa es prácticamente igual al de los que presentan pleno acceso a la radiación, en esta oportunidad la especie es *Peltogyne purpurea* también en la península de Osa en Costa Rica (Valerio *et al.*, 1995). Por su parte el comportamiento observado respalda el hecho de que las especies **K** están adaptadas a establecerse en ambientes carentes de plena radiación.

Figura 6. Curvas de incremento diamétrico según disponibilidad de la luz.
(pc): Posición de Copa. *Peltogyne purpurea*. Península de Osa, Costa Rica.



<p>Reseña</p> 	<p>La distribución del número de árboles por clase de diámetro de una especie, refleja la dinámica de la población:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una distribución uniforme sin una tendencia evidente, del número de individuos por clase de diámetro, depende de la frecuencia de apertura de espacios (claros) propicios para su establecimiento. Estrategia r. • Una distribución que sigue un patrón de disminución, conforme aumenta el diámetro o jota invertida, corresponde a la tasa de mortalidad de una población que se ha establecido independientemente de la frecuencia de apertura de claros. Estrategia K. • El análisis de la distribución diamétrica del número de árboles de una especie, permite identificar las características ecológicas, su estrategia de perpetuación y la posible respuesta a las intervenciones.
--	--

Silvigénesis

Silvigénesis es el proceso mediante el cual se construye naturalmente el bosque. Comprende una gama de fenómenos que permiten el establecimiento del bosque o la regeneración del mismo en sus diferentes estados de desarrollo. Es el paso de bosque inestable a bosque maduro, de dinamismo a homeóstasis, en todas sus fases, (Oldeman, 1983).

El **chablis** es el elemento más importante de la silvigénesis; comprende la serie de hechos biológicos y ecológicos desencadenados por la caída de un árbol. Estos hechos crean diferentes microambientes que permiten el establecimiento y desarrollo de diversas especies de flora y fauna, promoviendo la biodiversidad y manteniendo la dinámica del bosque. Es el proceso de rejuvenecimiento de la estructura del bosque tropical.

Inmediatamente después de la apertura del chablis se inicia el proceso de reconstrucción de la masa forestal. Esto sucede por el rebrote de árboles quebrados, por la germinación de semillas, tanto las que trae el viento como las del banco de semillas del suelo. El tamaño de la apertura determina el tipo de especies que se establecerán, en los claros muy grandes se establecerán especies pioneras, helófitas efímeras, que no tienen necesariamente mayor valor económico. Los claros grandes son característicos de etapas tempranas de la sucesión, en las fases más avanzadas se presentan claros más pequeños. Los claros grandes presentan menor diversidad de especies y al contrario, los claros más pequeños abren la oportunidad de establecimiento a una mayor diversidad de especies. Como resultados de esto se observa mayor biodiversidad en los bosques primarios maduros que en los bosques secundarios.

22

Comprender estos procesos dinámicos de restauración del ecosistema y sus principales componentes es la mejor herramienta para manejar sosteniblemente el bosque.

En el proceso de silvigénesis, dinámica de auto-perpetuación del bosque, se identifican diferentes fases, según las características de composición y estructura de la comunidad, alcanzadas conforme avanza el proceso de sucesión.

También se identifican dos posibles estadios en cada fase. Al inicio de la reconstrucción, un **estadio dinámico**, en el cual la entrada de energía es mayor que la salida, ya que se está acumulando en forma de biomasa nueva. Esta

situación se caracteriza por la ausencia de estratos y la presencia continua de individuos, a veces trepadoras o hierbas, desde el suelo. Los **estadios homeostáticos** se presentan al final de la reconstrucción, cuando tiende a darse un balance entre las entradas y salidas de energía y se identifican estratos, en virtud de que algunos individuos ya han alcanzado un nivel de energía adecuado. Hay espacio libre entre el suelo y el dosel, y si hay vegetación en el suelo, ésta es tolerante a la sombra.

Es precisamente en este estadio cuando se pueden efectuar las intervenciones silviculturales, ya que de hacerlo en el estadio dinámico, cuando hay un proceso de reconstrucción, se podría retroceder la sucesión a fases con menor biomasa o con individuos de especies o dimensiones menos deseables.


Bosque Secundario

El bosque secundario es el producto de una sucesión secundaria, esto es, que se origina sobre un suelo que fue desarrollado previamente, por ejemplo donde antes hubo un bosque primario que fue eliminado por acción del hombre. Los bosques secundarios pueden madurar y con el tiempo llegar a tener una estructura muy parecida a la de los bosques primarios, por ejemplo en la región Maya de la Península de Yucatán, México, se encuentran bosques maduros que ocupan áreas que hace 600 años fueron campos de cultivo.

23

Por otra parte, en algunas regiones afectadas frecuentemente por huracanes se observan áreas que han sido arrasadas en las que se desarrolla una vegetación pionera. Estos en realidad son bosques primarios, pues estas catástrofes son parte de las características que determinan la estructura y no se ha interrumpido la sucesión primaria que se inició del material parental del suelo.

Para el caso de Costa Rica hay una gran cantidad de bosques secundarios que se están desarrollando debido al abandono de extensiones de terreno que antes fueron dedicadas a cultivos o pastos y ganadería. Como se ve, el fenómeno bosque secundario responde a una situación socioeconómica particular de los países y se convierte en un elemento importante en la recuperación de extensiones boscosas y permitir la rehabilitación de suelos degradados, mantención de recursos hídricos, captura de gases del efecto invernadero, entre otros. Entre las especies valiosas que se observan en estos bosques hay algunas de los géneros *Cedrela*, *Cordia* y *Schizolobium*.

<p>Reseña</p> 	<p>El proceso de formación de bosque se denomina silvigénesis. Se distinguen varias fases en el proceso de formación de los bosques y en cada fase se identifican dos estadios:</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Dinámico, de construcción, los estratos no son evidentes y hay abundante vegetación en el suelo.</i>• <i>Homeostático, de equilibrio, se identifican diferentes estratos y es posible observar el mantillo del suelo.</i> <p>Las intervenciones son recomendadas en el estadio homeostático que es cuando el bosque se encuentra en "equilibrio energético".</p>
--	--

Crecimiento

El crecimiento se define como la variación del tamaño de un individuo en el tiempo y la magnitud de la variación se denomina incremento.

Para poder analizar el crecimiento del bosque como un todo y de los árboles individuales, deben analizarse las características del medio y las de los individuos. Se debe tener presente que el crecimiento total es la suma del crecimiento de los individuos, el efecto de las características genéticas como la especie, el vigor (su capacidad intrínseca para aprovechar los recursos disponibles), la etapa de desarrollo de los árboles (edad), el sitio (disponibilidad de agua, minerales, luz, y temperatura), el manejo (referido a la competencia).

24

Para acercarse al concepto del rendimiento sostenible, en un determinado período de tiempo, se debe aprovechar en el bosque un volumen igual al crecimiento que se ha dado en ese tiempo, para evitar que se disminuya el vuelo por debajo de los límites que le permitan la recuperación de su potencial de producción, dentro de períodos económicamente interesantes. Conocer la tasa de crecimiento de los mejores individuos de las especies comerciales es de gran importancia, pues de ello depende, en gran medida, el éxito económico del manejo.

Crecimiento como Producto de Dos Fuerzas Opuestas

En el árbol se suceden dos procesos fisiológicos que permiten el crecimiento del mismo.

El crecimiento es el producto de estas dos fuerzas internas. Por un lado está el **anabolismo** que se constituye en el proceso de síntesis, mediante el cual se captura la energía necesaria para producir tejidos, o para efectuar los movimientos de transporte de nutrientes a las diferentes partes del árbol, esta capacidad de síntesis es proporcional a la superficie de intercambio del organismo. Por otra parte está el **catabolismo**, la fuerza opuesta, que permite la utilización de la energía en las funciones de transporte, y de respiración, y que es proporcional al volumen de los individuos.

El anabolismo está representado en las funciones de las especies vegetales, por la **fotosíntesis**, el individuo recibe CO₂, H₂O, energía radiante y minerales como el Calcio, Magnesio, Fósforo, Hierro, Azufre y Nitrógeno entre otros. Estos en presencia de coenzimas producen azúcares y liberan oxígeno.

El catabolismo está representado por la **respiración**, la cual requiere de los productos de la fotosíntesis: O₂ y azúcares, utilizar energía y liberar agua y CO₂. Esta energía se utiliza en la síntesis de tejidos y provoca el crecimiento.

25

En la fotosíntesis se requieren los productos de la absorción radical, rizosíntesis, agua y minerales. Por otra parte en este proceso es necesaria la energía capturada en la fotosíntesis, en forma de azúcares. La conducción de ambos productos se establece a través del fuste, por los tejidos de conducción, xilema y floema (Oldeman, 1978).

Conforme se incrementan los procesos de síntesis se hace necesaria mayor capacidad de transporte, por lo que el sistema de control hormonal determina el desvío de energía hacia el cambium, tejido meristemático que produce células para incrementar los tejidos de conducción del xilema o madera hacia la parte interior y la corteza o floema hacia el lado externo. El xilema o leño tiene células especiales adaptadas para el transporte del agua con minerales en solución desde la raíz hasta las hojas, por su parte el floema permite el transporte de sustancias elaboradas de la copa hasta la raíz.

Todo proceso tiene límites naturales y en el caso de los árboles hay un momento en el que se alcanza una determinada proporción entre la superficie de síntesis, anabolismo, y el volumen que tiene que abastecerse con los productos de la síntesis, catabolismo. Después de ese momento, que no conocemos de manera precisa pero sabemos que existe, el crecimiento se detiene.

En estudios de crecimiento, el Proyecto BOLFOR, ha utilizado la fórmula presentada por Del Valle (1986) la cual refleja las relaciones superficie volumen que se ha hecho referencia anteriormente.

$$\mathbf{ICA} = \mathbf{Bd} + \mathbf{Cd}^m$$

donde: **ICA** es el incremento corriente anual

B y **C** son parámetros poblacionales que describen el comportamiento de los incrementos, estos parámetros se estiman por el método de los mínimos cuadrados

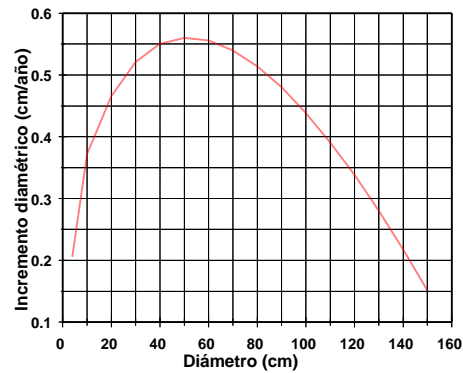
m es otro parámetro poblacional que se determina iterativamente hasta lograr una r^2 máxima. En plantas y animales se ha observado que el valor de **m** corresponde con 0,67

d es el diámetro del árbol medido a 1,30m del suelo.

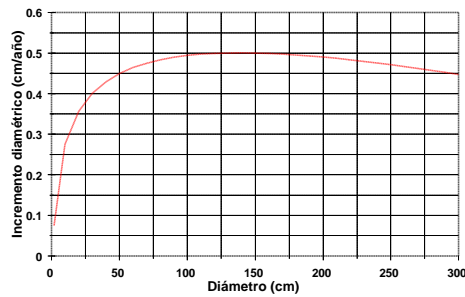
En esta ecuación el factor \mathbf{d}^m es proporcional a la superficie y **d** proporcional al volumen, ver Figuras 7a y 7b. Se ha ajustado esta ecuación con resultados satisfactorios.

Los límites del crecimiento están determinados principalmente por:

- Relación de la superficie y el volumen: mientras la proporción de la superficie respecto al volumen no alcance niveles críticos, el árbol continúa creciendo. Una vez que el volumen, que requiere de los productos de la síntesis, alcanza un tamaño que la superficie de síntesis, follaje y raíces, no es capaz de abastecer satisfactoriamente, el crecimiento disminuye hasta detenerse y eventualmente el árbol comienza a perder ramas y luego muere.
- La relación entre la albura, tejido de conducción y el duramen, tejido de soporte estructural, representa un factor que limita el crecimiento, cuando la cantidad de duramen necesaria para mantener el árbol en pie es proporcionalmente mayor que la albura, el balance energético es desfavorable y el crecimiento disminuye hasta detenerse.



7a




7b

Figura 7. Curvas de incremento diamétrico, especies comerciales y potenciales (7a), especies no comerciales (7b). Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. Fuente: Contreras et al., (1996).

- El vigor, que es la capacidad intrínseca de cada individuo para aprovechar los recursos del medio, agua, luz y nutrimentos. El vigor se pierde por factores tanto internos como externos, plagas, enfermedades, por ejemplo.

Los factores propios del sitio, disponibilidad de recursos, también afectan el crecimiento.

<p>Reseña</p> 	<p><i>El Crecimiento es el cambio de tamaño en el tiempo. El incremento es la magnitud de ese cambio.</i></p> <p><i>Factores que afectan el crecimiento de los árboles:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• edad• competencia• especie, genética• vigor• sitio <p><i>Crecimiento como resultado de dos fuerzas opuestas:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• anabolismo• catabolismo
--	---

2

MUESTREO SILVICULTURAL

El muestreo silvicultural tiene como objetivo general identificar los principales rasgos de la estructura de un bosque, en función de su potencial de producción. Como objetivos específicos están los siguientes:

- Cuantificar la abundancia y distribución de la regeneración de las especies arbóreas.
- Estimar la disponibilidad de energía para los mejores árboles de la regeneración de especies comerciales.
- Determinar necesidad e intensidad de tratamientos silviculturales

Historia del Muestreo Silvicultural

En Malasia se desarrolló, desde principios de siglo, un sistema silvicultural uniforme en el que el bosque original, en el cual predominan especies de la familia Dipterocarpaceae, era prácticamente sustituido por otro arbolado más simple, dominado por especies de valor comercial. La sustitución se realizaba mediante una cosecha de todos los árboles de especies comerciales, mayores a 45 cm de diámetro y la aplicación de un tratamiento de refinamiento sumamente drástico. Se esperaba que este tipo de intervención provocara el establecimiento de una abundante regeneración de especies valiosas demandantes de luz, para verificar esta hipótesis se diseñaron diferentes tipos de muestreo que se aplicaron en diversos momentos después de la intervención, dirigidos a los diferentes tamaños de regeneración. Después de la cosecha y de un tratamiento de inducción, la aplicación e intensidad de todos los tratamientos siguientes dependían de la información levantada en el muestreo diagnóstico. El primer objetivo de este muestreo era determinar si la regeneración era adecuada. Este muestreo evolucionó desde mediados de los años veinte hasta los sesenta, presentando las siguientes características (Vincent, 1975):

29

- Uso de diferentes tamaños de unidades de registro, dependiendo del tamaño de la regeneración a evaluar: miliacre (2 m x 2 m) dirigido a brinzales, 1/4 de cadena (5 m x 5 m) para evaluar latizales y 1/2 cadena (10 m x 10 m) para los fustales.

- Selección del individuo mejor establecido de una especie comercial, en cada unidad de registro.
- Anotación de la clase de tamaño y dominancia del individuo seleccionado.
- Anotación de la presencia de palmas, trepadoras, etc. en la unidad de registro.

Por las características homogéneas del bosque en este sistema no se da atención a la validez estadística de la información, por lo que se plantea un simple levantamiento lineal con parcelas divididas en unidades de registro de alguno de tres posibles tamaños. El tamaño de las unidades de registro de las parcelas se selecciona dependiendo del tamaño de la regeneración que se espera encontrar, lo que está en función del tiempo transcurrido desde la cosecha y la aplicación del tratamiento inicial de envenenamiento (Vincent, 1975). Las especies se agrupan en preferidas, deseables y aceptadas y el porcentaje de ocupación se evalúa dependiendo de la clase de valor de las especies.

En Uganda se desarrolló un sistema silvicultural uniforme, pero a diferencia del de Malasia, se da una fase de conversión, en la que se aprovechan los árboles maduros y se aplican una serie de tratamientos tendientes al establecimiento de una masa más uniforme que la original. La diferencia respecto al sistema malayo se debe a las características propias de los bosques: en Uganda son bosques mixtos de laderas. Al igual que en Malasia, en Uganda, el diseño y la intensidad de los tratamientos depende de la información de los muestreos. Las características del muestreo son las siguientes (Dawkins, 1958):

- Estratificación ecológica del bosque en tipos. Por ser bosques heterogéneos se necesita separar en grandes grupos.
- Levantamiento en transectas, unidades de muestreo ubicadas al azar y con repetición dentro de bloques que corresponden a tipos de bosque.

- Utilización de unidades de registro de 20 m x 40 m por la heterogeneidad del bosque. Como el bosque mantiene parcialmente su estructura se usa un único tamaño en vista de que siempre se van a encontrar árboles de las diferentes clase de tamaño.
- Elaboración de listas de especies agrupadas por su valor comercial.
- En cada unidad de registro se selecciona un primer candidato de una especie de valor y con las mejores posibilidades de desarrollo, así como un segundo candidato de una especie diferente a la del primero.
- De cada individuo seleccionado se anotan sus dimensiones y la posición y calidad de la copa (en función de la circularidad de la misma), así como la infestación con trepadoras, etc. Se establecen cinco posibles posiciones de copa, como estimador del acceso a la luz.
- Para complementar la información de cada árbol seleccionado se anotan los impedimentos, que pueden ser trepadoras o árboles, éstos pueden ser de especies deseables o no (Hughes, 1961).
- Se aplican métodos estadísticos, fijándose un error permisible. Se realiza una ubicación aleatoria y se determinan las variables como parámetros de la población, por lo que se deben cumplir los postulados de muestreo.
- Para evitar los riesgos de sobrestimar las existencias de regeneración se propone usar el límite inferior de la banda de confianza.
- Cortas de conversión reteniendo parte del arbolado maduro. La remoción total de la masa comercial madura se hace en tres operaciones de cosecha distribuida en los primeros veinte años de manejo.
- Definición del líder deseable.

Determinación de Líderes Deseables

Un deseable sobresaliente o líder deseable se define como el mejor individuo de una especie comercial en la unidad de registro, con dap entre 10 cm y el diámetro mínimo de corta a ser aplicado. Debe poseer un fuste sano, bien formado, con una sección recta de al menos cuatro metros, libre de deformaciones o defectos. La copa debe tener buena forma y vigorosa.

Tipos de Muestreo Silvicultural Recomendados

Media cadena: consiste en un muestreo lineal por transectas a lo largo del estrato o tipo de bosque. Se utilizan unidades de registro de 10 x10 m. Se mide todo árbol sobre 10 cm dap, comercial y no comercial, anotando su especie o grupo.

Muestreo diagnóstico: consiste en un muestreo lineal en transectas a lo largo del estrato o tipo de bosque. Se utilizan unidades de registro de 10 m x 10 m. Se hace la medición y evaluación de un **líder deseable** por unidad de registro y se determina su posición de copa.

32

El muestreo diagnóstico (Hutchinson, 1993) es el producto más avanzado del muestreo malayo y se ha adaptado a bosques neotropicales en América Central y no se conocen limitaciones técnicas que impidan su aplicación en Sudamérica, aunque puede ser honerosa su aplicación en superficies grandes.

Determinación de las Posiciones de Copa

Al líder deseable se le evalúa su acceso a la radiación, mediante la posición de copa. Se usa el sistema de calificaciones establecido en Uganda por Dawkins (1958), según se detalla a continuación.

5. Emergentes: aquellos individuos cuya copa está totalmente expuesta y libre de competencia lateral, al menos dentro del cono invertido de 90° determinado por la base de la copa. **4. Codominantes:** aquellos individuos en los que la parte superior de la copa está totalmente expuesta a la luz vertical, pero se encuentran adyacentes a otras de igual o mayor altura que impiden la luz lateral. **3. Bajos del dosel:** en estos

individuos la copa recibe luz superior en forma parcial, ya que son sombreados parcialmente por otras copas. **2.** *Con luz lateral:* la copa se encuentra totalmente sombreada verticalmente, pero expuesta a alguna luz directa debido a claros o discontinuidad del dosel superior. **1.** *Suprimidos:* la copa se encuentra totalmente sombreada tanto vertical como lateralmente.

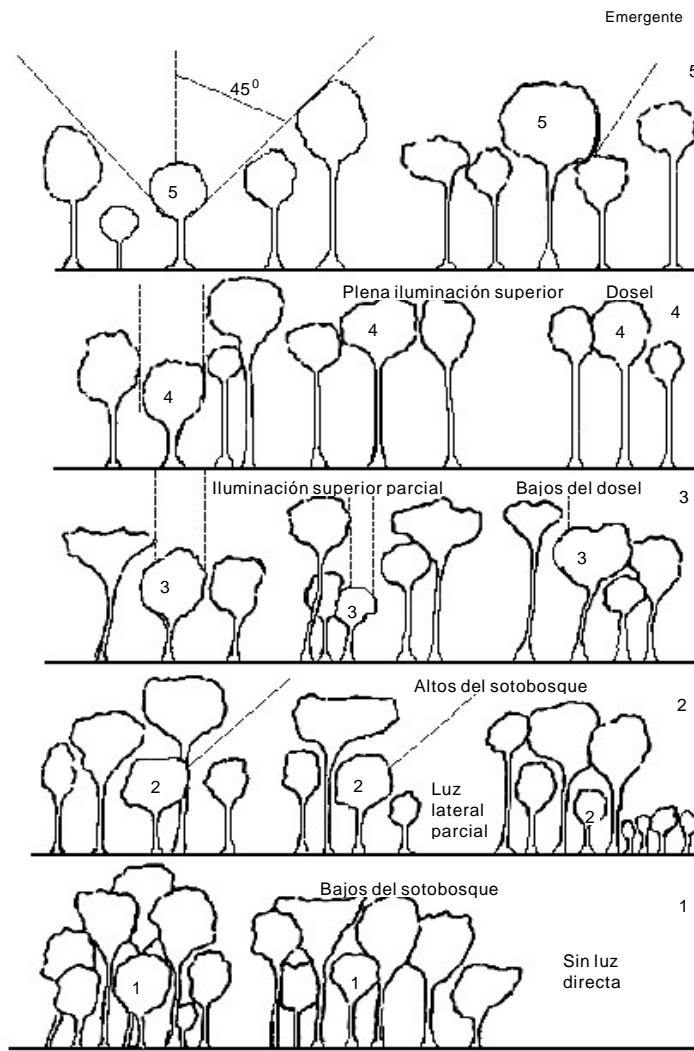


Figura 8. Posiciones de copa. Adaptado de Alder y Synnott (1992).

Planificación del Muestreo Silvicultural



Al planificar un muestreo silvicultural, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Evaluar la existencia de regeneración de especies de interés comercial.
- Definir la necesidad de aplicación de tratamientos con base en la información del inventario y en las condiciones económicas y políticas del manejo.
- Aplicar el muestreo silvicultural una vez concluido el aprovechamiento, inmediatamente después para definir tratamientos y unos cinco años después de la intervención para evaluar la presencia de regeneración.
- La intensidad dependerá de los objetivos del muestreo, se puede aplicar desde un 10%, en casos de investigación hasta un 5% en manejo piloto, para el manejo de áreas comerciales puede ser de un 2%.
- Capacitar al personal de campo en medición, identificación de especies y evaluación de posición de copa.
- Utilizar carriles preexistentes, de manera que se minimice el trabajo.

35

El muestreo diagnóstico se diseñó para sistemas uniformes de manera que las poblaciones que se forman son coetáneas, se localizan en este tipo de población individuos que sobresalen del dosel (emergentes) que son considerados como árboles “lobo” y que pertenecen normalmente al grupo de las especies indeseables.

Se ha recurrido a la combinación del muestreo diagnóstico y el muestreo de regeneración porque brinda mayor y mejor información cuando se trabaja en bosques tropicales, por lo que se tienen herramientas sólidas para la toma de decisiones silviculturales.

<p> Reseña</p> <p></p>	<p>En los muestreos silviculturales:</p> <ul style="list-style-type: none">• se deben estratificar los bosques heterogéneos y extensos,• se establecen unidades de registro (10m x 10m, 5m x 5m, 2m x 2m), adecuadas al tamaño de la regeneración que se necesita evaluar,• procurar validez estadística,• en el manejo comercial del bosque se debe usar para verificar el establecimiento de la regeneración,• es una herramienta útil para certificar el buen manejo del bosque,• la intensidad sugerida para aplicar a escala comercial es del 2%,• se debe evaluar todos los árboles con dap mayor a 10 cm,• es útil para el diseño de tratamientos a escala experimental,• se debe seleccionar un líder deseable y evaluar su situación silvicultural.
---	---

Resultados

Determinación de la Abundancia

Se conoce como abundancia el número de individuos por unidad de área, o sea, el número de árboles por hectárea. Se puede determinar la abundancia por especie o por grupo de especies. Por lo general se determina para especies comerciales y no comerciales. Asimismo, se puede determinar la distribución de la abundancia por categorías de diámetro.

Se presenta a continuación información de un ejemplo en la Región Huetar Norte de Costa Rica, la mayoría de los sitios ubicados en esta región se localizan en la zona de vida bosque muy húmedo Tropical, este es el caso del que se presenta, con una elevación menor a los 100 m. En él se determinó la abundancia distribuida por clases de diámetro tanto para las especies

comerciales, como para las no comerciales. En este caso se tiene la información de una unidad de muestreo de 2500 m² que se extrapola a la hectárea; usualmente las muestras son de mayor tamaño, correspondiendo entre 2 y 5% según la extensión del bosque.

Cuadro 1. Distribución de la abundancia de especies comerciales y no comerciales expresada por hectárea. Finca 1, Región Huetar Norte, Costa Rica.

Categoría Diámetro cm	Especies Comerciales	Especies no Comerciales	Total
10-19.9	44	124	168
20-29.9	16	44	60
30-39.9	8	12	20
40-49.9	4	0	4
50-59.9	16	8	24
>60	8	4	12
TOTAL	96	192	288

En este tipo de cuadro se puede identificar la estructura horizontal del bosque residual, distribución del número total de árboles por clase de diámetro, que sigue una distribución de jota invertida. La proporción de especies comerciales y no comerciales en las diferentes clases de diámetro es característica de los bosques húmedos. Por lo general en las clases menores predominan las especies no comerciales esciófitas que nunca alcanzan mayor tamaño, lo cual se debe tomar en cuenta para definir un posible tratamiento orientado a aumentar la cantidad de luz en el piso del bosque.

37

El área basal, expresada por hectárea, es el parámetro identificado como G (m²/ha) y corresponde a la suma de las áreas basimétricas ($d^2 \cdot \pi / 4$) de los árboles en esa superficie. Se puede determinar el área basal por grupo de especies y su distribución por categorías de diámetro. Este parámetro es útil, pues da una idea de la magnitud del ecosistema y de su capacidad de carga, ya que contempla el número y tamaño de los árboles. Además, es un buen indicador de la capacidad de carga y de la ocupación del bosque. Aunque por definición corresponde a la suma de áreas basimétricas, para el análisis del área basal de la abundancia se tiene una estimación aceptable calculando el área basimétrica a partir del diámetro medio de la clase y multiplicándolo por el número de individuos de la clase.

A continuación se presenta la distribución del área basal correspondiente al mismo ejemplo de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

Cuadro 2. Distribución del área basal de las especies comerciales y no comerciales por categoría de diámetro, expresada por hectárea (m²/ha). Finca 1 Región Huetar Norte, Costa Rica.

Categoría de Diámetro (cm)	Especies Comerciales	Especies no Comerciales	Total
10-19.9	0.78	2.19	2.97
20-29.9	0.79	2.16	2.95
30-39.9	0.77	1.15	1.92
40-49.9	0.64	0.00	0.64
50-59.9	3.80	1.90	5.70
>60	2.65	1.33	3.98
TOTAL	9.43	8.73	18.16

En el trópico los bosques húmedos no intervenidos presentan, en promedio, áreas basales que varían en un ámbito de 15 a 40 m², encontrándose bosques aún más ricos. Si no se conoce el área basal del bosque antes de la cosecha, se puede estimar a partir de la experiencia sobre el impacto del aprovechamiento. En el caso del ejemplo, por la experiencia que se tiene en la región, la reducción en área basal ocasionada por la tala y el daño a otros árboles, es del 20%, lo que indica que originalmente el bosque pudo tener unos 23 m². Esto significa que es un bosque con un buen potencial de producción. Aunque en las categorías menores, el área basal de las especies no comerciales es mucho mayor que la de las comerciales, el total del área basal de las especies comerciales es mayor que la de las no comerciales. Por lo general, se observa esta situación y se señala, una vez más, la posibilidad de intervenir en las categorías menores. Hay que tomar en cuenta el área basal para definir la intensidad de los tratamientos.

Determinación de la Frecuencia

Se define frecuencia como la proporción de unidades de registro en las que se observa determinado atributo, en este caso la presencia de un árbol de interés comercial, respecto del total de unidades de registro evaluadas, generalmente se expresa como un porcentaje. Cuando se evalúan diferentes atributos simultáneamente, cada especie presente, por ejemplo, se puede determinar una frecuencia absoluta y otra relativa al relacionar la frecuencia de

cada atributo respecto a la frecuencia del total de ellos, en el caso del muestreo silvicultural se trabaja con un solo atributo, especie comercial, por lo que no tiene sentido determinar frecuencias relativas. No importa si en algunas de las unidades de registro se observó más de un individuo de estas especies, se supone que el área de la unidad de registro es adecuada para que crezca efectivamente uno de los individuos, por esto a la frecuencia se le conoce como abundancia efectiva. Este concepto no implica que los demás individuos deban eliminarse, sino que para efectos de distribución y competencia uno de ellos es el efectivo. Se determina la frecuencia de las especies comerciales para tener una idea más realista del potencial de producción para el futuro; se puede distribuir por categoría de diámetro, lo que permite tener una idea de la magnitud y del tiempo requerido para obtener una cosecha futura. La estimación del tiempo depende del conocimiento que se tenga de las tasas de crecimiento de los árboles.

Para determinar la frecuencia se cuentan las unidades de registro ocupadas por al menos un árbol de una especie comercial y se divide entre el total de las unidades de registro. Para hacer la distribución diamétrica se agrupan las parcelas ocupadas de acuerdo a la categoría correspondiente del individuo de mayor dimensión y se procede a determinar las proporciones respectivas. A continuación se presenta la distribución diamétrica de la frecuencia determinada a partir de la información del ejemplo de la Región Huetar Norte. Téngase en cuenta que por ser una proporción no hay que extrapolar a la hectárea. En los casos en los que la unidad de registro sea de 100 m², el porcentaje corresponde al número absoluto.

39

Cuadro 3. Distribución de la frecuencia de las especies comerciales por categoría de diámetro. Finca 1. Región Huetar Norte, Costa Rica.

Categoría de diámetro (cm)	Frecuencia
10-19.9	24
20-29.9	8
30-39.9	8
40-49.9	4
50-59.9	16
>60	8
TOTAL	68

En principio la frecuencia da una idea del grado de ocupación efectiva de las especies comerciales; porcentajes mayores al 40% son aceptables en la mayoría de los bosques. Se llama la atención sobre el hecho de que la abundancia de comerciales es de 96 mientras que la frecuencia es de 68%, se recuerda que en el caso de unidades de registro de 10 m x 10 m el porcentaje es equivalente al número absoluto.

La frecuencia también permite determinar cuántas categorías de diámetro son necesarias para conformar una cosecha futura, de acuerdo al número de árboles que se extraen en dicha operación. En este caso, con los árboles ubicados en las dos categorías mayores es suficiente, en vista de que usualmente se aprovechan de seis a ocho árboles por hectárea. Hay que contemplar que algunos de los árboles son de mala forma y que se debe reservar algunos como semilleros. El diámetro de corta permisible es de 60 cm, por lo que para una siguiente cosecha habrá que esperar el tiempo necesario para que los árboles que ahora están en la clase de 50 a 59,9 crezcan 10 cm de dap. En algunos casos habrá que contemplar más categorías para conformar una cosecha, por lo que aumenta el tiempo de espera. Este tipo de información también permite determinar en cuáles categorías de diámetro se deben concentrar los tratamientos para favorecer su crecimiento.

Líderes Deseables por Posición de Copa y Clase Diamétrica

La información de los deseables sobresalientes, obtenida en el muestreo diagnóstico, se analiza mediante la distribución del número de éstos por categoría de diámetro y posición de copa, como se muestra a continuación para el ejemplo de la Región Huetar Norte.

Cuadro 4. Distribución de los deseables sobresalientes por clase de diámetro y posición de copa expresada por hectárea. Finca 1. Región Huetar Norte, Costa Rica.

Categoría de diámetro (cm)	Posición de copa					TOTAL
	1	2	3	4	5	
10-20	0	8	8	8	0	24
20-30	0	0	8	0	4	12
30-40	0	0	0	4	4	8
40-50	0	0	0	0	4	4
50-60	0	0	0	0	12	12
TOTAL	0	8	16	12	24	60

Esta información permite determinar la proporción de los líderes deseables que requieren liberación, o sea, aquellos árboles con posición de copa inferior o igual a 3, en vista de que los de posiciones 4 y 5 tienen plena luz, al menos en la parte superior de la copa. Se indican, además, las categorías de diámetro en que se encuentran los árboles que requieren ese tratamiento. En el caso del ejemplo, aparentemente no se requiere ningún tratamiento, al menos no para los árboles de la siguiente cosecha, categoría diamétrica 50-60 cm. Cabe discutir la conveniencia de favorecer individuos de menores dimensiones, de 10-30 cm en el caso del ejemplo, que se cosecharían después de dos o tres ciclos de corta. Otro aspecto a tomar en cuenta es la posibilidad de que la sombra la reciban de árboles de especies comerciales. Se llama la atención sobre el hecho de que la cantidad de líderes deseables corresponde con la frecuencia para las categorías menores a 60 cm, que en ambos casos es de 60 árboles por hectárea.

41

Para contrastar el estado de un bosque intervenido bajo criterios de buen manejo se presenta otro ejemplo, también de la Región Huetar Norte, en el que se intervino el bosque con un aprovechamiento destructivo, lo que ha sido tradicional en la región. Se levantaron líneas de muestreo divididas en unidades de registro de 10 m x 10 m combinado con un muestreo diagnóstico. El levantamiento se hizo con una intensidad del 10% en un área aproximada de 30 hectáreas, cuatro años después del aprovechamiento.

Al comparar la abundancia y área basal de las especies comerciales con respecto al total de especies, se aprecia que el número de individuos comerciales representa un 35% del total, mientras que el área basal de los comerciales corresponde al 54%. De lo anterior se desprende que las especies no comerciales se concentran en las categorías diamétricas inferiores. Esto se puede verificar al

comparar categoría por categoría y es una característica típica de los bosques tropicales húmedos, Cuadro 5.

La frecuencia entre 10 y 60 cm, segmento comparable con el número de líderes deseables, alcanza un valor de 54.47, Cuadro 6. Se encontraron un total de 26.98 líderes deseables, que representan el 50% de la frecuencia correspondiente: esto significa que la explotación fue tan destructiva que dañó la mitad de los individuos remanentes de especies comerciales en el bosque, sin tomar en cuenta los que se destruyeron totalmente y que no se midieron en el levantamiento. Es evidente que en ningún momento se cuidó la dirección de caída de los árboles y que la intensidad del aprovechamiento no contempló la sostenibilidad de la producción del ecosistema. Al comparar esta situación con la del ejemplo anterior se evidencia la diferencia en el potencial de producción de ambos bosques. La comparación de la frecuencia con el número de líderes deseables es una herramienta muy útil para evaluar la calidad del aprovechamiento.

Cuadro 5. Distribución diamétrica de la abundancia y área basal por grupo de especie y por hectárea. Finca 2. Región Huetar Norte, Costa Rica.

42

Clase diamétrica (cm)	Especies comerciales (número)	Area basal (m ²)	Total de especies (número)	Area basal (m ²)
10-20	58.79	1.04	249.04	4.29
20-30	33.98	1.66	78.55	3.75
30-40	28.79	2.72	44.67	4.32
40-50	8.20	1.23	18.75	3.11
50-60	6.58	1.27	8.38	1.78
60-70	2.83	0.94	3.27	1.00
70-80	4.08	1.80	5.44	2.89
80-90	1.89	1.57	2.38	1.85
90-100	0.00	0.00	0.00	0.00
>100	0.44	0.38	0.44	0.38
TOTAL	145.58	12.61	410.92	23.37

Cuadro 6. Distribución diamétrica de la frecuencia. Finca 1. Región Huetar Norte. Costa Rica.

Clase Diamétrica cm.	Frecuencia
10-20	8.91
20-30	15.30
30-40	19.17
40-50	6.39
50-60	4.70
60-70	2.83
70-80	4.08
80-90	1.89
90-100	0.00
>100	0.44
TOTAL	63.71

En el Cuadro 7, correspondiente a la distribución de líderes deseables, se observa que en las categorías de copa superiores o iguales a 3 se concentran 25.31 líderes, los cuales representan el 94% de la población. En las categorías diamétricas de 10 a 30 cm se ubican 15.12 líderes que representan el 56 % de la población. Al confrontar este hecho con la situación de posición de copa, se concluye que la intensidad de la intervención fue tal que se removió prácticamente la totalidad del dosel, dejando, dispersos por el bosque, únicamente algunos árboles o grupos de árboles, de especies no comerciales o individuos defectuosos de especies comerciales.

43

Del análisis de la distribución diamétrica de los líderes deseables se infiere que una próxima cosecha se puede esperar en unos 75 años, que es el tiempo promedio que demoran en pasar individuos desde los 30 a los 60 cm de diámetro. Por la distribución de los líderes deseables por posición de copa se puede afirmar que los árboles que potencialmente componen esa cosecha todos tienen pleno acceso a la luz.

Por la intensidad del aprovechamiento y por el grado de deterioro que presenta el bosque, no se recomienda aplicar tratamientos que abran más el dosel. De cualquier manera, estos tratamientos no inducirán ninguna respuesta en los posibles individuos de la próxima cosecha, en virtud de las posiciones de copa. Es conveniente darle tiempo al bosque para que reaccione ante un impacto tan drástico y en unos 10 años hacer una nueva evaluación para determinar posibles tratamientos tendientes a favorecer el crecimiento de la regeneración de especies valiosas.

Cuadro 7. Distribución diamétrica de los líderes deseables por posición de copa. Finca 2. Región Huetar Norte, Costa Rica.

Clase diamétrica cm.	Posición de copa					TOTAL
	1	2	3	4	5	
10-20	0.00	1.67	3.48	1.96	1.67	8.78
20-30	0.00	0.00	2.30	4.04	0.00	6.34
30-40	0.00	0.00	0.00	1.41	6.20	7.61
40-50	0.00	0.00	0.00	0.90	2.39	3.29
50-60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.96
TOTAL	0.00	1.67	5.78	8.31	11.22	26.98

Se presenta como contraste un bosque en la Zona de Vida Pluvial Premontano, a 1200 m de elevación, intervenido en los años 1958, 1962, 1973, 1989. Entre estas fechas, además, se han realizado cortas furtivas de madera y leña. A partir del último aprovechamiento se ha dejado que el bosque se recupere. El levantamiento se realizó cinco años después de la última intervención.

44

La distribución diamétrica del número de árboles por hectárea, Cuadro 8, muestra que el 82% de los árboles pertenecen a especies no comerciales. Se observa la distribución de jota invertida, característica de los bosques naturales. Las especies sin interés comercial dominan el ecosistema.

Cuadro 8. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea para especies comerciales y no comerciales. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica. 1995.

Categoría de diámetro	Especies comerciales	Especies no comerciales	Total
10-20	38.7	240.7	279.3
20-30	19.3	79.0	98.4
30-40	12.1	30.2	42.3
40-50	6.2	9.8	16.1
50-60	1.6	1.3	3.0
>60	2.3	2.6	4.9
Total	80.3	363.6	443.9

Por otra parte, en el Cuadro 9 se presenta la distribución del área basal de este mismo bosque, aunque ésta refleja un área basal similar a la presentada en el ejemplo 1 de este documento, hay una marcada desproporción entre las especies comerciales y no comerciales superando siempre este último grupo el de las especies comerciales, esto se explica por la repetición de las intervenciones que resulta en una evidente degradación de la población de especies comerciales.

Cuadro 9. Distribución diamétrica del área basal para especies comerciales y no comerciales por categoría de diámetro, expresada en m² /ha. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica.

Clase Diamétrica	Especies Comerciales	Especies no Comerciales	Total
10-20	0.67	3.85	4.52
20-30	0.93	3.49	4.42
30-40	1.12	2.69	3.81
40-50	0.96	1.49	2.45
50-60	0.34	0.3	0.64
>60	0.81	1.07	1.88
Total	4.83	12.89	17.72

El Cuadro 10, donde se presenta la distribución diamétrica de la frecuencia de especies comerciales, muestra cómo este bosque se encuentra en el límite inferior de lo que pudiera considerarse una cantidad de individuos comerciales aceptable para el ecosistema, en el ámbito diamétrico 10-60 cm, pero aún insuficiente para una cosecha comercial rentable.

45

Cuadro 10. Distribución diamétrica de la frecuencia de especies comerciales. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica.

Clase diamétrica	Frecuencia (%)
10-20	16.4
20-30	10.2
30-40	8.8
40-50	4.6
50-60	1.6
>60	2.3
Total	43.9

Comparando esta última información con la presentada en el Cuadro 11 que tiene la distribución diamétrica de los individuos deseables según sea su posición de copa, una vez más se puede definir si este bosque tiene la necesidad de un tratamiento silvicultural con el objetivo de proporcionar luz a los líderes deseables.


Cuadro 11. Distribución diamétrica del número de árboles por hectárea por posición de copa para los líderes deseables. Finca La Laguna Azul, Turrialba, Costa Rica.

Clase diamétrica	Posición de copa			
	3	4	5	Total
10-20	1.6	2.0	1.0	4.6
20-30	1.6	1.6	1.6	4.9
30-40	0.7	1.3	0.7	2.6
40-50	0.0	1.3	2.0	3.3
50-60	0.3	0.3	0.7	1.3
Total	4.3	6.9	5.9	16.7

46

Sin embargo, como se puede ver sólo el 40% de los árboles comerciales son líderes deseables y los mismos se encuentran en posiciones de copa arriba de 3, es decir, ningún líder deseable tiene sombra. El 77% de los líderes están recibiendo luz, por lo que no es necesaria la aplicación de un tratamiento; esto indica también la drasticidad de las intervenciones. Además, estos líderes deseables están concentrados en las clase diamétricas inferiores, por lo que sólo queda esperar que estos árboles crezcan. La próxima cosecha se podría esperar después de 80 años, si se toma en cuenta que la cosecha puede ser de 5 árboles por hectárea y ésta se alcanza con los individuos de 40 cm de diámetro en adelante. En promedio se estima que los árboles podrían crecer entre los 2-4 mm anuales, desde los 20 cm de diámetro, por tanto para que un árbol de 20 cm llegue a los 60 cm se estima un tiempo máximo de 175 años.

Por la posición de este bosque en una cuenca hidrográfica de interés hidroeléctrico y por el escaso potencial de producción, este bosque se debe dedicar a protección.

<p>Reseña</p> 	<p>El análisis de la información debe contemplar:</p> <ul style="list-style-type: none">• Proporción del número de individuos comerciales y no comerciales por clase de diámetro.• Tamaño de los individuos de la siguiente cosecha y posible tiempo de espera.• Distribución diamétrica de los individuos que requieren luz.• Evaluación del impacto del aprovechamiento.
---	--

Aplicación de la Información del Muestreo Silvicultural

Las tres principales líneas de acción tendientes a lograr la producción sostenible de madera son: a) asegurar el establecimiento de regeneración de especies de interés comercial, b) promover el crecimiento de los individuos que conformarán las futuras cosechas y c) mantener e incrementar la calidad global del bosque, esto es, la calidad de los individuos como el valor de las especies.

Los procesos naturales de autoperpetuación del bosque; caída natural de árboles, regeneración de arbolitos y la mortalidad natural de algunos de los mismos; dan como resultado una comunidad en equilibrio con el clima y los demás elementos del ambiente, a este ecosistema lo conocemos como bosque clímax. Al intervenir el bosque, con una cosecha por ejemplo, alteramos algunas de las relaciones de equilibrio por lo que es necesario intervenir para promover el restablecimiento de esas relaciones.

47

Cuando se realiza la cosecha en un sistema de selección se destruye una parte de la población de árboles, se ha observado que esta destrucción se concentra en las categorías de diámetro menores (Jonkers, 1987) por lo que es conveniente estimular el aumento de la población de árboles comerciales jóvenes para sustituir los dañados y asegurar que el ecosistema pueda soportar el impacto de cosechas futuras. En vista de que la mayoría de los árboles del dosel requieren mayores cantidades de luz que las que se presentan naturalmente en el piso del bosque (Hartshorn, 1980) es conveniente complementar las aperturas ocasionadas por la cosecha para tener una mayor y mejor distribuida, población

de árboles jóvenes que garanticen la producción de madera en el futuro. Es por ello que después del análisis cuidadoso de la información del muestreo silvicultural se determina la necesidad e intensidad del tratamiento.

Para acercarnos al concepto del rendimiento sostenible, en un determinado período de tiempo, se debe aprovechar en el bosque un volumen igual al crecimiento que se ha dado en ese tiempo. Esta previsión evita que se disminuya la masa por debajo de los límites que permiten la recuperación del potencial de producción del bosque, dentro de períodos económicamente interesantes. Aumentar la tasa de crecimiento de los mejores individuos de las especies comerciales es de gran importancia pues de ello depende en gran medida el éxito económico del manejo. Se procura poner a disposición de los deseables sobresalientes la mayor cantidad de recursos, luz, agua, nutrimentos y espacio, para que aventajen a los demás árboles que compiten con ellos por esos recursos; esta ventaja se expresará como un mayor incremento de sus dimensiones.

Aunque existen líneas generales, no es conveniente aplicar un tratamiento, a menos que se tenga la seguridad de que sus efectos contribuyen a cumplir los objetivos deseados, en las condiciones específicas del ecosistema y el marco social y económico.

3 SISTEMAS SILVICULTURALES

La clasificación de los sistemas silviculturales se basa en los métodos de regeneración ya que esta determina, en gran parte, la composición y estructura de la siguiente generación y por tanto de las técnicas para el mantenimiento y aprovechamiento (Bruning, 1975). Los sistemas silviculturales se han definido en dos tipos:

A. Sistemas de Monte Alto.

B. Sistemas de Monte Bajo.

A. Sistemas de Monte Alto

El sistema de monte alto se ha dividido por los tipos de exposición del suelo, en dos grupos:

1. corta y limpia dejando el suelo expuesto;
2. aprovechamiento comercial pero sin dejar el suelo expuesto.

49

Cada uno de estos grupos está definido, a su vez, por el tipo de regeneración presente.

AI Corte y limpia dejando el suelo expuesto

AI.I Establecimiento artificial de un rodal: cualquier vegetación es completa o parcialmente removida, y el nuevo cultivo es introducido por plantación, así por ejemplo se tiene los siguientes sistemas silviculturales:

- bosques artificiales establecidos en terrenos que no han tenido bosque por lo menos en los últimos 50 años, **aforestación**;
- bosques artificiales establecidos en terrenos que han sido cubiertos por bosque en los últimos 50 años, **reforestación**;

- regeneración artificial mediante combinación de técnicas agrícolas y forestales, **taungya**. En esta técnica se combinan las plantaciones forestales con cultivos agrícolas o plantaciones agrícolas.

A1.2 Regeneración natural después de la limpia: se produce el derribo completo del rodal anterior y la regeneración procede de brotes, brinzales o semillas existentes, con o sin quema de residuos de la vegetación anterior. Un ejemplo de este sistema es la regeneración de teca (*Tectona grandis*) con quemas en sitios húmedos.

50

A1.3 Mezcla de regeneración natural y artificial: el énfasis en una u otra forma de regeneración depende de las condiciones naturales del sitio y del rodal y de los objetivos silvícolas. Los ejemplos más comunes son: regeneración de teca con quemas antes de la plantación; regeneración de bambú en rodales naturales o de plantaciones; regeneración de mangle en todas las etapas de la sucesión; bosques naturales de *Pinus*, particularmente en suelos pobres, entre otros.

A2 Aprovechamiento comercial sin dejar el suelo expuesto

Es regeneración artificial predominantemente, sin derribar todo el rodal y sin dejar el suelo expuesto.

A2.1 Énfasis en la regeneración artificial: la madera comercial es aprovechada y el rodal residual no se derriba antes de la regeneración del rodal, así se mantiene una cobertura más o menos constante del suelo, de esta manera se le brinda protección a la regeneración que se establecerá, pero no como fuente de semilla. Así se tiene:

A2.1a Método de Martinean: este método tiene su origen en la Costa de Marfil. Consiste en una plantación de especies tolerantes a la sombra bajo la protección de la luz que proporciona un rodal residual de una etapa temprana de la sucesión o de plantaciones agresivas de leguminosas o de plantaciones agrícolas;

A2.1b Plantación bajo protección natural: la plantación bajo protección natural fue desarrollada antes de la Segunda Guerra Mundial en Trinidad, con el nombre de **Sistema Bajo Dosel Protector de Trinidad**. El turno es de 60 años aproximadamente;

A2.1c Plantación en líneas: el cultivo se establece en líneas de plantación a lo largo de fajas a las cuales se les limpia de la vegetación existente, con o sin aprovechamiento previo al rodal, esto es lo que se ha denominado como método de los “Layons”.

A2.2 Regeneración Natural: según el tipo de regeneración se ha dividido en dos clasificaciones:

A2.2a Eliminación completa del piso superior del rodal: se remueve la cosecha existente mediante un aprovechamiento. La eliminación se completa de 1 a 2 años después del aprovechamiento;

A2.2a.1 La regeneración son predominantemente **brinzales** existentes, complementado con **latizales** y algunos árboles más grandes. Este sistema fue desarrollado en bosques mezclados de Dipterocarpaceas en **Malasia** desde la Segunda Guerra Mundial;

A2.2a.2 Modificaciones del Sistema Uniforme Malayo (MUS), se hicieron modificaciones al MUS en otros países al introducir tratamientos previos al derribo.

Uganda: el sistema consiste en un tratamiento de refinamiento general basado en un muestreo diagnóstico previo. Cualquier regeneración es liberada de lianas y competidores, el objetivo es tener una regeneración establecida en el momento de la extracción. Después de la explotación se aplican tratamientos de liberación adicionales.

Amazonas: consiste en la aplicación de tratamientos que incluyen el corte de trepadoras, el cuidado de árboles jóvenes, el posible envenenamiento de árboles grandes e inútiles y el tratamiento del suelo alrededor de los árboles con semillas para inducir la regeneración, todas estas actividades antes de la corta inicial.

A2.2a.3 Sistemas uniformes con regeneración adelantada: en este sistema el principio es similar al del *sistema uniforme malayo* pero se retienen además de los brinzales, los brotes, los latizales y pequeños árboles por arriba de un diámetro límite y forman parte importante del nuevo cultivo, el sistema es monocíclico pero a veces se aplican aprovechamientos comerciales intermedios. Dentro de los ejemplos típicos de este sistema están:

- Regeneración de bosques productivos de Dipterocarpaceae mezcladas en Sabah.
- Regeneración de Ramin en los bosques de los pantanos turbosos de Sarawak.
- Regeneración de Limba en Africa occidental.

52

A2.2a.4 Regeneración Natural por eliminación del primer estrato y parte del segundo. Regeneración de las clases de tamaño intermedio. El sistema es policíclico; el énfasis de la regeneración está en latizales y madera comercial inmadura, no en brinzales. Cuando hay ausencia de regeneración se retienen árboles padre. La madera comercial arriba de un diámetro mínimo de corta se aprovecha en una sola operación. El rodal residual de especies comerciales se libera en grupos arriba del diámetro mínimo y por grupos de árboles indeseables que causen interferencias. El diámetro mínimo y el número de árboles aprovechables se calcula en cada rodal de manera que siempre se retienen árboles comerciales de buena forma para una próxima cosecha; la estructura del rodal es de varios pisos con regeneración escalonada que corresponde con los ciclos de corta. Ejemplo de este sistema son:

- Sistema de corte selectivo filipino también conocido como “Selección tropical. Sistema de diámetro mínimo de corta”. No es sólo un sistema silvícola sino un sistema de manejo completo, que incorpora todos los aspectos de planificación, explotación, regeneración y el cuidado de los nuevos cultivos. Aplica tratamientos a toda un área y no a los árboles individuales.

- Sistema Brandis de regeneración para teca (*Tectona grandis*). Este sistema se introdujo en los bosques de teca en Birmania como respuesta a las cortas intensas con cambios anteriores en los rodales con árboles de clases intermedias.

A2.2b Sistema de regeneración por corta conservando árboles padre. Este es un sistema de regeneración natural bajo dosel protector. El rodal se abre en sucesivas operaciones de aprovechamiento comercial y aprovechamientos de eliminación, el primero, generalmente corresponde a una corta de semillación en la cual se extraen también especies defectuosas y no comerciales de los tres estratos superiores. El objetivo es inducir la regeneración y aumentar así la existente por medio de la presencia de árboles padre. Ejemplos de estos sistemas son los sistemas bajo dosel protector en varias modalidades:

A2.2b.1 *Énfasis en brinzales*: el objetivo es inducir y establecer regeneración de brinzales para formar una segunda masa relativamente más homogénea. Los siguientes son ejemplos de esta modalidad.

- Sistema malayo de mejoramiento de la regeneración: este sistema se caracteriza por un tratamiento de pre-semillación de los estratos intermedios y de la eliminación de especies indeseables de los estratos superiores, para inducir la regeneración antes de la explotación.
- Sistema tropical bajo dosel protector: este sistema es muy similar al anterior, las adaptaciones son locales y lo que buscan es aplicar tratamientos previos al aprovechamiento. La idea original es crear condiciones favorables para la germinación de la semilla. Este es un sistema de alto costo económico para implementar.
- Sistema de regeneración tropical bajo dosel protector en Trinidad por medio de brinzales. Requiere de una fuerte explotación de los fustes comerciales como primera operación y utiliza el dosel retenido sólo para proteger la regeneración ya establecida y no como fuente de semilla.

A2.2b.2 Enfasis en intermedios: A diferencia del sistema anterior se pone atención en los latizales de especies deseables y en árboles pequeños. El objetivo es eliminar los individuos indeseables de los estratos superiores, para que así el rodal sea más homogéneo y compuesto de especies deseables. Este sistema es más irregular que el anterior y puede ser policíclico. Su naturaleza es más la de un tratamiento de refinamiento. Ejemplos:

54

- Sistema bajo dosel protector en bosques de Dipterocarpaceae en la Islas Adaman: los años semilleros en las especies de interés económico ocurren cada 3 a 4 años y producen una regeneración persistente por varios años. Si la apertura del dosel es fuerte se pueden producir daños severos, pero la eliminación gradual del dosel inferior puede incrementar la regeneración.
- Regeneración de okoumé: esta es una especie gregaria que forma rodales individuales dominantes con altos incrementos anuales, especie dominante que se establece con gran facilidad en campos abandonados pero no es buena para competir, por lo que rápidamente es reemplazada por especies invasoras más tolerantes. Bajo este sistema se pretende la regeneración de la especie en todas las edades pero especialmente la de los árboles intermedios.

A2.2c Sistema de regeneración por corte selectivo de árboles padre: el objetivo es crear una cosecha más irregular con una representación más o menos “normal” de todas las distintas edades. Este sistema equivale al manejo de una sola especie; no debe ser confundido con el sistema de diámetro mínimo de corta ni con el sistema selectivo filipino: el primero es un procedimiento de explotación y el segundo es un sistema de regeneración policíclico de toda un área. Ejemplos:

- Sistema de selección de Australia: se basa en el aprovechamiento de *Ceratopetalum apetalum*.
- Sistema de selección en las selvas pluviales submontanas de Puerto Rico.

- Sistema CELOS en Surinam.

A2.3 Sistema de asistencia a la regeneración natural. En la anterior clasificación la regeneración simplemente se ha complementado con la siembra o por regeneración natural dándose énfasis a uno de los dos tipos de regeneración. Este sistema es de regeneración mezclada con énfasis claro en la regeneración natural. Está acorde con el estado particular de la sucesión del bosque.

A2.3a Eliminación completa del dosel en una sola operación. La idea es eliminar el rodal comercial y árboles no comerciales de gran tamaño, y plantar especies pioneras nativas o exóticas en claros o entre la vegetación residual donde las deseables no se hayan regenerado. Ejemplos:

- **Sistema Uniforme Malayo con plantación:** La plantación se hace con especies de rápido crecimiento, pertenecientes a las fases tempranas de la sucesión y de madera ligera en claros grandes.
- **Regeneración de mangle:** se utiliza en las fases media y tardías de la sucesión vegetal.
- **Técnica de Mengo Sur, Uganda:** aprovecha los árboles comerciales en una cosecha y elimina los indeseables para hacer carbón con ellos, al final se planta con especies de rápido crecimiento en lugares libres de maleza.

A2.3b Eliminación completa del dosel en varias intervenciones y en un período más largo. El ejemplo para ilustrar este sistema es el desarrollado en las Islas Reunión. Consiste en eliminar los árboles muertos y limpiar el sotobosque. Unos meses después se realiza un aprovechamiento que retiene los árboles semilleros bien formados; además, se diseminan semillas para asegurar la regeneración, la que estará bien establecida cuando años después se eliminen los árboles semilleros viejos o pobres desde el punto de vista semillero. El turno se estima en 150 años.


A2.3c Enriquecimiento con plantaciones en líneas, reteniendo la regeneración entre líneas. Se eliminan los árboles comerciales y los grandes árboles no comerciales del estrato superior, se planta en líneas y se mantiene la regeneración natural entre línea y se cuida. Este sistema es una modificación del método de los "Layons" (fajas). Este tipo de enriquecimiento se utilizó en el pasado en Malasia, sugerido para los bosques de montaña, en Puerto Rico y en otros países del Trópico.

56

A2.3d Enriquecimiento mediante plantaciones en grupo; en esta técnica se plantan grupos de especies nativas o exóticas de la misma fase sucesional, según la regeneración existente. La plantación se realiza antes o después de la explotación y se atiende igual que la regeneración natural. Todos los sistemas de enriquecimiento tienen la gran desventaja de tener un alto costo económico.

B. Sistemas de Monte Bajo

La cosecha se extrae en una corta de tala rasa y se regenera por monte bajo, los períodos de producción son muy cortos, de 3 y 10 años. Se pueden hacer plantaciones suplementarias para cubrir claros. Se utilizó el sistema de Monte Bajo de *Eucalyptus sp*, *Shorea robusta* y bambú.

<p>Reseña</p> 	<p>De las lecciones aprendidas, tanto de los fracasos como de los éxitos de la aplicación de diferentes sistemas silviculturales se ha aprendido:</p> <ul style="list-style-type: none">• La estructura original del bosque es la mejor respuesta del ecosistema ante las características del sitio, clima y suelo.• Existen procesos, silvigénesis, que tienden a mantener la estructura irregular original del bosque.• El concepto de especies comerciales, es estrictamente artificial y no corresponde con los procesos naturales de silvigénesis ni de evolución.• La dinámica de cada una de las diferentes poblaciones se caracteriza por presentar estrategias de autoperpetuación propias, de acuerdo con las características y requerimientos del temperamento de las respectivas especies.• Si se disminuye una población, por debajo de límites críticos, que no conocemos, se limita su capacidad para evolucionar y adaptarse a condiciones cambiantes, y aún para mantener su presencia en el ecosistema.• La heterogeneidad del bosque mixto tropical es una ventaja ya que garantiza la estabilidad del ecosistema.
--	--

Selección de Prácticas Silviculturales

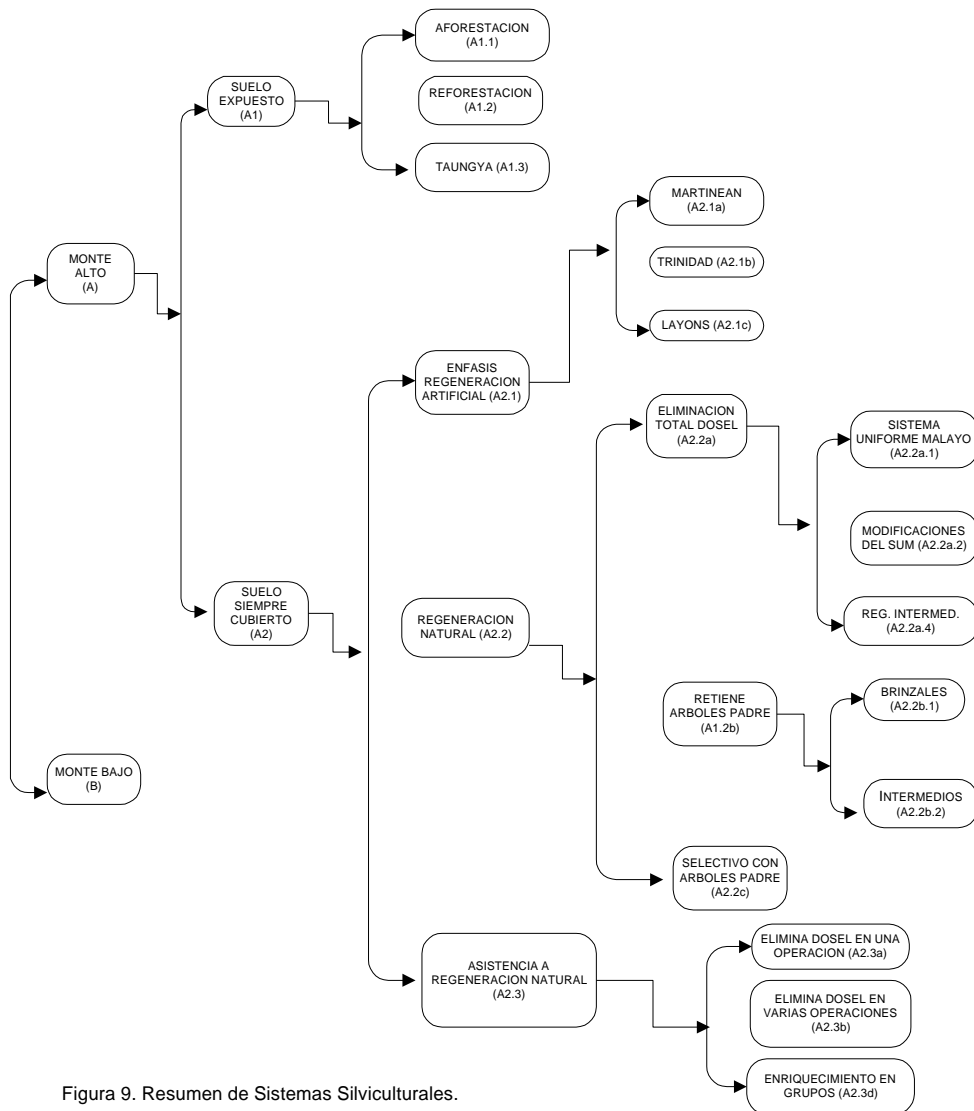


Figura 9. Resumen de Sistemas Silviculturales.

4

TRATAMIENTOS SILVICULTURALES

La implementación de los sistemas silviculturales se hace mediante la aplicación de tratamientos silviculturales. Estos pretenden provocar variaciones en la estructura del bosque con miras a asegurar el establecimiento de la regeneración e incrementar el crecimiento en función de un beneficio económico.

En los bosques intervenidos el crecimiento de los remanentes es de 2 a 3 veces mayor que en los bosques inalterados. En vista de que la mayoría de los árboles del dosel requieren mayores cantidades de luz que las que se presentan naturalmente en el piso del bosque (Hartshorn, 1980), es conveniente complementar las aperturas ocasionadas por la cosecha para tener una mayor y mejor distribución de la población de árboles jóvenes que garanticen la producción de madera en el futuro. También se elimina competencia por nutrientes y cuando se elimina un árbol, los minerales contenidos en la biomasa utilizados son aprovechados por los remanentes.

Con la aplicación de tratamientos hay riesgos de disminuir la diversidad y proporción de especies de árboles, si la aplicación de éstos no ha sido debidamente planificada, lo que amenaza la estabilidad del bosque. Algunos otros sistemas proponen la introducción de especies en hábitats a los que no pertenecen, lo que no sólo afecta el ecosistema por sustitución de especie, sino que lo hace susceptible al ataque de plagas y enfermedades, aumentando posiblemente, la inestabilidad del bosque una vez más. Un punto importante de la aplicación de los tratamientos silviculturales que son dirigidos a especies en particular, es la necesidad de personal capacitado en identificación.

59

Tipos de Tratamientos

Cada tipo de tratamiento responde a características particulares de su aplicación. El primer tratamiento silvicultural que se aplica al bosque es el **aprovechamiento**, que además de rendir ingresos permite dinamizar el ecosistema mediante la apertura de claros. La calidad de la regeneración que se establezca en los claros dependerá de la planificación y cuidado con se realice esta primera intervención, también se enumeran otros tratamientos silviculturales que se explican en detalle a continuación. Estos tratamientos son: **liberación, refinamiento y mejora**.

Aprovechamiento

La planificación del aprovechamiento se inicia con un inventario forestal, se analiza la estructura de las poblaciones y las condiciones propias del ecosistema a intervenir. A partir de la información de la distribución diamétrica de los árboles de cada especie se fija la intensidad de aprovechamiento, esta se puede expresar mediante la fijación de un diámetro mínimo de corta por especie. La idea es que cada especie se intervenga con igual intensidad de tal manera que el impacto del aprovechamiento se distribuya equitativamente entre las diferentes especies.

Para la ejecución del aprovechamiento es importante contar con personal capacitado que conozca no sólo la forma de llevar a cabo las labores de aprovechamiento, sino también la importancia de que la ejecución se lleve a cabo dentro del concepto de sostenibilidad.

A continuación se presenta el ejemplo de un bosque de bajura inundable en la Reserva Forestal del Choré, Bolivia. Para diez especies seleccionadas por las características de su dinámica de población, expresada en su distribución diamétrica (Punto E. Sección I) y por las perspectivas de comercialización, actual y potencial. Aquellas especies que presentan una abundancia total menor a los 0.3 árboles por hectárea se excluyen del análisis ya que no es recomendable aprovecharlas debido a que son especies poco frecuentes y el aprovechamiento puede amenazar su permanencia en el ecosistema. Se presentan las posibles intensidades de aprovechamiento por especie, expresadas por el número de árboles que se aprovecharían por hectárea. Las posibles intensidades se determinan como porcentajes del número de árboles determinados en el inventario, en este caso la población de árboles de más de 20 cm de diámetro, sumariada en la columna de TOTAL en el Cuadro 12.

60

Según la información del Cuadro 12, para obtener una cosecha interesante, alrededor de seis árboles por hectárea, se debe intervenir un 15% de la masa, según inventario. Una vez definida la intensidad se determina, con la información del inventario, la distribución diamétrica por especie de la cosecha, tal como se muestra en el Cuadro 13.

Cuadro 12. Número de árboles para aprovechar, por especie, correspondientes a las posibles intensidades de cosecha. Bosque de Bajura Inundable, Reserva Forestal del Choré, Bolivia.

ESPECIE	TOTAL	5%	7%	10%	12%	15%	17%	20%
Almendrillo	4.48	0.22	0.31	0.45	0.54	0.67	0.76	0.90
Isirí	5.12	0.26	0.36	0.51	0.61	0.77	0.87	1.02
Verdolago	2.4	0.12	0.17	0.24	0.29	0.36	0.41	0.48
Blanquillo	6.15	0.31	0.43	0.62	0.74	0.92	1.05	1.23
Guayabochi	0.83	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.17
Jorori	6.67	0.33	0.47	0.67	0.80	1.00	1.13	1.33
Negrillo	4.06	0.20	0.28	0.41	0.49	0.61	0.69	0.81
Ochoo	10.31	0.52	0.72	1.03	1.24	1.55	1.75	2.06
Paquito	1.36	0.07	0.10	0.14	0.16	0.20	0.23	0.27
Sujo	0.83	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.17
Total	42.2	2.1	3.0	4.2	5.1	6.3	7.2	8.4

Cuadro 13. Número de árboles para aprovechar, por especie, por clase de diámetro. Intensidad 15%. Bosque de Bajura Inundable, Reserva Forestal del Choré, Bolivia.

61

ESPECIE	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90<	TOTAL.
Almendrillo				0.36	0.31		0.67
Isirí	0.41	0.31					0.72
Verdolago			0.05			0.31	0.36
Blanquillo		0.2	0.42	0.31			0.93
Guayabochi					0.11		0.11
Jorori	0.9	0.1					1.00
Negrillo	0.5			0.1			0.60
Ochoo						1.5	1.50
Paquito		0.2					0.20
Sujo						0.1	0.10
TOTAL	1.8	0.8	0.5	0.8	0.4	1.9	6.20

Mediante la determinación del volumen promedio de los árboles de las diferentes categorías de diámetro se estima que el volumen de la cosecha es de 19,8 m³ por hectárea. Hay que tomar en cuenta que el manejo sostenible se basa en el principio de que no se puede aprovechar un volumen mayor que el que el bosque es capaz de crecer en un tiempo determinado, si se aprovecha un volumen alto se debe definir un ciclo de corta extenso, para dar tiempo al bosque para responder a la intervención.

Liberación

Se aplica el tratamiento de liberación para favorecer a aquellos árboles que, siendo prometedores como productores de madera, se encuentran en una situación de competencia desfavorable, por lo general expresada en su posición de copa, esto es que están a la sombra de otro árbol o que las copas de otros árboles compiten ventajosamente con ellos por la luz. El tratamiento consiste en el anillamiento o envenenamiento exclusivamente de los árboles que están afectando al deseable sobresaliente, operaciones que serán explicadas con detalle en el próximo apartado. En estos casos la aplicación de un tratamiento de este tipo tiene sentido si el o los árboles que están compitiendo con el deseable sobresaliente son de especies carentes de valor comercial actual y que por sus características físico-mecánicas, tiene poco o ningún potencial a futuro, de lo contrario habrá que esperar una cosecha futura para que el árbol en cuestión alcance mayor disponibilidad de recursos.

62

Se procura poner a disposición de estos deseables sobresalientes la mayor cantidad de recursos como ser: luz, agua, nutrimentos y espacio, para que aventajen a los demás árboles que compiten con ellos por dichos recursos. Esta ventaja se expresará como un mayor incremento de sus dimensiones.

Este tratamiento se planifica a partir de un muestreo diagnóstico que se realiza después del aprovechamiento.

La aplicación de este tratamiento requiere de mucho cuidado pues deben localizarse los líderes deseables y sus respectivos competidores para su eliminación.

En bosques más uniformes, como pueden ser algunas etapas de sucesiones secundarias en los que los deseables sobresalientes se encuentren bajo la sombra de especies de bajo valor, el tratamiento de liberación es una herramienta muy apropiada para incrementar el valor económico de los mismos.

En sistemas de selección o policíclicos la mayoría de los árboles remanentes son de especies comerciales, por lo que la liberación resultaría un tratamiento ineficiente. Esto se puede observar en los cuadros presentados como ejemplo en el capítulo de muestreo silvicultural.

Cuando en el muestreo diagnóstico o en el inventario se ha identificado el problema de una presencia excesiva de trepadoras, es conveniente cortarlas. Esta es una operación sencilla pero que puede ser costosa y que consiste en cortar con machete los tallos que se proyectan hasta el suelo, libres o alrededor de los fustes de los árboles. En estos casos hay que tener el cuidado de no dañar el fuste a la hora de realizar el corte. Si las copas de los árboles están entrelazadas con bejucos leñosos es necesario cortarlos antes del aprovechamiento, con la suficiente anticipación para permitir su descomposición de manera que las copas, principalmente aquellas de los árboles a extraer, queden libres evitándose que al caer el árbol dañe las copas de sus vecinos o que, en el peor de los casos, los arrastre consigo. La presencia de trepadoras sobre el follaje afecta la capacidad de fotosíntesis del árbol, por lo que la eliminación de las mismas se realiza como **una operación complementaria a la liberación.**

Refinamiento

El refinamiento consiste en la eliminación de árboles de especies no comerciales con diámetro superior a un determinado límite, definido para cada bosque, para evitar entradas excesivas de luz y el establecimiento de vegetación no deseada. Al respecto, en Surinam se han probado exitosamente diferentes intensidades de refinamiento (Shulz, 1967). En el caso de la aplicación del refinamiento, además de promover el establecimiento de arbolitos por la entrada de luz, la deposición de materia orgánica adicional ocasionada por la muerte de los árboles anillados, contribuye al incremento de las tasas de crecimiento de los árboles remanentes.

A mediados de este siglo en **Africa** se utilizó una modalidad de refinamiento cuyo objetivo era eliminar **todos los individuos** de especies que no contribuyeran a alcanzar los objetivos del manejo, para tener una masa "refinada" (Dawkins, (1958). Esto es muy riesgoso, pues cada especie juega un papel dentro del ecosistema y si se elimina alguna de ellas se corre el riesgo de provocar una catástrofe ecológica, así como de perder una especie que puede llegar a tener un alto valor comercial, para la producción de madera o de otros bienes. Estas decisiones eran tomadas a partir de un inventario por muestreo después de la cosecha.

En este sistema es muy difícil el exterminio y sumamente imprudente para la estabilidad del ecosistema, sobre todo porque después de cierto nivel ya no hay respuesta del incremento y por tanto los árboles no crecen.

También se realizaron **refinamientos en Surinam**; el objetivo en este caso fue tener mejor distribución de la luz después del aprovechamiento; su planificación deriva de un inventario y consistió en la eliminación de los árboles no comerciales y de las lianas sobre un diámetro límite. Generalmente este diámetro límite resultó entre los 20 y los 30 cm.

64

La eliminación de especies sobre un diámetro límite tiene sus riesgos. Un tratamiento de eliminación de las especies para arriba de los 20 cm de diámetro provoca demasiadas aperturas, por lo que muy posiblemente, además del refinamiento, habrá necesidad de una liberación posterior, lo que eleva los costos de aplicación de los tratamientos. Por otra parte, hay ingreso de especies heliófitas efímeras que no siempre son comerciales. A pesar de todo esto, siempre ocurre una alta respuesta en el crecimiento, debido a que el ecosistema ha pasado a una fase dinámica.

Si el refinamiento se aplica arriba de los 40 cm de diámetro, las aperturas son más irregulares, la respuesta en el crecimiento es menor y a la vez se corre menos riesgo de invasión de pioneras, es decir retroceder el desarrollo del bosque a las primeras fases de la sucesión, en ciertos parches al menos.

En Surinam se aplicó experimentalmente un refinamiento bastante drástico y más caro que otros. Este refinamiento se ha denominado 40/20-10 y consiste en la eliminación de los árboles indeseables arriba de 20 cm de diámetro que se encuentren dentro del radio de 10 m de un árbol deseable de más de 20cm

a esta eliminación se le agrega el quitar todo árbol indeseable de más de 40 cm de diámetro que se encuentre después de los 10 m de radio del árbol deseable.

Este tipo de refinamiento es muy costoso, en bosques donde las especies comerciales son de número reducido resulta de aplicación drástica. Este esquema se ha ensayado en el sistema CELOS en Surinam y en PORTICO, Costa Rica a nivel experimental en ambos casos (Bos, 1991).

Al estudiar la estructura horizontal del bosque, en la mayoría de los casos, se observa que en las categorías diamétricas menores, de 10 a 30 centímetros, hay una predominancia de individuos de especies no comerciales, muchos de los cuales no alcanzan tamaños mayores. Por lo general son especies tolerantes a la sombra que presentan copas amplias, pues en el nivel en que se ubican las mismas, han encontrado las condiciones de luz que les permite expresar plenamente su modelo arquitectural. Las copas de estos árboles del dosel intermedio junto con otros que "van de paso" y que por lo tanto presentan copas estrechas, forman una barrera que impiden que la luz llegue al piso del bosque, donde se pueden encontrar plántulas y brinzales de algunas especies de interés, en espera de condiciones apropiadas de luz para continuar su desarrollo. Si estas condiciones no se presentan en determinado tiempo, morirán. Esto se ha observado en bosques de la Región Norte de Costa Rica con la especie *Dipteryx panamensis* (Pitier).

65

Se ha ensayado en esta región la aplicación de un anillamiento de los árboles de especies no comerciales con diámetros entre 10 y 30 cm, para promover el establecimiento y desarrollo inicial de esta especie y de otras que presenten un comportamiento similar. El anillado debe hacerse de manera que la muerte de los árboles suceda simultáneamente con la aparición de las plántulas de las especies deseadas; para esto es indispensable el conocimiento de la fenología de esas especies.

Este tratamiento es equivalente al utilizado en los sistemas de regeneración bajo dosel protector (Baur, 1964), con la diferencia de que en este caso se aplica para complementar la regeneración ya existente, después de la primera intervención de aprovechamiento.

Refinamiento en casos especiales: Este tratamiento corresponde a los sistemas bajo dosel protector (Shelterwood) desarrollados en diferentes áreas del trópico. Se dirige a eliminar individuos de especies no comerciales de los estratos intermedios. Son árboles de copa ancha y densa, principalmente. Se ha usado el envenenamiento para la eliminación de los árboles pero también la corta, por lo que se ha llamado tratamiento de cortas de semillación, pues se usa para inducir el establecimiento de la regeneración que requiere mayores niveles de energía a los normalmente encontrados en el piso del bosque. Existen varias modalidades, dependiendo de los objetivos específicos del sistema en el que se apliquen y de las condiciones sociales, culturales y económicas de la región. En algunos casos el producto de las cortas se ha usado para leña. Se puede aplicar como tratamiento antes de la cosecha o bien después de la cosecha.

El objetivo es eliminar componentes específicos de la estructura del ecosistema, inducir el establecimiento de la regeneración de especies comerciales y estimular el crecimiento de la regeneración de estas especies.

La ejecución de este tratamiento se planifica a partir de un inventario y muestreos post-cosecha mediante un análisis de la estructura con bases ecológicas. Siempre se eliminan determinados segmentos de la población de especies no comerciales.

66

En este caso siempre es importante y conveniente hacer un buen análisis ecológico de la estructura del bosque, pues se debe asegurar que no se amenace con la eliminación de ninguna especie.

Mejora

Cuando el aprovechamiento es selectivo, va dirigido a los árboles de especies comerciales de buenas características para su industrialización. Una buena planificación del mismo asegura que en el bosque quedan individuos de las diferentes especies para que se garantice su perpetuación, pero siempre se altera la proporción de buenos individuos comerciales respecto del resto de los árboles en el bosque. Talar árboles que no son comercializables incrementaría innecesariamente los costos y la destrucción causados por la operación. Para restablecer la proporción de árboles comercializables y mejorar la calidad del rodal, se plantea la aplicación de un tratamiento de **mejora** que consiste en la

eliminación de los individuos, que por sus características intrínsecas, sin importar la especie, no son comerciales, sobremaduros o defectuosos (Baur, 1964). Se puede aprovechar algunos árboles sobremaduros o defectuosos que contengan algún valor comercial, en Africa se plantea como corta de salvamento. La aplicación del tratamiento se efectúa sobre un determinado diámetro que por lo general corresponde al mismo diámetro de corta. Este tratamiento, además, contribuye a disminuir la competencia para el resto del bosque, lo que incrementa el crecimiento de la masa remanente.

La planificación de su ejecución se determina a partir de un inventario. Su ejecución se lleva a cabo antes o después de la cosecha, perdiendo así el material de segunda calidad. Es en realidad un tratamiento suave y la influencia en el crecimiento no es mayor.

Intensidad de la Aplicación de Tratamientos

La intensidad de cualquier intervención y, en especial, en el caso de la aplicación de los tratamientos, ha de ser un compromiso entre el crecimiento individual y el crecimiento de la comunidad.

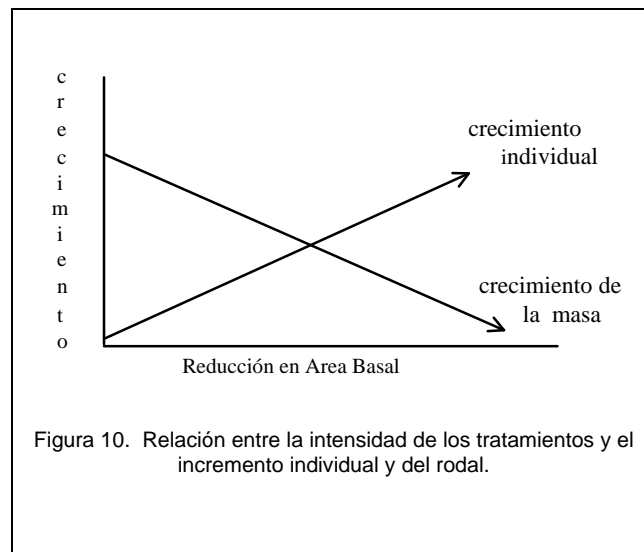


Figura 10. Relación entre la intensidad de los tratamientos y el incremento individual y del rodal.

Se ha observado que la respuesta individual es de crecimiento mayor conforme aumenta la intensidad del tratamiento (Synnott, 1980). No hay que perder de vista que cada árbol crece más, pero hay menos árboles creciendo. Conforme aumenta la intensidad del tratamiento, mayor es el crecimiento de la masa, en virtud de la mayor magnitud de los incrementos individuales, pero hay un momento en el que a mayor intensidad de tratamiento, el crecimiento total es menor debido a la reducción de la población.

Tal vez lo más importante a considerar es que al aumentar la intensidad de la intervención, se incrementan tanto los costos como los riesgos ecológicos. Dos de las ventajas de la silvicultura de bosque natural son: la posibilidad de trabajar con costos bajos en vista de que la masa ya está establecida y, por otra parte, la estabilidad ecológica de un rodal natural. Al aumentar la intensidad de un tratamiento se disminuyen estas ventajas, ver Figura 10.

5

OPERACIONES SILVICULTURALES

Las operaciones silviculturales se encuentran en el nivel de jerarquía más específico dentro de las labores propias de la implementación de cualquier sistema silvicultural y de cualquier tratamiento; es la parte práctica de toda la planificación. Siempre el objetivo de una operación es la eliminación de árboles individuales.

Las operaciones silviculturales más comunes para la eliminación de árboles son el **anillamiento** y el **envenenamiento**; éstas, a diferencia de la tala, permiten que el árbol muera en pie y se desmorone paulatinamente sin causar mayor daño al caer. La entrada de luz no es tan violenta, lo que da tiempo a la vegetación de los niveles inferiores del bosque a adaptarse a las nuevas condiciones.

El **anillamiento** consiste en la eliminación de una porción de la corteza, floema, alrededor del fuste, lo que impide el flujo de sustancias elaboradas, como azúcares, a la raíz, lo que provoca la muerte del árbol. Hay que asegurarse que se remueva totalmente el cambium, tejido meristemático que origina el floema, por lo que es conveniente profundizar el corte en unos dos centímetros de la madera, xilema. Algunas especies son capaces de rebrotar bajo el anillo descortezado, por lo que se deben eliminar los rebrotes o aplicar algún arboricida. Para anillar se utiliza hacha o machete.

69

En algunas situaciones los árboles presentan acanaladuras lo que hace muy difícil la aplicación del anillado; también se da el caso de especies que son capaces de reaccionar al anillado, en cuyos casos también se puede hacer uso de arboricidas. Estas son sustancias que provocan la muerte del árbol, cuya utilización, no obstante, es restringida, ya que algunas de ellas son tóxicas para el hombre, como el arseniato de plomo.

El envenenamiento es la muerte de árboles individuales utilizando agentes químicos, sean estos sistémicos o de contacto.

El **2-4 dicloro fenoxiacético** y el **2-4-5 triclorofenoxiacético**, conocido como 2-4-5 T, se han utilizado como arboricidas, pero no debe utilizarse por ser cancerígenos y altamente tóxicos para los mamíferos que tengan contacto con él, incluyendo al hombre.

Se encuentra en el mercado un producto equivalente al 2-4-5-T llamado **Garlon 4**, en cuyo caso aparentemente no se presentan los problemas de contaminación con sustancias cancerígenas.

También se cuenta con el **Glifosato** conocido comercialmente, entre otros nombres, como Round-Up. Este químico también es sistémico y se adsorbe a la micela coloidal, es susceptible a la descomposición microbiana y tiene un efecto residual bajo.

El **Tordón** es un herbicida para hoja ancha utilizado como arboricida, su ingrediente activo es el ácido-amino 3,5,6 tricloropicolínico y el ácido 2,4-diclorofenoxiacético. Es de acción sistémica, tóxico para animales, no es fitotóxico y es compatible con otros químicos como el Paraquat, Diuron, Propanil, Atrazina y Ametrina.

70

Se han observado efectos arboricidas en el **carburo de calcio**, por lo que puede usarse de manera experimental.

Las **sales de arsénico** tienen un efecto localizado y quemante, no es eficiente en algunas especies; no deben utilizarse por ser altamente contaminantes.

La aplicación de arboricidas es complementada con el anillado. En términos generales, el uso de agentes químicos incrementa los costos de los tratamientos y los riesgos de contaminación. Aumenta los costos de aplicación, pues se requiere de un canalito para que el químico no se escurra. Los quemantes tienen una limitada absorción debido a la fisiología de algunas especies.

La aplicación de un químico es directa, con bomba de espalda. La superficie debe estar limpia y libre del súber o corcho.

A continuación se presenta un ejemplo de dosificación y rendimiento para la aplicación de un arboricida a base de glifosato en una operación de envenenamiento.

Glifosato ¹ . Solución acuosa	36%
Número de árboles:	100
Área basal:	15.08
Diámetro promedio	44 cm
Total de arboricida i a	8 l
Arboricida i a por m ² :	5 cl/m ²
Concentración de la solución	5%
Volumen de solución/m ² :	1.7 l/m ²
Solución para 100 árboles:	25.6 l

La otra operación es la **corta**, que se aplica en la **cosecha** y también en la eliminación de bejucos de más de 2 cm de diámetro que reprimen el crecimiento de los árboles de interés. En este último caso es aplicado en el resto de los tratamientos presentados anteriormente.

Al planificar la aplicación de un arboricida es indispensable conocer el producto, estudiar las especificaciones que se indican en la etiqueta comercial sobre toxicidad, antídotos, concentración y observaciones específicas. Es responsabilidad del profesional encargado del proyecto, o actividad, asegurarse que el personal de campo tenga la capacitación y habilidad necesarias para ejecutar la operación sin riesgos para su salud.

¹ i.a. Sal isopropilamina de N-(fosfonometil) glicina.

6

TOMA DE DECISIONES

En toda actividad humana se toman decisiones. En el caso del manejo de bosque, estas se deben tomar con mucha prudencia, por la fragilidad del ecosistema y por la importancia que posee para la humanidad. Además, por la falta de experiencia en el campo, existen pocos casos exitosos que imitar.

El primer paso en la toma de decisiones es la identificación del problema. En el caso del manejo de bosque natural, uno de los problemas podría ser el lento crecimiento individual de los árboles de interés comercial o, en otros casos, la baja cantidad de regeneración de algunas especies de interés.

Para tener una correcta identificación del problema, hay que hacer un análisis de causas: por qué crecen lentamente, si es escasa la regeneración, si existe alta competencia o falta de luz; intervenciones repetidas altamente selectivas, etc. En cada caso la respuesta sugerirá las alternativas de solución para el problema.

Es necesario fijar criterios para decidir entre diferentes alternativas. Los criterios se expresan en los objetivos del manejo y pueden referirse a conceptos como sostenibilidad, conservación de biodiversidad o rentabilidad.

73

Si los criterios apuntan hacia la sostenibilidad, las decisiones serán conservadoras y tenderán a mantener el potencial de producción futuro. Por el contrario, si los criterios van orientados a la rentabilidad, las medidas tenderán a maximizar los ingresos actuales amenazando quizás el potencial de producción futuro. Una vez fijados los criterios de decisiones, se plantean diferentes alternativas de solución, sugeridas por el análisis de causas.

Las alternativas pueden ser más o menos intensas, más o menos costosas. Para tomar la decisión se comparan estas características a la luz de los criterios.

Un análisis financiero de los costos y los posibles ingresos en el futuro pueden ayudar a tomar decisiones, pero también hay que tomar en cuenta aspectos sociales, ecológicos, disponibilidad de tecnología y personal capacitado así como disposiciones legales y reglamentarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alder, D. y Synnott, T. J. 1992. Permanent Sample Plot Techniques for Mixed Tropical Forest. Tropical Forestry Paper No 25. Oxford Forestry Institute. University of Oxford, Inglaterra
- Baur, G.N. 1964. The Ecological Basis of Rainforest Management. United Nations, Food and Agriculture Organisation and Forestry Commission of New South Wales. Sidney, Australia. 499 p.
- Bourgeron, P. 1983. Spatial Aspects of Vegetation Structure. In: Golley (editor) Tropical Rain Forest Ecosystems. Structure and Function. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, EEUU. p 29-48.
- Bruning, E.F. 1975. Ecología y Silvicultura de Bosques Tropicales Húmedos Formación y Manejo de Bosques Tropicales. Trad. M.A. Musalem. Departamento de Enseñanza, Investigación, Servicios en Bosques, E.N.A. Chapingo, México. 66 p.
- Bos. 1991. The CELOS Management System: a Provisional Manual. Ed por Van Bodegom, A. J.; De Graaf, N. R. Universidad Agrícola de Wageningen. Wageningen, Holanda. 43 p.
- Budowski, G. 1965. Distribution of Tropical American Rain Forest Species in the Light of Successional Processes. Turrialba, C.R. 15: 40-42.
- Contreras, F. Cordero, W. y Licon, J. C. 1996. Tiempos de Paso para Cuatro Especies Forestales de Lomerío. Informe Interno Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. 4p.
- Dawkins, H.C. 1958. The Management of Natural Tropical High Forest with Special Reference to Uganda. Imperial Forestry Institute, University of Oxford. Institute Paper No. 14. 155 p.
- Del Valle, J. I. 1986. La Ecuación de Crecimiento de Von Bertalanffy en la Determinación de la Edad y el Crecimiento de Árboles Tropicales. Revista Facultad de Agronomía. 39(1):61-74.

- Denslow, J.S. 1980. Gap Partitioning Among Tropical Rain Forest Trees. *Biotrópica* 12(supl):47-55.
- Finegan, B. 1992. Bases Ecológicas para la Silvicultura. Tema 1. V Curso Internacional sobre Silvicultura y Manejo de Bosques Tropicales, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 170 p.
- Halle, F.; Oldeman, R.; Tomlinson, P. 1978. Tropical Trees and Forest. And Architectural Analysis. Berlin, Alemania. Springer'Verlag Heidelberg. 441 p.
- Hartshorn, G.S. 1980. Neotropical forest Dynamics. *Biotrópica* 12 (supl): 23-30.
- Hughes, J.F. 1961. Diagnostic Sampling: Technique in Tropical High Forest. *Empire Forestry Review* 40(4): 350-361.
- Hutchinson, I. D. 1993. Puntos de Partida y Muestreo Silvicultural para la Silvicultura de Bosques Naturales del Trópico Húmedo. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales N° 7. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica: Informe Técnico N° 204.
- Jonkers, W.B.J. 1987. Vegetation Structure, Logging Damage and Silviculture in a Tropical Rain Forest in Suriname. Agricultural University, Wageningen, Netherlands. 172 p.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos: Los Ecosistemas Forestales en los Bosques Tropicales y sus Especies Arbóreas; Posibilidades y Métodos para un Aprovechamiento Sostenido. Trad. por Antonio Carrillo. GTZ, Alemania. 335 p.
- Oldeman, R. 1978. Architecture and Energy Exchange of Dicotyledonous Trees in the Forest . In: Tomlison, Zimmermann (editores) Tropical Trees as Living systems. Cambridge University Press. p 539.

- Oldeman, R. 1983. Tropical Rain Forest, Architecture, Silvigenesis, and Diversity. In: Sutton, Whitmore, Chadwick (editores) Tropical Rain Forest Ecology and Management. British Ecological Society London. p 139-150.
- Peralta, R.; Hartshorn, G.S.; Lieberman, D.; Lieberman, M. 1987. Reseña de Estudios a Largo Plazo sobre Composición Florística y Dinámica del Bosque Tropical en la Selva, Costa Rica. *Biología Tropical* 35 (supl): 23-40.
- Pinard, M. Guzmán, R. Fuentes, J. 1996. Clasificación de las Especies Arbóreas en Gremios Ecológicos en la Zona de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. *Boletín BOLFOR* No. 6 marzo 1996. 3 p.
- Rollet, B. 1974. L' Architecture des Forêts Denses Humides Sempervirentes de Plaine. C.T.F.T., Nogent'sur Marne. 298 p.
- Shultz, J.P. 1967. La Regeneración de la Selva Mesofítica Tropical de Suriname después de su Aprovechamiento. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación*. No. 23: 3-28.
- Synnott, T.J. 1980. Tropical Rainforest Silviculture: A Research Project Report. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. Occasional Paper No. 10. 45 p.
- Valerio, J.; Salas, C.; Castillo, M. 1995. Informe Final de Proyecto: Comportamiento de Bosque Natural después del Aprovechamiento Forestal. Departamento de Ingeniería Forestal Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. 127 p.
- Vincent, L. 1975. Muestreo Exploratorio Silvicultural. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 21 p.
- Whitmore, T.C. 1975. Tropical Rain Forest Forest of the Far East. Claredon Press, Oxford, Inglaterra.