

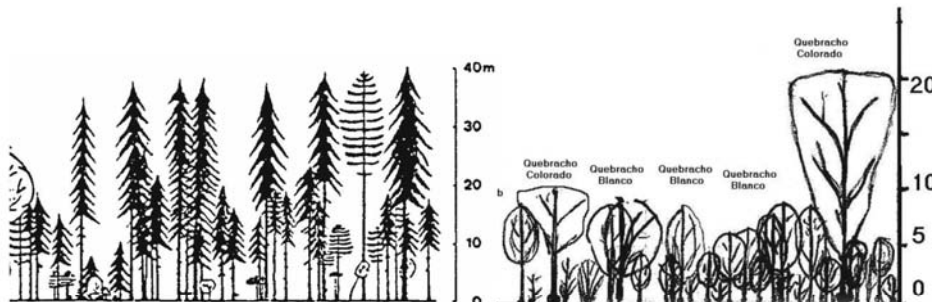
# Facultad de Ciencias Forestales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO



CÁTEDRA DE  
ORDENACIÓN FORESTAL

## ORDENACIÓN DE BOSQUES IRREGULARES



**Publio A. ARAUJO**  
**Marta C. ITURRE**

Marzo de 2006

## PRÓLOGO

Motivados por la idea permanente de que nuestra tarea docente es la de ser facilitadores del aprendizaje de los estudiantes que cursan las asignaturas bajo nuestra responsabilidad, hemos elaborado esta serie didáctica referida a la Ordenación de masas irregulares.

La idea de escribir esta serie didáctica comenzó hace algunos años cuando aún compartíamos la Cátedra con el Ing. Luis A. Armand. Durante aquellos años fuimos comprendiendo en primer término la Silvicultura y la Ordenación aplicada en el viejo mundo. Luego nos propusimos rescatar los principios que están sobre las particularidades de cada país para redefinirlos e intentar hacerlos operativos para las masas boscosas de nuestra región. Es un proceso que iniciamos con nuestro querido profesor, pero que aún continúa, pues resta un largo camino para que logremos una Silvicultura y Ordenación adecuada a nuestros bosques.

De esta experiencia nos queda en claro que lo principal es comprender. Por ese motivo, ponemos a consideración de los estudiantes este material que pretendemos ayude a entender los principales temas que sustentan la Ordenación de los bosques irregulares.

A los estudiantes les aconsejamos consultar los libros de texto u otro tipo de publicación, considerando esta serie didáctica como una guía de estudios que tiene por objetivo facilitar el aprendizaje. Si su lectura ayuda a comprender los conceptos, allanando el camino para una posterior profundización de los temas abordados, nuestra expectativa se habrá cumplido. La consideramos incompleta y perfectible en sus contenidos y forma. Nos imaginamos que con el tiempo iremos revisando, actualizando y mejorando todos estos aspectos, que seguramente incluiremos en nuevas ediciones.

Marta C. Iturre

Publio A. Araujo

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1 LAS MASAS IRREGULARES EN LA SILVICULTURA EUROPEA.....</b>	<b>4</b>
1.1. El tratamiento de entresaca .....	4
1.2. Evolución del concepto de entresaca .....	6
1.3. Características del bosque irregular .....	11
1.4. Estructura del rodal irregular .....	13
1.5. Modelos de distribución diamétrica .....	14
<b>2. APLICACIONES DEL MODELO EXPONENCIAL .....</b>	<b>15</b>
<b>3. CRECIMIENTO Y PRODUCCION .....</b>	<b>21</b>
3.1 Proyección del crecimiento y producción .....	22
3.2 Crecimiento del Volumen .....	30
<b>4. ORDENACION DE LAS MASAS IRREGULARES .....</b>	<b>34</b>
4.1. Cortabilidad y ciclo de corta .....	38
<b>5. MODELO DE GESTIÓN.....</b>	<b>40</b>
5.1 Producción secundaria .....	43
5.2 Condiciones de aplicación .....	43
5.3 Simulación del crecimiento y producción .....	45
<b>7. APLICACIONES PRACTICAS .....</b>	<b>49</b>
7.1 CONSTRUCCIÓN DE DISTRIBUCIONES DIAMÉTRICAS .....	50
7.2 PLAN DE MANEJO .....	55
7.3 SERIE MINIMA .....	58
7.4 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA Y DETERMINACION DE LA DISTRIBU- CION OBJETIVO .....	60
<b>8. REFERENCIAS .....</b>	<b>61</b>

# ORDENACION DE BOSQUES IRREGULARES

Publio A. Araujo<sup>1</sup>  
Marta C. Iturre<sup>2</sup>  
Luis A. Armand<sup>+</sup>

## 1. LAS MASAS IRREGULARES EN LA SILVICULTURA EUROPEA

La idea funcional de la masa irregular, considerada conceptualmente como sistema silvícola, nace históricamente del monte de frondosas llamado monte medio, régimen que fue practicado en Europa y otros lugares durante mucho tiempo, desde la Edad Media hasta el inicio del Siglo XX.

Una de las principales características es la mezcla de especies, no solo para favorecer la biodiversidad, sino también para una mayor estabilidad.

El objetivo de manejar montes mezclados tampoco es nuevo, sino que fue enunciado a fines del siglo XIX por Karl Gayer, profesor de la Facultad Forestal de la Universidad de Munich. Una de las dificultades de manejar masas mezcladas, fue el desconocimiento del comportamiento de los árboles, sobre todo en la juventud, y por los conceptos de claras practicadas de forma moderada y por lo bajo, en la primera mitad del siglo XX (Kenk, 1992 citado por Schütz 1998).

La historia de la concepción de la masa irregular refleja un tema selvícola que ha sido debatido con pasión, en un clima cargado de emotividad, intolerancia, disputas, llevado incluso al proselitismo. Hasta hubo periodos de inhabilitación y prohibición.

Por otra parte, hubo una evolución sorprendente del concepto mismo y del sentido que le fue atribuido merced al contexto histórico, político y social. El significado de este vocablo (irregular) ha cambiado a lo largo del tiempo, creándose en algunos casos confusiones en la terminología. Por ejemplo, para los alemanes los términos “femeln” y “plentern” fueron utilizados primitivamente como sinónimos, mientras que hoy son antónimos. El primero se refiere a un modo de regeneración por superficies que origina masas regulares, en tanto que el segundo es la denominación que se usa para masas irregulares.

### 1.1. El tratamiento de entresaca

En principio, el término entresaca se aplicó a un modo de corta que recorría el monte ampliamente cada año, cortando algunos árboles. Este fue sin duda el modo principal de

---

<sup>1</sup> Dr. Ing. Ftal. Profesor de Ordenación Forestal. Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE.

<sup>2</sup> Ing. Ftal. Jefe de Trabajos Prácticos de Ordenación Forestal. Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE.

<sup>+</sup> Ing. Agr. Profesor Consulto de Ordenación de Montes. Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE.  
Fallecido.

aprovechar la madera desde muy antiguo. En este sentido, cortar entresacando ha representado la regla hasta mediados del siglo XIX.

La entresaca ha sido muy discutida en el momento de creación de los servicios forestales en la segunda mitad del siglo XIX, sobre todo en Francia y Alemania. Representaba una manera diferente de concebir el uso de los montes, en un contexto en que se trataba de defender un sistema establecido, al punto de que ciertos textos legislativos franceses (Ley forestal francesa de 1827 y la Ley forestal del Gran Ducado de Bade de 1833) prohibieron su aplicación, incluso contra la opinión de juristas (Schütz, 1998).

Esta forma de corta considerada incontrolada o incontrolable, permitía toda laxitud, dejando la puerta abierta al “descremado”, término forestal que significa quitar lo mejor. Todo ello ocurría en una época en que el monte y la madera eran muy codiciados.

Se le ha dado también el nombre de “huroneo”, cuya raíz etimológica, del latín “fur” (voleur = ladrón) muestra la connotación peyorativa. Para ciertos autores, el huroneo debería aplicarse a la forma de corta incontrolada y el término entresaca a una gestión ordenada, o a la inversa para otros autores (Dralet, 1820).

Existe además otra terminología utilizada para referirse a las masas irregulares, las cuales se definen en el Cuadro 1.

Cuadro 1 - Terminología de las principales acepciones referidas al monte irregular ideal (Schütz, 1998).

<b>Masa irregular ideal = Monte entresacado ideal</b> (Plenterwald): Fustal constituido por árboles de copas no contiguas, ocupando todo el espacio vertical, cuya estructura se mantiene <b>invariable</b> (análoga) en el espacio y en el tiempo, en una superficie determinada, donde se aplica el tratamiento de la entresaca.
<b>Método de entresaca</b> (Plenterbetrieb) Tratamiento selvícola que tiene por objetivo el mantenimiento y la creación de masas irregulares ideales.
<b>Método de entresaca cultural</b> (Pflegeplenterung): Noción moderna de tratamiento por entresaca, desarrollada por H. Biolley (1901), para la obtención en forma gradual de estructuras irregulares ideales con el objetivo de conseguir una producción de valor elevado.
<b>Cortas de entresaca</b> Operación selvícola que se lleva a cabo en las masas irregulares (equilibradas), que reúne en una misma intervención los cinco criterios selvícolas siguientes: regeneración, mantenimiento y selección, regulación de la estructura, <b>aprovechamiento</b> , intervenciones sanitarias y forzosas.

**Clara de entresaca = clara de transformación**

Tipo de clara que se aplica para la transformación de masas regulares en irregulares, que se basa en la **diferenciación** de la estructura, sobre todo eliminando los árboles intermedios.

**Árbol intermedio** (Intermediär-Baum, Zwischenstandsbaum)

Árbol con escasas posibilidades de desarrollarse, de calidad inferior, que se elimina en la clara de transformación para permitir el crecimiento y desarrollo de pies más valiosos (Figura 1).

**Entresaca baja**

Intervención cultural en las masas irregulares, que se lleva a cabo en los árboles de pequeñas dimensiones después de la corta principal de entresaca, cuyo objetivo es la regulación de la mezcla, selección y mantenimiento en los grupos de **regeneración**.

**Distribución equilibrada**

Distribución de los árboles de una masa irregular ideal que permite asegurar la **persistencia** de la estructura y de la producción, por medio de una adecuada gradación de los árboles de todas las dimensiones. Se representa con una curva del número de pies por clase diamétrica (curva de equilibrio).

**Compresión = espera bajo cubierta**

Disminución temporal del crecimiento de árboles jóvenes regenerados bajo cubierta, sin que su potencial de desarrollo posterior se vea alterado. Se llama duración de la compresión a esta fase de latencia. Generalmente la compresión conduce a la formación de una zona de anillos de crecimiento muy densa en el duramen.

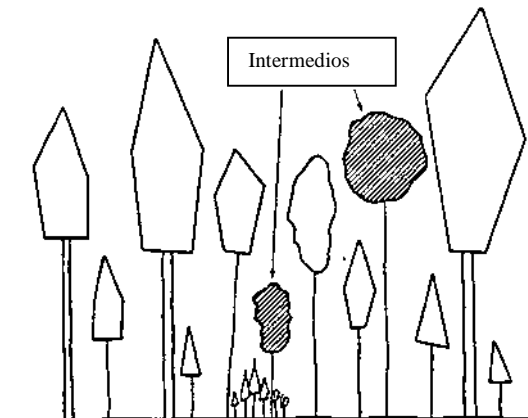


Figura 1 - Árboles intermedios en la masa irregular (Schutz, 1988)

**1.2 Evolución del concepto de entresaca**

Paulatinamente la entresaca pasó a ser una forma organizada de corta, y por tanto, una forma de ordenación. Será en torno al siglo XIX, con Biolley (1901), cuando la entresaca se va aplicar como un concepto de producción, una forma de silvogénesis, bajo la

acepción de **“entresaca cultural”**. En este caso, la entresaca se consideró como una opción de gestión de montes que se opone prácticamente a todas las otras formas.

*“En la entresaca primitiva estaba ausente toda idea cultural. Era una simple corta una corta extensiva, limitándose a hacer el huroneo de los árboles más gruesos para satisfacer las necesidades inmediatas, a sacar la madera sin ninguna preocupación sobre el desarrollo y mejora de la producción, sin preocuparse por la conservación del monte. Si esta conservación se obtenía de hecho, era colateralmente, como por suerte” (Biolley, 1901).*

Para entender la discusión y la pasión del término entresaca hay que situarse en el contexto de principio del siglo XIX en Europa. Anteriormente, a causa de la falta de controles de los servicios forestales, la corrupción de los funcionarios y el valor de la madera, los montes fueron sobreexplotados, incluso, dilapidados. Los primeros reglamentos forestales pretendieron pues poner orden. Intentaron parar esta presión excesiva, en momentos en que los grandes Estados comenzaban a interesarse por el abastecimiento de madera para mantener la marina de guerra.

El Estado intenta establecer un régimen de corta controlable para evitar la pérdida de los recursos. Comienza así una nueva era de repoblación y reconstitución de los montes especialmente en Alemania del Norte donde practicaron los primeros maestros forestales de esta era moderna, en especial Hartig (1791) y Cotta (1817) citados por (Schutz 1998) Su concepto se basa en el método de repoblación artificial por siembra.

Paralelamente, y siempre con un objetivo de control, se instaura la ordenación por tramos periódicos, dejando en reposo las jóvenes poblaciones. Al mismo tiempo se dejaron de lado los antiguos métodos de ordenación, entre ellos la entresaca primitiva, que llega a ser sinónimo de desorden y desregulación. En consecuencia se generalizó el uso de las cortas a hecho.

Luego vino una reacción contra tal sistema de cortas a hecho por parte de los forestales de las regiones montañosas que tenían que gestionar montes de coníferas. El principal impacto lo sufrían las pasturas y el suelo después de las cortas finales, trayendo dificultades en la regeneración .

La primera mención que documenta el término entresaca proviene de un litigio consecuencia de una corta en un monte bajo efectuada al poco tiempo de la corta ha hecho

anterior, lo que fue resuelto aplicando un Decreto Real que autorizaba **la corta llamada “entresacando”** solamente en montes de coníferas (Turc 1948). Esta primera contravención del sentido del régimen de cortas a hecho y de tramos estrictos, así como la restauración de entresacar, fue aplicada solo para los abetales.

Según Dralet (1820), “desde siempre nuestros montes de resinosas han sido cortados entresacando. Según el grado de inteligencia y el interés del propietario y administradores el resultado ha sido desastroso o ventajoso en cada monte..... Los que han tenido éxito (el menor número) han tenido sus montes suficientemente densos como para dar periódicamente buenos productos”.

La evolución del concepto de la entresaca la convirtió en un sistema silvicultural que se basa en el conocimiento de la estructura de las masas y de los procesos de desarrollo. No obstante, la gestión selvícola de las masas mixtas ha sido considerada sólo de forma marginal o secundaria en la silvicultura clásica europea, quizá debido a que el criterio de la máxima renta en especie y una gestión más simple han propiciado el desarrollo de masas regulares monoespecíficas.

Actualmente, el creciente valor social de las masas forestales ha revalorizado usos tradicionalmente considerados como secundarios (recreativo, caza, fomento de la fauna silvestre). Ello ha conducido a prestar atención a otras formas de masa de constitución y gestión más compleja, que en muchos casos serán las más adecuadas (Abellanas Oar, 1995).

Los tratamientos que reproducen o simulan grandes perturbaciones (Figura 2) son inapropiados para el mantenimiento de una masa mixta evolucionada. En cambio, si las cortas se asemejan a pequeñas perturbaciones, como en la entresaca pie a pie, o por bosquetes pequeños (Figura 3 ), o aclareos sucesivos en pequeñas superficies, el resultado es un bosque mixto irregular (García Abril et al, 1996).



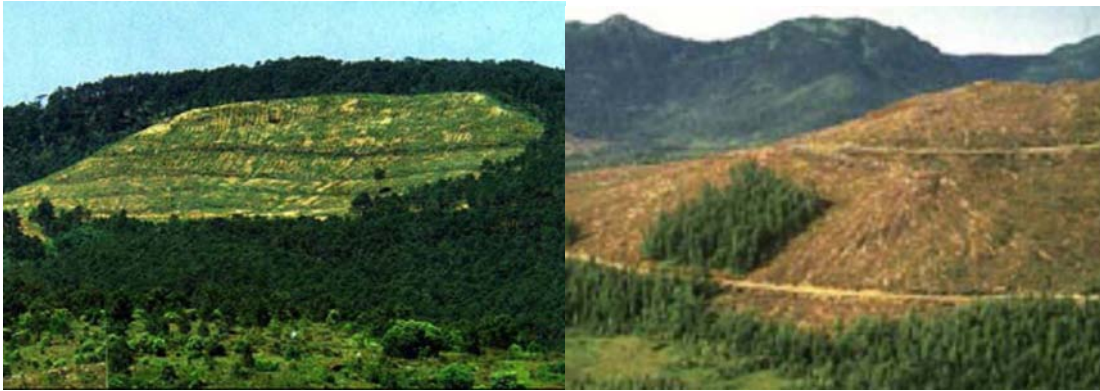


Figura 2 - Cortas a hecho sobre grandes superficies.

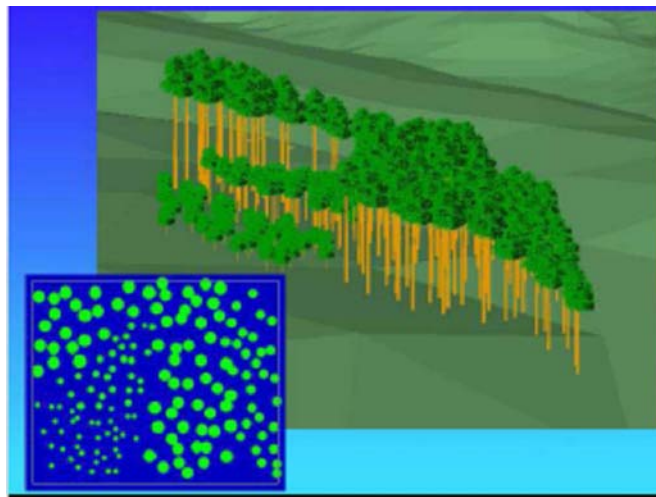


Figura 3 - Entresaca por bosquetes<sup>3</sup>.

La estructura global no está determinada por un modelo de distribución espacial de edades o clases de edad en superficies definidas. La mezcla íntima de pies de todas las edades hace prácticamente imposible conocer el espacio que utiliza cada árbol y la edad de cada uno. Por ello, el modelo teórico es la curva de equilibrio, que representa la distribución de pies por clases diamétricas .

Con el tratamiento de entresaca pie a pie se trata de conseguir la estructura global de masa irregular ideal, bien como cuartel de entresaca generalizada, o en tramos de entresaca regularizada. Una vez ordenada la masa se consigue la curva de equilibrio a nivel de hectárea, en pura teoría, ya sea a escala de cuartel o de tramo (Madrigal, 1994).

<sup>3</sup> [www.escet.urjc.es/~pad/WEB2005/DOCENCIA/FAGS/9\\_TRATAMIENTOS%20\(I\).pdf](http://www.escet.urjc.es/~pad/WEB2005/DOCENCIA/FAGS/9_TRATAMIENTOS%20(I).pdf) -

Las cortas de entresaca son cortas discontinuas que generan y mantienen masas irregulares (Serrada, 1997) (Figura 4). Tienen por objetivo tratar de mantener la curva de equilibrio igual a sí misma o de aproximar a ella la distribución real (actual) del número de pies. Se actúa sobre arbolado de cualquier dimensión y edad, por lo que simultáneamente tienen el carácter de corta de regeneración y de corta de mejora. Así, la eliminación de un árbol grueso provocará la aparición de un hueco pequeño que deberá cubrirse de regeneración natural.

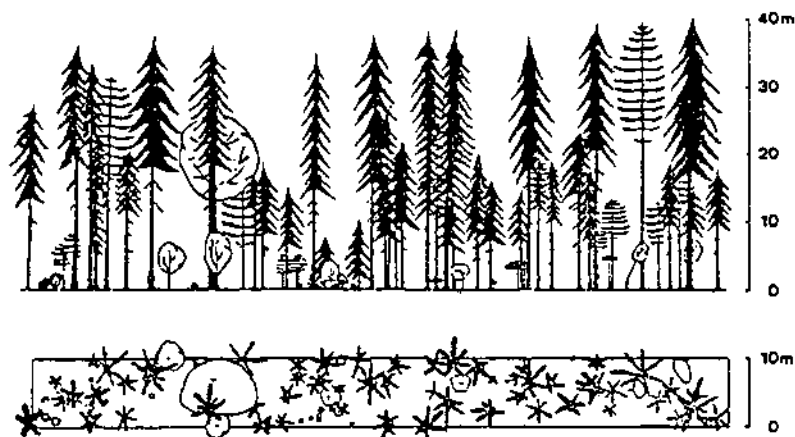


Figura 4 - Estructura característica del monte irregular ideal de un bosque de coníferas (Schutz, 1998).

La corta de árboles de menores diámetros permite el mayor crecimiento diamétrico de sus vecinos. El objeto de estas cortas no es la masa sino *el árbol*. Por eso son necesarios inventarios detallados y frecuentes que verifiquen la permanencia o el acercamiento a la curva de equilibrio, y que controlen la masa que debe incorporarse a la primera clase (Madrigal, 1994).

En Latinoamérica el método más aplicado en la regeneración de las masas naturales mixtas es el *sistema de selección*, denominación que adoptan las cortas por entresaca en Hispanoamérica (Serrada, 1997). Las intervenciones selvícolas mantienen una cobertura forestal continua y favorecen la regeneración de las especies de valor comercial (Saraiva, 1988). El método, en su forma más simple, consiste en cortar una proporción de árboles por encima de un diámetro mínimo de corta y otras operaciones para mejorar el estado de la masa. Estas operaciones incluyen a los árboles muertos o que están por morir, enfermos, defectuosos, con decrecimiento, individuos que compiten con otros de especies de mayor

valor o que impiden su regeneración (Hawley y Smith, 1972).

El técnico decide la corta por el tamaño y la condición del individuo. También puede cortarse el menos productivo y el menos necesario, así como algunos pies son retenidos un número considerable de años por el hecho de ser buenos semilleros. Otros son cortados antes por la razón inversa (Davis y Johnson, 1987).

### **1.3 Características del bosque irregular**

Las características más sobresalientes de las masas naturales disetáneas es la multiplicidad de especies arbóreas, diversidad de tamaños, edades, características ecofisiológicas y tasas de crecimiento y producción. En consecuencia, la gestión sostenible de estos bosques tiene un mayor grado de complejidad, diferente de lo que normalmente se establece para los bosques regulares (Souza y Jesus, 1994).

Los rodales que componen las masas irregulares están constituidos por pies de diferentes tamaños y edades, mezclados íntimamente o en grupos, de manera que no pueden ser caracterizados por la edad.

Si los renovales de determinadas especies toleran la sombra hasta edades muy avanzadas, habrá individuos con la misma apariencia externa, pero de edades muy diferentes, de modo que no es posible juzgar la edad por el diámetro o por cualquier otra dimensión. Cuanto mayor sea la diferencia de edades individuales, mayor será la irregularidad y la diversidad de tamaños (Mackay, 1961).

Una estructura que abarca todos los tamaños sugiere que el bosque contiene todas las edades, incluyendo la regeneración. Ello supone que el tamaño y la edad de los árboles están directamente relacionados. Sin embargo, el hecho de que los árboles más grandes sean los más viejos, no significa que la mayoría de los árboles pequeños sean jóvenes (Wadsworth, 2000).

La facultad que tienen los árboles jóvenes para mantenerse a la sombra durante un tiempo prolongado, sin que disminuya su capacidad de desarrollo, significa que, tras una compresión prolongada un árbol puede reaccionar como si fuera joven si es liberado. La compresión parece enmascarar completamente los efectos de la edad. En consecuencia no es la edad física lo que determinará el envejecimiento de un monte, sino las dimensiones que se alcanzan. La compresión demuestra la inutilidad de la noción de edad en las masas irregulares. Árboles de idénticas dimensiones pueden presentar grandes diferencias de

edad, del orden de más de 100 años, sin que influya en las facultades de desarrollo (Schütz, 1998).

En el rodal irregular, la renovación del vuelo se produce en forma continua por la incorporación de nuevos ejemplares en las clases de diámetro inventariable. Al mismo tiempo se producen bajas debidas a la mortandad natural o a las cortas de entresaca. Por lo tanto, no hay un principio y fin del vuelo, lo que refuerza el argumento de que no tiene sentido hablar de edades de la masa (Mackay, 1961).

Las aberturas que aparecen en el estrato superior, como consecuencia de la muerte de los grandes árboles, son ocupadas por los del estrato inmediato inferior, los que a su vez dan lugar al establecimiento de nuevos individuos, tornando heterogénea la distribución de las edades.

En condiciones naturales, el proceso de cambio sucesional se orienta al aumento de biomasa y tamaño de la vegetación. Si no existen factores limitantes se forman bosques mixtos. Su estructura, cuando no ocurren grandes perturbaciones en largos períodos, se transforma y mantiene como estructura irregular. En algunas zonas y ambientes la irregularidad puede establecerse casi pie a pie, aunque es común la irregularidad por pequeños bosquetes de tamaño variable.

En ambientes estables, las estructuras irregulares dependen de la zona afectada por la caída de los árboles maduros. El ejemplo típico es el del bosque primario amazónico, el ecosistema terrestre más complejo y de mayor biomasa. Su estructura tiene el carácter de irregular, originada por la caída o muerte en pie de individuos arbóreos (García Abril et al., 1996).

Otra de las características de un monte entresacado y del método de entresaca es el principio de la individualización de la producción. Este criterio prevalece incluso sobre las otras características como la mezcla íntima sin una distribución espacial definida, sino más bien aleatoria, de árboles de todas las dimensiones y de todos los estadios de desarrollo. Asimismo, las copas ocupan el conjunto del espacio vital determinado por los árboles más altos, pero sin competir. El principio de persistencia implica una regeneración permanente y autárquica, es decir suficiente para compensar los aprovechamientos.

<p>El monte entresacado ideal es un modelo de constancia y autorregulación permanente de un ecosistema forestal y el mejor ejemplo de lo que convencionalmente se llama automación ecosistémica natural.</p>
--

Representa un condensado de los estadios de desarrollo que se encuentran en otras formas de regeneración por superficie. También es la síntesis del conjunto de las operaciones separadas en el espacio y en el tiempo.

Para comprender y aplicar el método de la entresaca, hay que hacer una abstracción de los esquemas de reflexión habituales, sobre todo en lo relativo a los factores de producción y a la noción de turno, que no tiene aplicación en este caso.

El principio de la producción en el monte entresacado se distingue del de otras formas selvícolas por la individualización de la producción. Los árboles, aunque insertos en el conjunto de la masa, se encuentran prácticamente en estado de crecimiento individual. Sus copas no están en contacto. La regeneración, por lo general, ocurre por pequeños grupos, de extensión reducida.

#### **1.4 Estructura del rodal irregular**

En las masas naturales irregulares las especies presentan una multiplicidad de características ecofisiológicas y tasas de crecimiento y producción (Souza y Jesus, 1994), predominando las plantas jóvenes de menor diámetro, con relación a una menor cantidad de individuos de diámetros mayores. Esta observación fue realizada por De Lioucourt a fines del siglo pasado al estudiar las distribuciones diamétricas de bosques manejados por cortas de entresaca. Efectuando la medición de los diámetros observó que existía una distribución de frecuencias decreciente en forma de **J** invertida.

Si bien la idea original de la normalidad de una masa forestal fue concebida en términos de bosque regular, un concepto similar puede ser aplicado al bosque irregular, aunque partiendo de una base diferente (Meyer et al., 1961).

Los primeros estudios numéricos sobre este tipo de distribución fueron realizados en bosques de Francia al estudiar el patrón que sigue el número de árboles con relación a las clases diamétricas en que pueden agruparse, comenzando el análisis con la construcción de un histograma que muestra el número de árboles por clase diamétrica.

Según Meyer (1961), De Lioucourt observó que existe una razón casi constante cuando se efectúa el cociente entre el número de individuos de clases diamétricas consecutivas. También verificó que, aunque el valor de esa razón varíe para masas diferentes, la forma general de la distribución es la de una curva exponencial decreciente en forma de **J** invertida, cuyos pares de valores ( $N^{\circ}/ha$ ; DAP), al ser graficados en papel semilogarítmico

describen una línea recta. Así, De Liocourt concluyó que la normalidad de una masa irregular queda determinada por la existencia de una razón constante entre el número de árboles de clases diamétricas consecutivas. Por lo tanto, para una determinada densidad del rodal, la distribución diamétrica puede ser descrita por el promedio de ese cociente. Además observó que este cociente ( $q$ ) difería entre bosques según la estación, lo que reflejaba diferencias en las características de sus distribuciones diamétricas (Leak, 1964). En algunos bosques vírgenes es posible encontrar un equilibrio entre el crecimiento y la mortalidad de los árboles. En ellos puede mantenerse una determinada distribución solo si el reemplazo desde la regeneración compensa a los que mueren o se cortan. Cuando esto ocurre por un largo período de tiempo la estructura se considera “balanceada” y el crecimiento corriente puede ser removido, anual o periódicamente, manteniendo la estructura y el volumen inicial (Meyer et al., 1961).

### 1.5 Modelos de distribución diamétrica

Desde que De Liocourt estableció el concepto original sobre las distribuciones diamétricas de masas irregulares se desarrollaron modelos matemáticos para describir su estructura.

La curva de equilibrio ha sido uno de los modelos biométricos más estudiados en el campo de las ciencias forestales. Fueron formulados a finales del siglo XIX por Gurnaud y De Liocourt, y a principios de este siglo por Bioley, Engler y Schaeffer (Madrigal, 1994).

El modelo, o Ley de De Liocourt, permite establecer un modelo exponencial de distribución diamétrica del tipo:

$$N_i = N_{\max} (1 + a)^{(D_{\max} - D_i)/d}$$

En que:

- $N_i$  = N° de pies de la clase  $i$ ;
- $D_i$  = Diámetro medio de la clase  $i$ ;
- $N_{\max}$  = N° de pies de la clase de diámetro máximo;
- $D_{\max}$  = Diámetro medio de la clase de diámetro máximo;
- $d$  = Intervalo de clases diamétricas.

El modelo exponencial puede formularse también con la expresión  $N_i = k.e^{-q * D_i}$  donde  $k$  y  $q$  son constantes, siendo  $q = 1/d * \ln(1+a)$  (Meyer, 1953).

En la práctica el modelo de De Liocourt evidenció que el valor de la constante está influenciado por la calidad de la estación.

Leak (1964) amplió los conceptos de De Liocourt para aplicarlos a masas forestales no

balanceadas, analizando el valor de  $q$  en función del diámetro y no como una constante. Fijando el diámetro máximo y el área basal, desarrolló un método para calcular la distribución diamétrica utilizando una distribución experimental. La base del método es la determinación de partes proporcionales de área basal para las diferentes clases, que luego se usan para calcular un área basal correcta, distribuyendo el nivel deseado de área basal en las respectivas clases. Luego, el área basal elegida es transformada en número de árboles para construir la distribución diamétrica.

## 2. APLICACIONES DEL MODELO EXPONENCIAL

La Silvicultura y Ordenación Forestal europea han tenido una gran influencia sobre el manejo de los bosques en otras partes del mundo. Meyer (1961) fue el principal responsable de la expansión de la teoría de De Liocourt en los Estados Unidos. Introdujo el término "masa balanceada o distribución balanceada del diámetro" y reafirmó la importancia de contar con rodales irregulares para el manejo forestal sostenible, para lo que se necesita una distribución equilibrada de los diámetros. También observó que la distribución diamétrica de algunos bosques vírgenes y bosques manejados permanecía inalterada y sugirió que estos tipos de bosques deberían proveer la información adecuada sobre las distribuciones ideales que pueden ofrecer un rendimiento sostenido.

Probablemente ha sido en los bosques tropicales donde más se propagó el debate entre los que favorecían el mantenimiento de rodales irregulares y los que propugnaban rodales regulares. De esta discusión llevada a cabo en la década de 1930, surgió que la mejor manera de proceder es manteniendo la flexibilidad y que la uniformidad se debe considerar solo cuando las densidades son adecuadas como para permitir escoger entre alternativas (Wasdworth, 2000).

En Brasil, la función exponencial ha sido el modelo más utilizado para determinar la intensidad de las cortas en masas naturales manejadas por el Sistema de Selección (Cortas de entresaca). Aunque no es la única función de distribución aplicable para describir la estructura, el modelo es simple y de fácil aplicación. Aprovechando estas cualidades, Campos et al. (1983), Saraiva (1988) y Costa Neto (1990), propusieron una metodología para definir el manejo basado en la distribución diamétrica.

La función exponencial ( $y = k e^{-ax}$ ) puede transformarse en una función lineal aplicando logaritmos, con la forma:

$$\ln y = \ln k - a * \ln e X,$$

que puede expresarse como:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_i.$$

Esta función transformada permite establecer relaciones entre el área basal (**G**), el diámetro máximo (**D**) y el cociente de De Liocourt **q**, que posibilitan calcular el coeficiente  $\beta_1$  para un valor de **q** elegido y de  $\beta_0$  para una determinada área basal.

Para determinar el número de árboles por hectárea y por clase diamétrica, el selvidor debe elegir esos parámetros de manera que sus valores sean compatibles con los observados en la estructura del monte a ser manejado. La densidad remanente, generalmente expresada en área basal (**G**), se fija para las clases diamétricas inferiores y medias para favorecer el crecimiento de los árboles de mayores diámetros. El diámetro máximo (**D**) que se quiere mantener en la masa arbórea dependerá de los objetivos del manejo y del tipo de productos a extraer.

La elección de determinados valores para esos parámetros fija la posición de la curva. El diámetro máximo marca el límite sobre el eje de las abcisas. El área basal residual determina la posición de la curva entre los ejes y la pendiente queda definida por el cociente **q**.

Según Daniel et al. (1979), con relación al valor de **q** debe tenerse en cuenta que:

- ✓ diferentes amplitudes de clase resultan en valores diferentes de **q**;
- ✓ masas con elevado número de árboles gruesos en las clases diamétricas presentan valores más bajos y un achatamiento de la curva;
- ✓ montes que tienen una mayor proporción de árboles finos presentan altos valores de **q**, y la curva tiene una concavidad pronunciada.

Una vez establecidas las variables **G**, **q** y **D**, las mismas pueden relacionarse con la frecuencia por clase de diámetro calculando los coeficientes del modelo lineal representativo de la distribución. A partir de los resultados, que se obtienen de las expresiones de  $\beta_0$  y  $\beta_1$ , es posible construir la distribución de frecuencias que se desea mantener en el futuro.

El modelo lineal  $\ln y = \beta_0 + \beta_1 X_i$  en forma exponencial corresponde a  $y = e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)}$ .



Según De Liocourt, el cociente entre el número de individuos de clases diamétricas consecutivas es igual a la constante q, por lo tanto se puede expresar como:

$$\frac{N_i}{N_{i+1}} = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)}}{e^{(\beta_0 + \beta_1 X_{i+1})}} = q$$

multiplicando los términos de la ecuación, se obtiene:

$$q * e^{(\beta_0 + \beta_1 X_{i+1})} = e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)}$$

aplicando logaritmos y simplificando:

$$\ln q + (\beta_0 + \beta_1 X_{i+1}) \ln e = (\beta_0 + \beta_1 X_i) \ln e$$

$$\ln q = \beta_0 + \beta_1 X_i - \beta_0 - \beta_1 X_{i+1}$$

$$\ln q = \beta_1 X_i - \beta_1 X_{i+1}$$

$$\ln q = \beta_1 (X_i - X_{i+1})$$

despejando  $\beta_1$ :

$$\beta_1 = \frac{\ln q}{X_i - X_{i+1}}$$

Con esta expresión se calcula el nuevo valor de  $\beta_1$  para un determinado valor de q.

De la misma manera, el área basal (G), expresada en m<sup>2</sup>/ha, se define por:

$$G = \frac{\pi * D_1^2}{40.000} * f_1 + \frac{\pi * D_2^2}{40.000} * f_2 + \dots + \frac{\pi * D_n^2}{40.000} * f_n$$

En que  $D_1^2, \dots, D_n^2$  representan el menor y mayor diámetro de la distribución y  $f_1, \dots, f_n$  son las frecuencias respectivas.

Despejando el término  $(\pi / 40.000)$ , el factor común  $e^{\beta_0}$  y reemplazando las frecuencias  $f$  por su valor  $[e^{(\beta_0 + \beta_1 X_i)}]$  se obtiene:

$$G = \frac{\pi}{40.000} * [ e^{\beta_0} ( D_1^2 * e^{(\beta_1 * D_1)} + D_2^2 * e^{(\beta_1 * D_2)} + \dots + D_n^2 * e^{(\beta_1 * D_n)} ) ]$$

De donde:

$$e^{\beta_0} = \frac{G * 40.000}{\pi * (d_1^2 * e^{(\beta_1 * D_1)} + D_2^2 * e^{(\beta_1 * D_2)} + \dots + D_n^2 * e^{(\beta_1 * D_n)})}$$

Finalmente, aplicando logaritmo neperiano se llega a la expresión que relaciona el coeficiente  $\beta_0$  con el área basal  $G$ :

$$\beta_0 = \text{Ln} * \left[ \frac{G * 40.000}{\pi * (\sum D_i^2 * e^{(\beta_1 * D_i)})} \right]$$

Para definir la distribución equilibrada se seleccionan los valores de  $q$ ,  $G$  y  $D_{\max}$  que se consideraron apropiados a cada situación. Con estos datos, se aplican las expresiones que relacionan esos parámetros con los coeficientes de la expresión lineal de la distribución ( $\ln y = \ln k - a \ln e x$ ), para los parámetros predeterminados. De esta manera puede construirse una familia de curvas (Figura 5) con valores diferentes para los parámetros que la caracterizan.

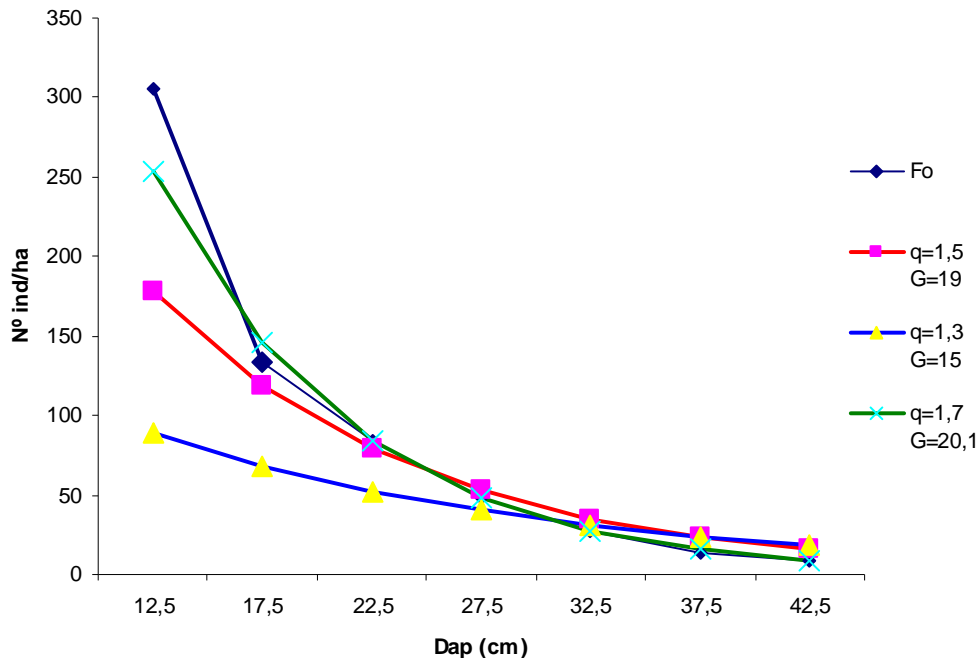
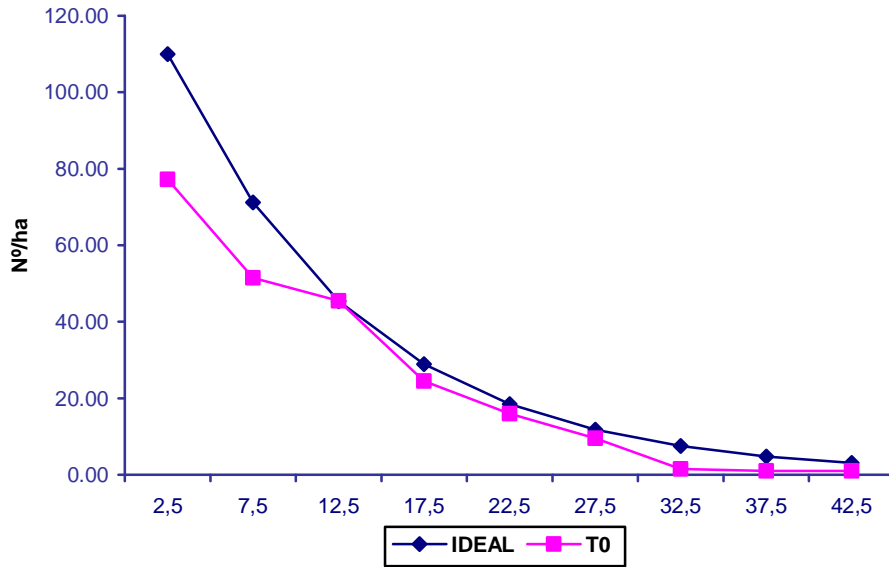


Figura 5 - Curvas de distribuciones diamétricas para diferentes valores de  $q$  y  $G$ .

El modelo exponencial también puede utilizarse para definir curvas objetivo (ideales) para orientar y definir las cortas, de manera que la estructura se vaya acercando gradualmente a la que se ha elegido como deseable. En la Figura 6 se muestra la curva seleccionada como objetivo para una distribución diamétrica real que se quiere manejar.



AP(cm)	2,5	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5
<b>Frec. Obs. (Nº/ha)</b>	77,22	51,48	45,5	24,5	16	9,5	1,5	1	1
<b>Frec. Est. (Nº/ha)</b>	110	71,16	45,37	28,93	18,44	11,76	7,5	4,8	3,07

Figura 6 - Distribución diamétrica observada y estimada para una curva objetivo.

Asimismo en las Figuras 7 y 8 puede observarse las distribuciones del área basimétrica y del volumen que se corresponden con la distribución diamétrica.

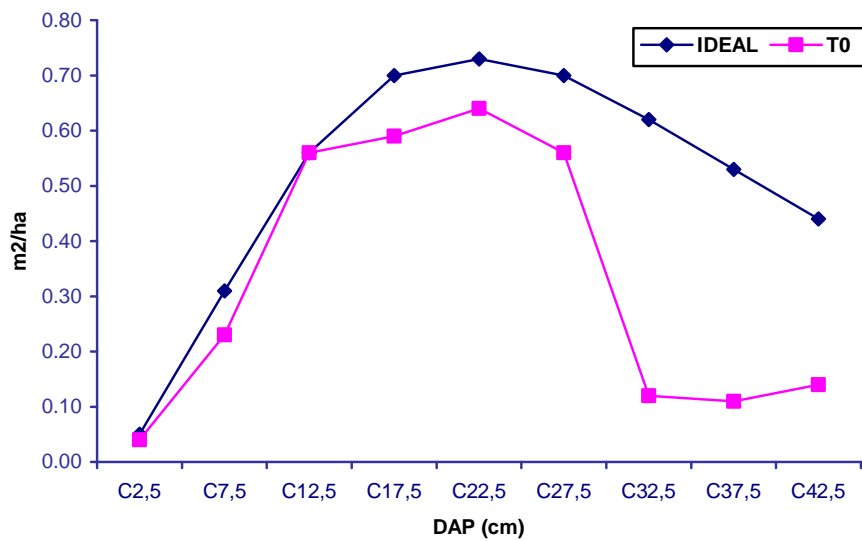


Figura 7 - Distribución del área basimétrica por clase diamétrica de una masa irregular, Observada (to) y objetivo (ideal).

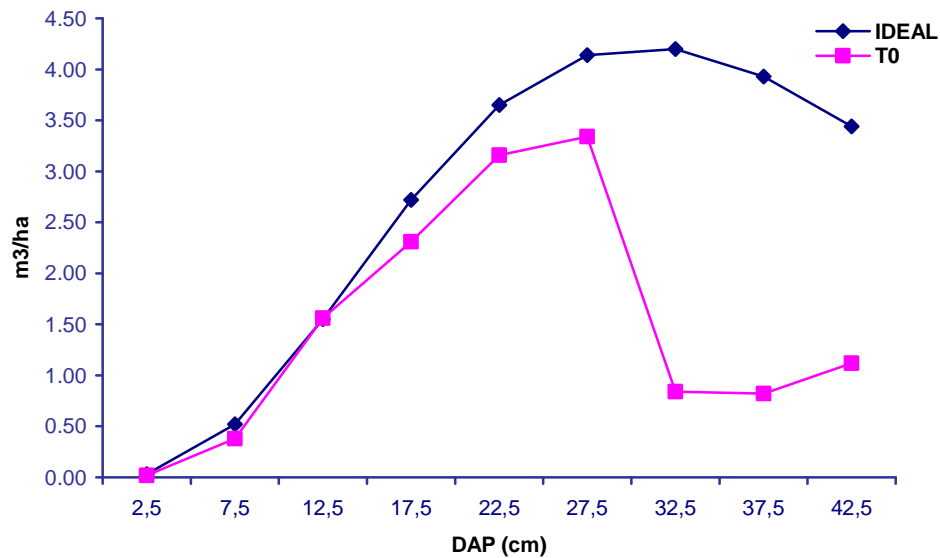


Figura 8 - Distribución del volumen por clase diamétrica de una masa irregular, Observada (to) y objetivo (ideal).

Otro tipo de función en los estudios de la distribución diamétrica es la función Weibull, descrita por Bailey y Dell (1973), por la gran flexibilidad que tiene para tomar diversas formas y pendientes, lo que resulta en mejores ajustes. Esta distribución puede usarse para definir alternativas de manejo en formaciones secundarias (Mariscal Flores, 1993).

Al comparar los resultados de la aplicación de la función exponencial de Meyer, Mariscal Flores (1993) verificó que las estimaciones que se obtienen con las dos funciones son aproximadas a los valores observados, con una ligera sobrestimación cuando se usa la función Weibull y una subestimación cuando se aplica la función de Meyer. Asimismo, los valores de la constante  $q$  son variables con la función Weibull, aunque guardan entre sí cierta proporcionalidad, decreciendo a medida que aumenta el diámetro. Con la función exponencial se consigue un valor de  $q$  constante entre las sucesivas clases de diámetro.

Para alcanzar la distribución normal o ideal, pueden ser necesarias varias cortas en sucesivos ciclos de corta.

Si se trata de montes no manejados, es difícil que se logren los valores deseados en una sola intervención, ya que se correría el riesgo de abrir el vuelo en forma muy rápida y que las especies tolerantes no sean capaces de utilizar todo el espacio disponible, con lo que se tendría una pérdida de productividad (Campos et al., 1983).

El hecho de que masas irregulares puedan presentar la forma de J invertida en su distribución diamétrica, no necesariamente indica posibilidad alguna de manejo de estos bosques. Si las curvas tienen un comportamiento de serie geométrica pueden ser matemáticamente descritas, pero:

*una distribución adecuada está determinada por la biología de las especies, por los objetivos del manejo y no por el procedimiento matemático que describe la situación ideal.*

En la práctica el problema a resolver es como mantener, por medio de la corta, una distribución satisfactoria para conseguir el nivel de existencias en volumen que se desea (Davis, 1966) y una producción sostenida en el tiempo.

### **3 CRECIMIENTO Y PRODUCCION**

El crecimiento de los árboles, como resultado del aumento de sus dimensiones en un período de tiempo, es un fenómeno muy complejo en el que intervienen numerosas variables. La biología propia de la especie, el clima, suelo, competencia, disturbios, son determinantes (Juárez de Galíndez, 2001).

La información referida al crecimiento es un subsidio básico para la elaboración y aplicación de un plan de manejo, necesaria además para determinar ciclos de corta y para regular la producción del bosque. Particularmente el estudio del crecimiento diamétrico permite analizar cómo ocurre el movimiento de los árboles a través de las sucesivas clases de diámetro y estimar el número de años necesarios para que los individuos que se encuentran en una clase de tamaño pasen a la siguiente. Tales estimaciones sirven para calcular el tiempo de tránsito y el módulo de rotación o ciclo de corta, determinación fundamental para la obtención de un rendimiento sostenido y para la organización de la masa en el tiempo y en el espacio (Araujo, 1993).

El rodal irregular tiene un ritmo de crecimiento que puede ser medido por el crecimiento periódico, si se dispone de los datos de inventarios sucesivos. Este crecimiento, representa la producción bruta del vuelo. El crecimiento relativo también puede emplearse para predecir el crecimiento futuro inmediato, pero solo para un corto período de tiempo, debido a las variaciones que puede experimentar en períodos de tiempo mayores (Mackay, 1961).

Un ciclo de producción comienza con la corta de una parte de las existencias, dejando siempre la reserva de crecimiento, que constituye el capital biológico de producción. Esta

reserva crece durante los años del ciclo, al final del cual se corta la parte comercial de ese crecimiento (Davis y Johnson, 1987).

En el bosque regular el tamaño y características de los productos son función de la edad, de la calidad de sitio y de la intensidad de manejo.

*En un monte irregular la corta se determina según el ciclo de cortas, el nivel de reservas de la masa y la tasa de crecimiento.*

### **3.1 Proyección del crecimiento y producción**

El conocimiento de la forma en que cambian las comunidades vegetales con el tiempo es una condición básica para su manejo y conservación. Estos cambios se pueden describir en forma sencilla mediante descripciones de fases o etapas. Sin embargo, la descripción cualitativa y gráfica es apenas un punto de partida y debe ser seguido por un análisis cuantitativo. El análisis numérico describe los cambios de una manera más precisa y objetiva, permitiendo el uso de métodos estadísticos para probar hipótesis sobre los factores que influyen en los cambios de la dinámica.

Otro objetivo frecuente es proveer la información para desarrollar modelos de simulación. Estos modelos son de gran valor en la investigación y experimentación del manejo forestal. Si están fundamentados en datos e informaciones adecuadas, permiten visualizar y entender rápidamente procesos que en el bosque tardan décadas o hasta siglos para desarrollarse. Para ello se trata de determinar la masa incorporada (ingresos) o número de individuos nuevos que ingresan a la población por unidad de tiempo; el crecimiento de los individuos entre inventarios sucesivos; la mortalidad expresada por el número de individuos muertos en la unidad de tiempo; la relación entre los parámetros anteriores y características individuales de las plantas (Finegan y Guillén, 1996).

En general los modelos para predecir la dinámica de crecimiento se clasifican en:

- i) modelos de rodal;
- ii) modelos de árboles individuales y
- iii) modelos de clases diamétricas.

Cualquiera de estos tres tipos puede ser utilizado para predecir el crecimiento y producción en el futuro (Daniels y Burkhardt, 1988).

Los modelos de rodal permiten obtener estimaciones del crecimiento y producción para un rodal considerado como un todo, sin relacionar el tamaño de los árboles con parámetros de

la masa, tales como: edad, densidad, área basal e índice de sitio. Generalmente, los modelos se construyen mediante técnicas de regresión múltiple.

Los modelos de árboles individuales requieren información más detallada sobre las particularidades de los árboles. El diámetro es la variable más deseable, incluyéndose además la localización espacial de cada pie, altura y clase de copa (Azevedo, 1993).

Según Botkin et al. (1972), citado por Azevedo (1993), esos modelos presentan las siguientes características:

- Cada árbol se define por variables como edad máxima, diámetro máximo, altura máxima, relaciones entre altura y diámetro, tasa de fotosíntesis, necesidades de luz.
- Se debe contar con relaciones entre el crecimiento relativo y una medida referida al clima.
- También pueden incluirse otras variables ambientales abióticas, como profundidad del suelo, capacidad de almacenamiento de agua, porcentaje de roca, valores mensuales de temperatura y precipitación e insolación anual por encima del dosel de copas.
- Las especies se diferencian además por la probabilidad de sobrevivencia específica y por el establecimiento de nuevas plantas de acuerdo con la luz que llega al suelo del bosque.

A su vez, los modelos de árboles individuales se agrupan en dos clases, dependiendo de cómo se considera la competencia. Los de distancia independiente y de distancia dependiente, según que el modelo requiera de la localización individual de los árboles como atributo. Los de distancia independiente asumen que los pies están distribuidos uniformemente en el rodal. En los de distancia dependiente, el individuo es literalmente mapeado para determinar la distancia a sus competidores por luz, humedad y nutrientes.

La principal desventaja de estos modelos es el alto costo para obtener la información necesaria y la mayor complejidad computacional (Davis y Johnsos, 1987).

Los modelos de clases diamétricas se usan para proyectar la distribución de los diámetros. Constituyen el método clásico para estimar el crecimiento y producción futuros, utilizando el crecimiento en diámetro y otra información referida a los individuos arbóreos. El modelo asume que todos los árboles sobreviven en el período de proyección. La mortalidad y la corta pueden ser analizadas separadamente.

Para la aplicación del método debe definirse previamente los datos de crecimiento que se usarán y en que forma se aplicarán. Pueden utilizarse los crecimientos pasados, sin embargo, el crecimiento anterior puede no ser una buena variable predictora si cambia la estructura y condiciones de crecimiento. Resultados más aproximados a la realidad pueden obtenerse con cortos períodos de proyección, no mayores de 10 años, preferiblemente 5 años.

Según Davis y Johnson (1987), estos modelos presentan tres variantes o métodos, dependiendo de los supuestos básicos que se asuman, según se describe a continuación:

*Aplicando el crecimiento medio en diámetro a la marca de clase.* El método asume que: i) todos los árboles de una misma clase están creciendo a una tasa media; ii) los individuos se encuentran próximos a la marca de clase y iii) no se considera el error que se comete al aplicar el crecimiento medio. Para solucionar estos problemas se desarrollaron los dos métodos siguientes.

*Aplicando el crecimiento medio en diámetro considerando una distribución uniforme de los individuos dentro de la clase.* Cuando no se conoce exactamente la distribución de los individuos dentro de la clase, se puede tener una aproximación asumiendo que es uniforme. Bajo este supuesto, la proporción de árboles que pasan de una clase a la siguiente puede calcularse mediante el siguiente índice:

$$m = g / i * 100$$

En que:

- m = índice de movimiento, expresado en porcentaje;
- g = crecimiento medio en diámetro de la clase;
- i = amplitud de la clase.

Carron (1968) cita este método indicando su aplicación a partir de la determinación de un Índice de Crecimiento (**IC**), equivalente a **m**. Según este autor, se puede asumir que los pies que componen la masa se encuentran distribuidos en clases diamétricas, y que una fracción de esos árboles se mueve hacia las clases más altas, en tanto que otra fracción permanece en la misma clase. Esa fracción o tanto de promoción se puede expresar como un "factor de movimiento" que depende del crecimiento en diámetro y de la amplitud de clase que se ha elegido.

Silva (1989) se refiere a este método afirmando que la fracción de árboles que se mueve



anualmente a lo largo de todo el intervalo de clases, debido al crecimiento diametral, puede ser estimada por un Índice de Crecimiento (IC), calculado por la siguiente fórmula:

$$IC = I_d \times P / a$$

En que:

IC = Índice de crecimiento;

$I_d$  = Crecimiento periódico medio anual en diámetro de la clase;

P = Número de años del período considerado;

a = Amplitud de la clase de diámetro.

Cuando el valor de **IC** es menor  $< 1$ , indica la fracción de árboles que se mueve una clase por encima de la original. Si **IC**  $> 1$ , la parte decimal indica la fracción de árboles que se mueve dos clases por arriba, en tanto que los demás individuos se mueven una sola clase.

El Índice de Crecimiento se calcula para cada clase diamétrica con aproximación de un dígito para facilitar su interpretación. Conceptualmente tiene el mismo significado que el tanto anual de promoción.

Conociendo las existencias medias anuales en número de individuos por clase diamétrica y el Índice de Crecimiento, es posible calcular el número de años necesarios para que todos los pies de una clase pasen a la siguiente, o el número de pies que en un año pasarán por más de una clase, y de esta manera proyectar la distribución diamétrica. Este método conduce a los mismos resultados que el aplicado por Mackay (1961) cuando determina el tanto anual de promoción a partir de la información de inventarios sucesivos. Este autor propone el cálculo del *tiempo de tránsito*, dividiendo las existencias anuales por el número de pies que pasan anualmente:

$$N_a = E_a * TAP$$

$$Tt(i) = E_a / N_a$$

En que:

$N_a$  = Número de árboles que pasan anualmente;

TAP = Tanto anual de promoción;

$Tt(i)$  = Tiempo de tránsito para la clase i;

$E_a$  = Existencias anuales.

Con idéntico cálculo para todas las clases diamétricas, se obtiene como resultado una escala de tiempos de tránsito correlativa de una escala de diámetros. Finalmente, se pueden relacionar las clases de diámetro con los respectivos tiempos de tránsito ajustando una

ecuación de regresión que permite estimar valores medios de tiempos de paso.

Como otra variante de este método, se pueden aplicar técnicas de análisis de regresión y seleccionar un modelo que permita estimar valores de crecimiento en diámetro para estimar también el tiempo de paso (Araujo, 1993). Básicamente el método consiste en :

- Agrupar los pies en clases de diámetro;
- Calcular el crecimiento medio anual por clase diamétrica;
- Ajustar la relación entre crecimiento diamétrico y la clase de diámetro representada por su valor central;
- Aplicación de la ecuación de regresión para estimar crecimientos y edades relativas por clase de diámetro;
- Cálculo del tiempo de tránsito entre clases diamétricas por diferencia de edades relativas.

Este método es una combinación del método clásico con técnicas de análisis de regresión que, si bien parte de los mismos supuestos, permite medir el grado de confiabilidad de las estimaciones. Además, se diferencia de los métodos anteriores porque se atribuye a cada árbol el crecimiento diamétrico que genera su propio diámetro, en lugar de asignar el mismo crecimiento para todos los árboles de la clase.

Según Silva (1989) en el programa informático STANDPRO, utilizado para simular la evolución de rodales en Sarawak, Malasia, se aplica el concepto de tiempo medio de paso y del cociente de De Liocourt ( $q$ ) para predecir el movimiento de los árboles a través de las clases diamétricas. El método tiene el mérito de ser simple, pero puede sobrestimar el tiempo del ciclo de corta y el tiempo de tránsito, sobre todo en los bosques secundarios. La razón es la alta variación de los crecimientos dentro de la clase, siendo que el modelo asume una distribución uniforme de los pies dentro de la misma. En el cálculo interviene el índice de crecimiento descrito anteriormente.

*Aplicando el crecimiento diamétrico a una distribución diamétrica experimental* se refina el supuesto de distribución uniforme del método anterior, ya que se parte de una distribución real, obtenida de un inventario y se usan datos de crecimiento de parcelas permanentes de muestreo. Si bien el método aumenta la precisión, aún queda el supuesto de que todos los árboles de una clase están creciendo a la misma tasa (Davis y Johnson, 1987).

Según Finegan y Guillén (1996), cualquiera sea el modelo o metodología que se aplique para estudiar la dinámica de la vegetación, normalmente se procura determinar los siguientes parámetros:

- El reclutamiento o número de individuos nuevos que se incorporan a la población por unidad de tiempo;
- El crecimiento de los individuos que están presentes en dos fechas sucesivas de medición;
- El número de individuos muertos por unidad de tiempo;
- La relación de las variables anteriores con las características individuales del árbol, de su ambiente físico y de su ambiente biótico.

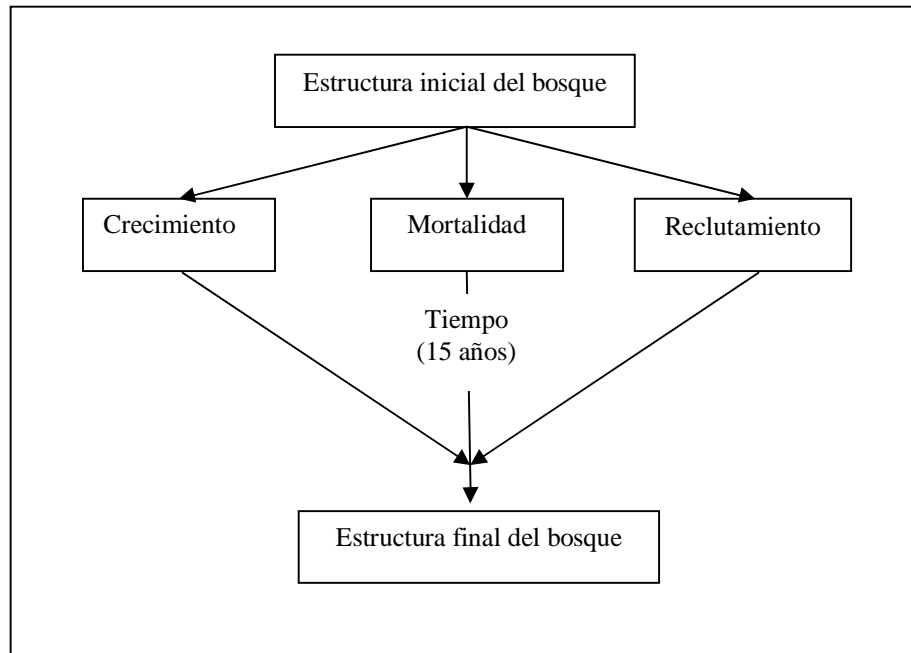
La determinación de los reclutamientos y de la mortalidad permite el seguimiento de los cambios en el tamaño de la población, para cada especie presente en la comunidad. Si se trata de un estudio de producción maderera, se puede estimar la evolución del volumen, siempre que se disponga de las tablas de volumen para este fin. La mejor manera de conseguir toda esta información es por un seguimiento detallado a lo largo del tiempo en parcelas permanentes de muestreo (Finegan y Guillén, 1996).

La proyección de la evolución del rodal se realiza a partir de la distribución diamétrica inicial obtenida del inventario.

Luego se fija el período de crecimiento para el que se considera válido aplicar las ecuaciones que estiman los crecimientos. La duración se elige teniendo en cuenta que los resultados serán más aproximados a la realidad si no excede el lapso de tiempo en el cual se espera que los cambios en la estructura y en las condiciones de la masa no sean muy pronunciados, por ejemplo cuando se trata de especies de lento crecimiento.

Las ecuaciones que estiman el crecimiento anual en diámetro se usan con los datos de DAP de cada individuo para obtener la distribución estimada en cada uno de los años.

La proyección del desarrollo del bosque durante el período de crecimiento resulta del efecto que tiene cada uno de los componentes que determinan su evolución (crecimientos, ingresos y mortalidad) sobre la distribución diamétrica, el área basimétrica y el volumen, de acuerdo con el siguiente esquema.



La Figura 9 muestra el resultado de la proyección de la distribución diamétrica durante 11 años y una familia de curvas trazadas como ideales u objetivo según diferentes valores de **q** y **G**.

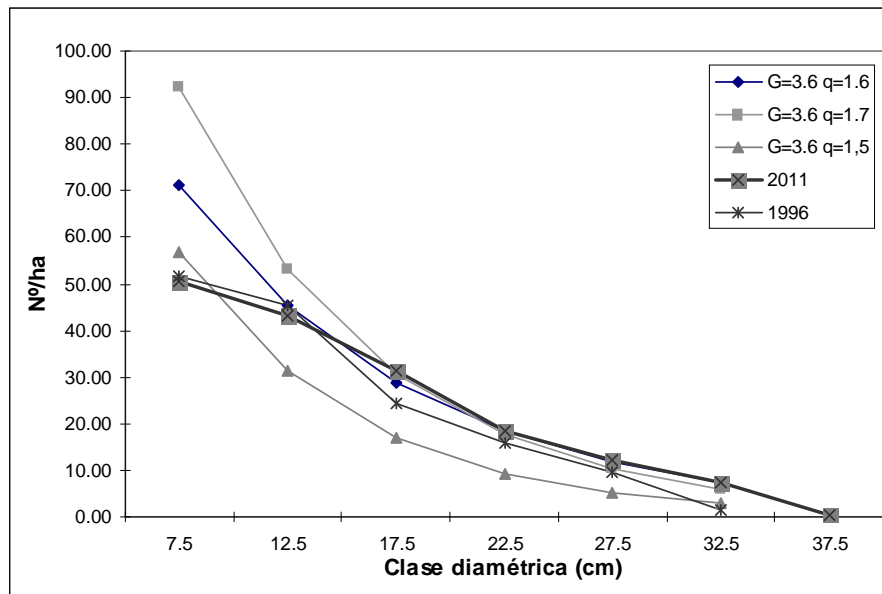


Figura 9 - Situación inicial (1996) de la distribución diamétrica, proyectada (2011) y curvas ideales para distintos valores de q. (Fuente: Araujo, 2003).

El resultado de la proyección del área basimétrica de un bosque seco se puede ver en el Cuadro 2, cuya interpretación es la siguiente: de acuerdo con las estimaciones, en el período de 15 años el área basimétrica crecerá desde 2,5 m<sup>2</sup>/ha hasta 3,54 m<sup>2</sup>/ha..

Cuadro 2 - Proyección del área basimétrica.  
(Fuente: Araujo, 2003)

Clase (cm)	Años del período							
	1996 (m <sup>2</sup> /ha)	1997 (m <sup>2</sup> /ha)	1998 (m <sup>2</sup> /ha)	1999 (m <sup>2</sup> /ha)	2000 (m <sup>2</sup> /ha)	2001 (m <sup>2</sup> /ha)	2002 (m <sup>2</sup> /ha)	2003 (m <sup>2</sup> /ha)
7,5	0,233	0,235	0,301	0,247	0,249	0,227	0,229	0,227
12,5	0,555	0,572	0,576	0,527	0,526	0,539	0,556	0,504
17,5	0,562	0,575	0,597	0,624	0,624	0,618	0,631	0,702
22,5	0,604	0,617	0,606	0,667	0,689	0,727	0,718	0,725
27,5	0,518	0,530	0,566	0,578	0,579	0,616	0,654	0,693
32,5	0,038	0,077	0,079	0,08	0,077	0,079	0,080	0,082
Total	<b>2,510</b>	2,606	2,725	2,723	2,744	2,806	2,868	2,933
Clase (cm)	Años del período							
	2004 (m <sup>2</sup> /ha)	2005 (m <sup>2</sup> /ha)	2006 (m <sup>2</sup> /ha)	2007 (m <sup>2</sup> /ha)	2008 (m <sup>2</sup> /ha)	2009 (m <sup>2</sup> /ha)	2010 (m <sup>2</sup> /ha)	2011 (m <sup>2</sup> /ha)
7,5	0,248	0,207	0,208	0,201	0,240	0,242	0,228	0,226
12,5	0,507	0,551	0,496	0,511	0,518	0,471	0,502	0,522
17,5	0,662	0,645	0,668	0,692	0,701	0,747	0,747	0,733
22,5	0,706	0,753	0,783	0,801	0,662	0,708	0,690	0,737
27,5	0,807	0,824	0,714	0,729	0,811	0,828	0,716	0,696
32,5	0,084	0,086	0,265	0,270	0,383	0,391	0,578	0,626
Total	3,014	3,066	3,134	3,204	3,315	3,387	3,461	<b>3,540</b>

En la Figura 10 se puede comparar la situación inicial (1996) con la esperada para el 2011. También se muestra la forma en que se distribuye el área basimétrica cuando está balanceada de acuerdo con la distribución elegida como modelo para orientar el manejo futuro.

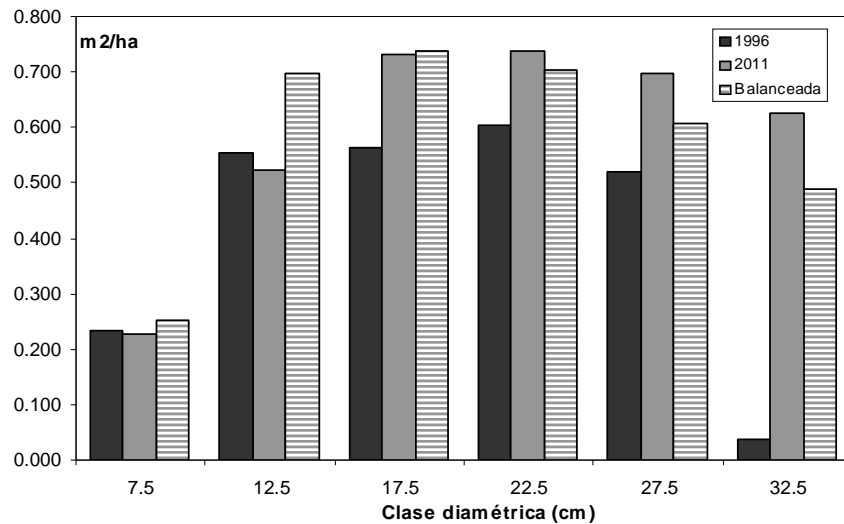


Figura 10 - Distribución del área basimétrica inicial (1996), proyectada (2011) y balanceada. Fuente: Araujo, 2003)

### 3.2 Crecimiento del Volumen

La proyección del volumen y su distribución por categorías diamétricas puede efectuarse utilizando ecuaciones que estiman los volúmenes comerciales, por ejemplo, el modelo logarítmico de variable combinada (Gaillar de Benitez et al., 1988), que incluye como variables independientes altura total (ht) y diámetro (DAP):

$$V_{cc} = e^{(-10,97613 + 1,11062 * \ln(DAP^2 * ht))}$$

Los datos de altura, necesarios para calcular el volumen en los diferentes años del período (Cuadro 3), se obtienen con las relaciones alométricas que estiman la altura en función del diámetro.

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a una especie principal de un bosque seco de Argentina.

Cuadro 3 – Tabla de Proyección del volumen.

Clase (cm)	Años del período								
	1996 (m <sup>3</sup> /ha)	1997 (m <sup>3</sup> /ha)	1998 (m <sup>3</sup> /ha)	1999 (m <sup>3</sup> /ha)	2000 (m <sup>3</sup> /ha)	2001 (m <sup>3</sup> /ha)	2002 (m <sup>3</sup> /ha)	2003 (m <sup>3</sup> /ha)	2003 (m <sup>3</sup> /ha)
7,5	0,41	0,41	0,43	0,45	0,46	0,42	0,41	0,41	0,41
12,5	1,57	1,63	1,66	1,51	1,51	1,54	1,68	1,43	1,43
17,5	2,17	2,25	2,35	2,43	2,42	2,38	2,47	2,72	2,72
22,5	2,94	3,04	3,00	3,31	3,42	3,61	3,59	3,64	3,64
27,5	3,21	3,31	3,55	3,66	3,90	4,16	3,88	4,14	4,14
32,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,55	0,55
Total	10,30	10,64	10,99	11,35	11,72	12,10	12,03	12,34	12,34
Años del período									
Clase (cm)	2004 (m <sup>3</sup> /ha)	2005 (m <sup>3</sup> /ha)	2006 (m <sup>3</sup> /ha)	2007 (m <sup>3</sup> /ha)	2008 (m <sup>3</sup> /ha)	2009 (m <sup>3</sup> /ha)	2010 (m <sup>3</sup> /ha)	2011 (m <sup>3</sup> /ha)	2011 (m <sup>3</sup> /ha)
7,5	0,47	0,41	0,42	0,41	0,42	0,43	0,40	0,39	0,39
12,5	1,45	1,57	1,63	1,44	1,47	1,32	1,41	1,48	1,48
17,5	2,55	2,50	2,54	2,66	2,70	2,86	2,89	2,84	2,84
22,5	3,50	3,76	3,89	4,02	3,27	3,52	3,44	3,69	3,69
27,5	4,81	4,95	4,25	4,38	4,77	5,15	4,20	4,10	4,10
32,5	0,57	0,58	1,73	1,78	2,51	2,59	3,80	4,14	4,14
Total	12,78	13,19	14,46	14,68	15,15	15,86	16,13	16,64	16,64

En la Figura 11 se puede ver como evoluciona el volumen en cada clase diamétrica hasta aproximarse a la situación de balanceamiento en el año 2011.

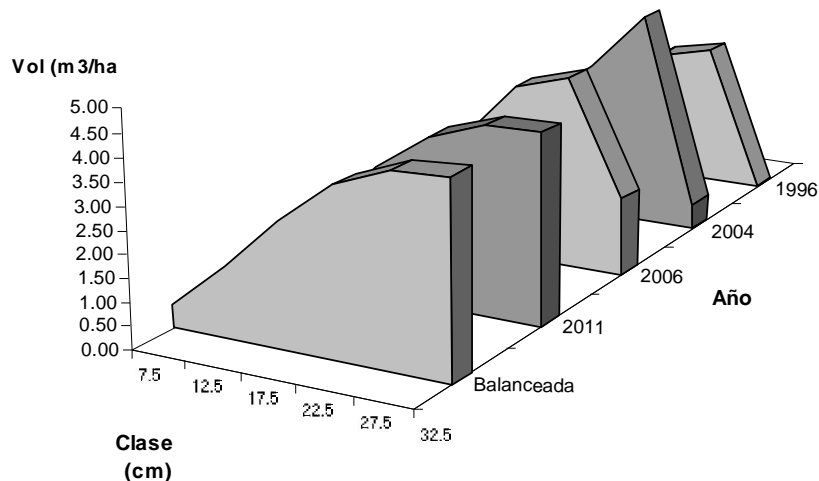


Figura 11 - Proyección de la producción y distribución balanceada del volumen.

La proyección del desarrollo de la masa durante el período de crecimiento pueden resumirse (Cuadro 4), mostrando los valores estimados para el comienzo y final del período.

Cuadro 4 - Frecuencia, área basimétrica y volumen del año 1996 y proyectados al año 2011.

Clase diamétrica (cm)	Frecuencia (Nº / ha)		Área basimétrica (m <sup>2</sup> / ha)		Volumen (m <sup>3</sup> / ha)	
	Año 1996	Año 2011	Año 1996	Año 2011	Año 1996	Año 2011
7,5	51,48	50,49	0,233	0,226	0,41	0,39
12,5	45,50	43,00	0,555	0,522	1,57	1,48
17,5	24,50	31,50	0,562	0,733	2,17	2,84
22,5	16,00	18,50	0,604	0,737	2,94	3,69
27,5	9,50	12,00	0,518	0,696	3,21	4,10
32,5	1,50	7,50	0,038	0,626	0,00	4,14
Total	148,48	162,99	2,510	3,540	10,30	16,64

El crecimiento líquido del período en número de individuos se evidencia en el aumento de 14,51 pies por hectárea y en área basimétrica de 1,03 m<sup>2</sup>/ha. Con relación al volumen, el nivel de reservas al inicio (1996) de 10,3 m<sup>3</sup>/h crecerá hasta 16,34 m<sup>3</sup>/ha (Figura 12)

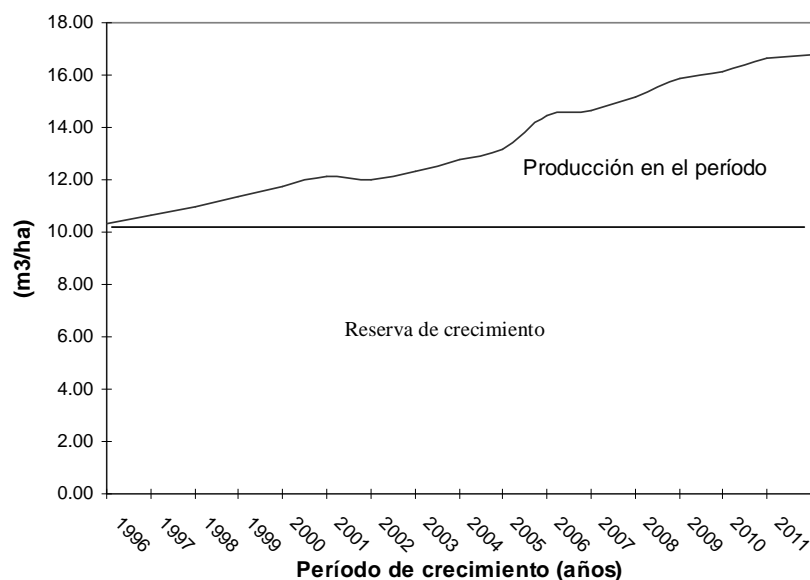


Figura 12 - Crecimiento acumulado del volumen.



En el Cuadro 5 se pueden observar las diferencias entre la producción en el año 2011 y las correspondientes a la situación de equilibrio que se ha fijado como objetivo para orientar el manejo en el próximo período.

Las diferencias se encuentran en la primera y segunda categoría diamétrica. Los valores negativos indican un déficit y los valores positivos el exceso con respecto a la curva balanceada provisoria que se ha determinado. Ello ocurre debido a que se seleccionó un valor de  $q = 1,6$  con el objetivo de reconstruir una distribución con mayor participación de pies juveniles, que en el futuro aseguren la provisión a las clases de diámetro mayores. Es decir, en este período se busca la recuperación de la estructura y no una posibilidad de producción maderera en el corto o mediano plazo.

Cuadro 5 - Producción estimada para el año 2011 y para la distribución balanceada.

Clase (cm)	Frecuencia (Nº/ha)		Diferencia (Nº/ha)	Área basimétrica (m <sup>2</sup> / ha)		Diferencia (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen (m <sup>3</sup> / ha)		Diferencia (m <sup>3</sup> /ha)
	2011	Ideal		2011	Ideal		2011	Ideal	
7,5	50,49	71,16	-20,67	0,22	0,31	-0,09	0,37	0,52	-0,15
12,5	43,00	45,37	-2,37	0,53	0,56	-0,03	1,47	1,55	-0,08
17,5	31,50	28,93	2,57	0,76	0,70	0,06	2,97	2,73	0,24
22,5	18,50	18,44	0,06	0,74	0,73	0,00	3,66	3,65	0,01
27,5	12,00	11,76	0,24	0,71	0,70	0,01	4,22	4,14	0,08
32,5	7,50	7,50	0,00	0,62	0,62	0,00	4,20	4,20	0,00
Total	162,99	183,16	20,17	3,58	3,62		16,89	16,79	

De acuerdo con lo observado en el Cuadro 5, al fin del período aún existe un déficit en la primera categoría diamétrica, por lo que será necesario promover un aumento de la masa incorporada desde la reserva de la regeneración. Para ello, es necesario contabilizar los individuos de las clases de tamaño menor de la regeneración natural.

El diámetro mínimo de corta, establecido en 30 cm de DAP, permitiría la corta en el año 2011 de 7,5 pies maduros que se encuentran en la clase de 32,5 cm, lo que equivale a 4,2 m<sup>3</sup>/ha. Sin embargo, es necesario que esos ejemplares se mantengan en la masa como árboles padres para proveer de las semillas suficientes que aseguren la promoción de renovales a la primera clase y para que mantengan la cobertura lo más uniforme posible.

#### 4 ORDENACIÓN DE LAS MASAS IRREGULARES

La Ordenación de los montes arbolados tiene como objetivo fundamental el cumplimiento de los principios básicos que aseguran el uso sostenible de los recursos forestales. Formulados en el siglo pasado como condiciones mínimas, se refieren a la *persistencia*, *rentabilidad* y *máximo rendimiento* (Mackay, 1961).

#### ¿Qué se busca con la Ordenación?

- Mantenimiento de los equilibrios biológicos
- Abastecimiento sostenido de productos
- Permanencia del paisaje
- Estabilidad de poblaciones animales
- Mantenimiento de la Fertilidad del suelo
- Percepción sostenida de rentas
- Oferta sostenida de trabajo

Como consecuencia de los cambios cuantitativos y cualitativos que ha experimentado la demanda social sobre los montes, además de la evolución del concepto de sostenibilidad, las condiciones mínimas de la ordenación clásica han sido revisadas y ampliadas a partir del avance de otras ciencias básicas en que se apoya la Selvicultura y la Ordenación, como se muestra en el siguiente esquema conceptual.

Objetivos de la Ordenación de Montes (*)			
Clásicos		Actualizados	
<b>Persistencia</b>	Que el vuelo utilice las energías del suelo y el ambiente sin interrupciones imprevistas.	<b>Persistencia y Estabilidad</b>	Persistencia, conservación y mejora del suelo y vuelo. Diversidad de especies principales y secundarias
<b>Rentabilidad</b>	Previsión de rentas anuales o periódicas, variables o constantes de bienes directos.	<b>Rendimiento sostenido</b>	Que el capital suelo permanezca inalterable, sin degradación. Del conjunto de utilidades. Oferta sostenida de empleo.
<b>Máximo rendimiento</b>	Optimo de la producción preferente.	<b>Máximo de utilidades</b>	Uso múltiple. Máximo valor de los beneficios directos e indirectos .

(\*) Adaptado de Madrigal (1994)

Para el cumplimiento de estos objetivos la Silvicultura se ordena en el espacio y en el tiempo de acuerdo con la forma de masa. En el caso de masas regulares, la edad, el turno y la forma en que se regenera la masa, son los parámetros que determinan la organización. Pero el conocimiento de las edades no tiene aplicación práctica cuando se trata de organizar sobre el terreno una masa irregular, por lo tanto, se sustituye la escala de edades por una escala de diámetros y se consideran maduros los árboles que han alcanzado un diámetro máximo, predeterminado por razones biológicas y económicas. De esta manera, se obtiene una producción con una rentabilidad semejante a la de la serie graduada y de la serie ordenada de rodales iguales (Mackay, 1961).

La corta se prescribe en términos de diámetro mínimo de corta, suponiendo que la próxima corta se efectuará sobre los árboles remanentes, una vez que lleguen a la cortabilidad. La organización de las masas se basa en las curvas de equilibrio estimadas a partir de las hipótesis de De Liocourt, Biolley y Gurnaud. Dicha curva representa la distribución diamétrica referida a la hectárea (Madrigal, 1994), que en forma tabular sería:

<b>N° /ha</b>	$N_0$	$N_1$	$N_2$	.....	$N_{k-1}$	$N_k$
<b>Clase diamétrica</b>	D	D-d	D-2d	....	D-(k-1)d	D-kd = d

$N^\circ$  = número de pies

d = amplitud de la clase diamétrica

D = diámetro máximo normal o de madurez

El diámetro máximo **D**, también llamado diámetro de cortabilidad, es el diámetro medio o central de la clase diamétrica superior; **d** es la amplitud de las clases; **K+1** el número de las mismas y **D-Kd** es el diámetro mínimo o diámetro medio de la última clase.

Las hipótesis citadas precedentemente establecen que la relación entre el número de pies de una clase diamétrica y la inmediatamente superior es constante y superior a la unidad:

$$\frac{N_i}{N_{i+1}} = 1+a$$

Donde:

$N_i$  =  $N^\circ$  número de pies de la clase diamétrica i;

$N_{i+1}$  =  $N^\circ$  de la clase i+1;

1+a = valor de la constante de De Liocourt.

Para obtener una producción similar a la que se obtiene en la serie graduada de rodales, es necesario que la escala de diámetros tenga una escala de edades, de intervalo  $e$ , igual al número de años que demoran los individuos de una clase para pasar a la clase diamétrica siguiente. Para que la curva de equilibrio permanezca constante, cada  $e$  años se corta en cada clase siguiendo el siguiente esquema:

<b>N° /ha a cortar</b>	Todos	$N_1 - N_0$	$N_2 - N_1$	.....	$N_i - N_{i-1}$	.....	$N_k - N_{k-1}$
<b>Clase diamétrica</b>	D	D-d	D-2d	....	D - id	....	D-kd

Se requiere además que cada  $r$  años del ciclo de corta se incorporen  $N_K$  pies/ha a la última clase diamétrica, que es la cortable. De este modo, la renta expresada en número de pies por hectárea es constante cada  $r$  años e igual a  $N_K$  pies/ha.

Una masa irregular organizada según la curva de equilibrio, teóricamente cumple el objetivo de rendimiento sostenido y también con el objetivo de persistencia y estabilidad, si hay ingresos (reemplazos) en forma continua desde la regeneración.

Un planteamiento global, acompañado de la aplicación de modelos de simulación puede dar como respuesta un conjunto de soluciones entre las que se puede elegir de acuerdo con los objetivos fijados (Madrigal, 1994).

La necesidad de un monitoreo continuo para evaluar como evoluciona la distribución le dio a estos métodos la denominación de método de control. La hipótesis básica se funda en la suposición de que el número de pies que se corta proviene de la incorporación, o del paso, de los mismos desde la clase diamétrica anterior a la de corta durante los años de la rotación, lo que refuerza la necesidad del control riguroso y frecuente.

Las cortas de entresaca no se ejecutan según el estado y desarrollo de la regeneración natural, ya que ésta es continua en el tiempo y en el espacio. Esto diferencia a las entresacas, en su aspecto de cortas de regeneración, de las demás clases de corta. La entresaca es periódica y se ejecuta según el módulo de rotación, o ciclo de corta, elegido de acuerdo con el tiempo de paso. Esto supone igualar los tiempos de paso de todas las clases diamétricas, otra de las hipótesis en las que se basa el equilibrio de las masa irregulares ideales (Madrigal, 1994).

Los objetivos de persistencia, estabilidad, y del máximo de utilidades pueden cumplirse desde el inicio si las cortas se ejecutan de acuerdo con la curva de equilibrio elegida. Las cortas de entresaca ayudan a estabilizar dinámicamente la masa en esta fase de mezcla

íntima de edades, evitando que pase a otras que culminarían en el envejecimiento del arbolado y en su destrucción (Madrigal, 1994).

La ordenación por entresaca pie a pie permite una producción simultánea de madera con una eficiente protección del suelo, debido a que las cortas no alteran prácticamente el dosel de copas.

La estratificación de las copas y sistemas radicales bien desarrollados, confieren a estas masas un elevado grado de estabilidad. El hecho de que la regeneración sea continua y extendida por toda la masa proscribe el uso ganadero, salvo en sistemas de manejo silvopastoril bien organizados.

La necesidad de controlar las existencias obliga a que el Plan General se desarrolle en plazos coincidentes con las sucesivas rotaciones de las cortas de entresaca. Las alternativas silvícolas y dasocráticas se deciden una vez determinados los usos (Madrigal, 1994). Asimismo, la intensidad de las cortas de entresaca puede variar entre límites amplios siempre que se aseguren cuotas aceptables de regeneración, incorporación y producción maderera (Schütz, 1981).

Desde un punto de vista práctico puede elegirse una curva ideal entre valores máximos y mínimos, que debe contrastarse y revisarse periódicamente. Esta flexibilidad permite orientar la producción hacia mayores o menores dimensiones (Madrigal, 1994), según el objetivo de producción.

En lo que se refiere a la articulación en el espacio, la corta de entresaca puede realizarse cada  $r$  años de la rotación, obteniéndose una renta periódica (Gonzalez Doncel, 1.991), siempre que  $r$  sea igual al tiempo de paso. Si el cuartel es extenso y la periodicidad es anual, se aplica el método de entresaca regularizada, dividiéndose el cuartel en un número de tramos igual a los años de la rotación. Los tramos tienen la misma superficie si la calidad de la estación es homogénea. Si la calidad es heterogénea, se calculan superficies equiproductivas.

Dando mayor flexibilidad a la Ordenación, también se puede definir una curva objetivo distinta para cada grupo de rodales, si existen diferencias entre las especies y en la calidad de la estación. La coordinación de cortas y rotaciones contribuye para disminuir el efecto de una producción en dientes de sierra. La comparación de inventarios y la evaluación de la masa incorporada son también elementos de contraste y corrección (Madrigal, 1994).

#### 4.1 Cortabilidad y ciclo de corta

La determinación del punto de madurez para la corta de un árbol o de la masa implica fijar el tiempo que debe transcurrir entre el comienzo del ciclo de producción y el momento en que se lo corta, en el caso de las masas regulares. Pero el concepto de madurez cambia según se trate de una masa regular, de árboles aislados, en grupos, o si se trata de una masa irregular.

En las masas regulares hay una renovación total del vuelo cuando alcanza la edad de madurez, mediante la aplicación de cortas a hecho, o por aclareo sucesivo durante el período de regeneración. En cambio, el diámetro máximo, diámetro de cortabilidad o de madurez (Diámetro mínimo de corta), es determinante de la estructura irregular y sustituye el concepto de turno de las masas regulares. Establece el límite que no debe ser sobrepasado por los individuos, aunque en la práctica se aplica con la flexibilidad que permiten los diferentes criterios (Serrada, 1997).

Mediante la conservación de las clases de diámetro medio e inferior se busca garantizar un reabastecimiento permanente para mantener una producción sostenida. Según Lamprecht (1990) este objetivo solo se puede cumplir si se dan las siguientes condiciones:

- Existencia de una cantidad de árboles gruesos suficiente como para que la explotación sea rentable;
- Determinación de un diámetro mínimo de corta (DMC) suficientemente elevado y;
- Garantía de que las especies explotadas presentan una distribución regular de diámetros.

Este método, que ha tenido como base la determinación de un diámetro mínimo de corta (DMC) ha tenido mayor o menor éxito dependiendo del tipo de masas en que se aplicó. En el caso de bosques tropicales requirió de modificaciones y adecuaciones para su perfeccionamiento, pero básicamente consisten en:

- Subdivisión del cuartel en bloques que se cortan uno por año;
- El DMC se fija para cada bloque mediante un análisis técnico antes de cada rotación;
- Antes de la corta se relevan las especies comerciales que alcanzan el DMC o que pertenecen a la clase diamétrica anterior;
- Los árboles se numeran y registran en un mapa en escala 1:2500;
- Se deja un número suficiente de árboles semilleros adecuadamente distribuidos;

- Se eliminan los individuos no deseables o que compitan con los de mayor valor.

Con estas medidas se pretende no solo asegurar una producción sostenida, sino conseguir una mejora en calidad de la masa y las condiciones para un enriquecimiento que le otorguen mayor valor (Lamprecht, 1990). Sin embargo, los sistemas de manejo por selección, basados en un diámetro mínimo de corta, presentan el riesgo de tener un efecto disgénico sobre las poblaciones de las especies de mayor valor económico. Para mitigar este efecto se plantea distribuir equitativamente el impacto del aprovechamiento entre el mayor número de especies y a la hora de definir la intensidad de la cosecha, tener en cuenta la estructura de las poblaciones (Valerio, 1997).

En las masas irregulares, el turno y la corta obedecen a criterios que consideran las dimensiones y calidad de los productos demandados por los mercados, el tipo de organización fijada como meta y el saneamiento de la masa residual. Estos factores dan una gran flexibilidad cuando se marcan los árboles para el aprovechamiento. En este caso no hay una corta final ni turno de renovación (Hosokawa y Souza, 1989), se aprovecha solo una parte de la masa, reteniendo parte de la población para que complete su madurez, produzca semillas y conserve la estructura del bosque. Son los denominados sistemas policíclicos, adecuados al manejo de los bosques naturales de América Tropical (Valerio, 1997). El vuelo está siempre presente y el tiempo transcurrido entre cortas en un mismo rodal recibe el nombre de ciclo de corta (Hosokawa y Souza, 1989).

Los principales factores que determinan la magnitud del ciclo de corta son:
---

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• el ciclo de nutrientes;</li> <li>• el ciclo hidrológico;</li> <li>• los procesos de sucesión dentro del bosque;</li> <li>• que se haya recuperado el nivel de las reservas de las especies aprovechadas.</li> </ul> |
|--|

Transcurrido ese lapso se puede aprovechar un volumen similar, sin detrimento de las funciones ecológicas del bosque (Valerio, 1997).

Se aconseja que las intervenciones selvícolas se realicen en períodos cortos, de no más de 10 años, lo que permite ejercer un mejor control que con ciclos más largos. Las cortas frecuentes permiten mantener la composición, el tamaño de los pies y prevenir contra enfermedades, lo que aleja el riesgo de mortalidad de los pies. En otros casos, los ciclos

relativamente largos son los únicos que se adaptan a las exigencias de las especies que componen la masa.

La duración adecuada será la que posibilite el mejor desarrollo del repoblado luego de la remoción de los pies de mayor tamaño. Si esto se logra con ciclos cortos, el uso de ciclos largos no será necesario. Sin embargo, para obtener piezas para aserrado de gran tamaño, pueden ser necesarios ciclos de 20 a 30 años o más. De esta manera se obtienen productos de tamaños variados y pies de diferente valor. El principal requisito es que en el ciclo de cortas se aproveche el monte de modo que sea financieramente rentable (Davis y Johnson, 1997).

## 5 MODELO DE GESTIÓN

Un bosque productivo (aprovechable) puede usarse con el objetivo principal de producción maderera, además de cumplir simultáneamente con las funciones de protección física y biológica.

Si se trata de un bosque en regeneración, también cumple en parte con las funciones o servicios de protección, pero el objetivo de producción maderera tiene la forma de ahorro, de acumulación de su capital biológico, para generar rentas en el futuro, constituyendo la reserva de crecimiento. Este objetivo, cuando es el preferente para estos bosques, necesita de un modelo que fije las pautas o directrices para el cumplimiento del mismo.

El diseño de un modelo de gestión requiere de conocimientos y experiencias que lo sustenten. Estas condiciones están dadas parcialmente para los bosques secos del Chaco Semiárido de Argentina, sin embargo, en un marco de flexibilidad, de experimentación y de control, se puede ir definiendo un modelo práctico de gestión que oriente el manejo de estas masas. Una primera aproximación, basada en el método de Ordenación por entresaca pie a pie (Madrigal, 1994) se resume en el siguiente esquema.

### Esquema del modelo de gestión para un bosque irregular en regeneración (Araujo, 2003)

<p><b>Planificación general</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La principal decisión estratégica es recuperar la estructura del bosque, particularmente la especie principal, que ha sido la especie más explotada y en forma indiscriminada sin respetar diámetros de cortabilidad.</li> <li>- No tiene sentido realizar una planificación a largo plazo, mayor de 30 años. Un plazo de 15 años puede ser adecuado para evaluar nuevamente la evolución de la masa, por los cambios en el crecimiento y en la estructura que irá experimentando.</li> <li>- La especie principal, con mayor potencial de producción, queda determinada por el análisis de la importancia fitosociológica y económica (IFyE), que considera aspectos relacionados con la persistencia, rendimiento sostenido y aptitud tecnológica de los fustes.</li> </ul>
-------------------------------------	--



<p><b>Tratamiento selvícola</b></p>	<p>- Las cortas deben ser discontinuas, conservando la mezcla de pies de todas los tamaños. Dependiendo de la extensión superficial, puede ser generalizada o regularizada.</p> <p>- Si se hacen cortas de mejora, se debe mantener la cobertura lo más continua posible para no dejar grandes áreas de suelo descubierto.</p> <p>- Si las existencias en la clase de cortabilidad lo permiten, se puede cortar una proporción de árboles por encima del diámetro mínimo de corta, siempre que se deje un remanente de árboles seleccionados para servir como semilleros. Simultáneamente se pueden hacer cortas que incluyan árboles muertos, o cortas de sanidad de los árboles con índice de condición (CA) <math>\geq 9</math>. También pueden cortarse individuos de las especies arbóreas secundarias que compitan con las de especies de mayor valor. Se aconseja que las intervenciones se realicen en períodos cortos para un mejor control, siempre que sean económicamente viables.</p> <p>De acuerdo con la opinión de Brassiolo (1997) se debería:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aprovechar todas las especies a partir de diámetros mínimos de corta determinados y no solo los individuos valiosos;</li> <li>• regular la participación de las especies secundarias para que no aumenten su dominancia;</li> <li>• reducir los costos del tratamiento eliminando los pies mediante anillado de los troncos;</li> <li>• eliminar competidores de árboles de futuro con criterio económico y no realizar tratamientos de liberación de plantas jóvenes, ya que, en principio, no se estimula el crecimiento en diámetro de los pies que están en diferentes posiciones sociológicas.</li> </ul>
<p><b>Conducción de la estructura</b></p>	<p>- Se debe analizar la distribución diamétrica para cada una de las especies en su situación actual o inicial. La proyección en el tiempo permite establecer una distribución objetivo “balanceada“, que se aproxime a la distribución real que puede alcanzarse en el futuro.</p> <p>- Durante el período de organización del vuelo, se puede obtener una producción cortando los pies en exceso. Si la distribución equilibrada está muy alejada de la actual, o de la proyectada, la distribución ideal solo indica la deseable de alcanzar en futuros períodos de crecimiento.</p>
<p><b>División dasocrática</b></p>	<p>- Si la explotación dejó el bosque con distribuciones diamétricas heterogéneas, se puede estratificar agrupando las áreas con distribuciones y áreas basimétricas similares, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• masas que presentan regularidad en las distribución de las especies principales;</li> <li>• las que presenten una distribución equilibrada de una especie principal, pero reducida y desbalanceada de las otras;</li> <li>• masas con poca participación de las especies principales y dominancia de las secundarias.</li> </ul> <p>- Cada estrato puede tener una curva objetivo para orientar el manejo, para cuantificar la producción y, eventualmente, servir para la división de la superficie en tramos de corta equiproductivos.</p> <p>- Si el bosque en regeneración se organiza en forma de cuarteles de recuperación, la delimitación de unidades de corta futuras solo tiene el carácter de una previsión, ya que por el momento no se ejecutarán cortas de producción. Excepcionalmente puede haber una corta si hay existencias en las clases diamétricas mayores de 30 cm, para las especies principales y de 20 cm para las secundarias.</p> <p>- Si la extensión es suficiente para prever unidades de corta anual, económicamente viables, los tramos pueden ser de superficies inversamente proporcionales al área basimétrica de las principales especies.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El cálculo de la producción de la hectárea de calidad media (ponderada) y el análisis simultáneo de la distribución diamétrica, determinan la formación de tramos equiproductivos.</li> </ul>
<b>Ciclo de corta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El tiempo de paso de la clase anterior a la de cortabilidad determina provisoriamente el ciclo de corta. Ese carácter se debe a que el incremento diamétrico estimado depende la estructura de la masa, la cual puede cambiar en composición y tamaños, resultando en un cambio en la tasa de crecimiento.</li> </ul>
<b>Cortabilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El diámetro de cortabilidad de 30 cm para las especies principales es adecuado para decidir la corta en el futuro, para un uso tradicional en aplicaciones de escaso valor. También es apropiado utilizar la madera para la producción de tableros contrachapados, ya que la mejor calidad de lámina se obtienen para diámetros entre 30 cm y 45 cm. Árboles de más de 46 cm pueden dar un mayor rendimiento, pero de baja calidad, además de tener un estado sanitario deficiente.</li> <li>- La elección de un diámetro de corta de 30 cm responde al criterio tecnológico que demanda rollos con mayor rendimiento de aserrado para productos tradicionales, como los durmientes, así como para construcción de viviendas y obtención de taninos. También corresponde aproximadamente a la edad en que los individuos alcanzan el mayor incremento medio anual en diámetro (Giménez, 1998).</li> <li>- En el caso de especies con pérdida de madera producida por insectos, la forma en que se produce el daño imposibilita su uso para laminación y carpintería. Se puede cortar a un DAP máximo de 20 cm si se desea madera en buenas condiciones. Si el destino es la producción de carbón o fabricación de paneles aglomerados, no interesa el diámetro sino el volumen.</li> <li>- La falta de individuos en clases diamétricas intermedias, fustes cortos y muy atacados por insectos, definen un DAP de corta de 20 cm, para un uso que requiera madera sana.</li> <li>- Para las especies arbóreas de menor valor, se puede aplicar el índice de condición de los árboles. Las especies secundarias deben mantenerse en la masa para conservar la diversidad que sustenta el principio de la estabilidad. El límite de la distribución diamétrica, consideradas en grupo, pueden ser los 20 cm de DAP. Las especies que puedan ofrecer una producción no maderera (goma) con valor económico, puede analizarse separadamente.</li> </ul>
<b>Posibilidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La posibilidad futura puede calcularse utilizando las ecuaciones de volumen, de modo que la producción se cuantifica con la sumatoria de los volúmenes cortables en cada clase, a partir de la curva de equilibrio elegida como objetivo.</li> </ul>
<b>Control</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por el carácter de experimental del modelo, se necesita una gestión intensiva y un control a través de parcelas permanentes para un seguimiento de la estructura y dinámica en términos de crecimiento y producción. Con las sucesivas remediciones se podrán ajustar las decisiones con respecto al ciclo de corta, diámetros de cortabilidad y posibilidad en volumen. Asimismo, datos de incorporación a la masa y mortalidad de las especies aportarán para ir perfeccionando el modelo de gestión.</li> <li>- Para que sea posible un monitoreo de la evolución de la masa, las parcelas permanentes deben instalarse en los sitios en que se han previsto las unidades de aprovechamiento anual futuro. La primera medición debe hacerse en el momento de la instalación de la parcela. La frecuencia de remediciones puede ser de 5 años o más, dependiendo del estado sucesional de la masa.</li> </ul>

## **5.1 Producción secundaria**

En tanto el bosque recupera su valor económico-productivo, es posible aprovechar otras producciones no madereras. La cría de ganado en monte se usa para un aprovechamiento silvopastoril, procediéndose a la corta del estrato arbustivo para aumentar la oferta de pastos (Brassiolo, 1993). Este tratamiento aún debe tener un carácter conservador, pudiéndose aplicar en forma selectiva, dejando arbustos en los sitios donde la observación indique que se puede favorecer la regeneración, particularmente de las especies principales. El arbusto cumple una función de protección física evitando los daños del ganado (Brassiolo, 1997) y una función de protección biológica que favorece el desarrollo de la regeneración.

Se recomienda establecer clausuras luego del aprovechamiento, durante un tiempo estimativo de 5 años, para asegurar la regeneración de las especies principales (Brassiolo, 1997). El tiempo de clausura se regula por el indicador de abundancia de regeneración mayor de 2 m de altura. Cuando el valor es menor de 100 individuos por hectárea de la especie principal, se debe mantener el cerramiento.

Durante el tiempo de acotado se deben adoptar medidas de protección contra incendios (KULL, 1995) por la acumulación de pastos secos en el invierno. Una interrupción planificada del acotamiento en esos meses, cuando las plantas jóvenes pierden sus hojas, puede ser la oportunidad de introducir el ganado sin que ocurran daños importantes a la regeneración. Al mismo tiempo sirve para cubrir parte del déficit de forraje para el ganado durante los meses de invierno (Brassiolo, 1997).

## **5.2 Condiciones de aplicación**

Las pautas enunciadas son aplicables con carácter de “flexibles“, como para permitir la adecuación a cada situación en particular, ya que la estructura del bosque en regeneración pueden presentar diferentes condiciones a nivel de especie. La planificación debe tener un enfoque de manejo experimental, que al mismo tiempo vaya generando información para ir perfeccionándolo.

En la formulación y ejecución de modelos prácticos se necesita una gestión intensiva con la participación de Ingenieros y Técnicos Forestales. Aunque los tratamientos deben traducirse en medidas fáciles de entender y ejecutar por parte de los productores, para facilitar la transferencia (Brassiolo, 1997), la planificación requiere de técnicos capacitados y también es necesaria la capacitación de los productores.

En lo que se refiere a la viabilidad económica de la gestión, las perspectivas de un bajo rendimiento y bajos incrementos en su estado sucesional, hacen que las inversiones en tratamientos de mejora, y eventuales cortas de producción, sean inviables económicamente. Por lo tanto, el problema debe ser enfocado desde la perspectiva de un bien social, vinculado directamente con las funciones y políticas de Estado.

Para conservar y manejar las reservas de crecimiento esas políticas tienen que complementarse con incentivos que posibiliten afrontar los costos durante el proceso de recuperación, que demandarán el asesoramiento técnico, la planificación, infraestructura, inventarios, tratamientos, clausuras, enriquecimiento, etc..

Entre las modalidades posibles (Desgravaciones impositivas, diferimientos, créditos blandos, etc.) el otorgamiento de un incentivo en forma de un subsidio no reintegrable, similar al que se ofrece para las masas implantadas, puede ser una alternativa atractiva para los productores forestales, quienes deberían cumplir con los siguientes requisitos:

Productores o grupos de productores organizados, de cualquier estrato, que:

- Realicen planes de ordenación, determinando las superficies y localización de los diferentes tipos de bosques.
- Aseguren la continuidad de un inventario forestal y la actualización de la información a través de parcelas permanentes de muestreo.
- Cuenten con asistencia técnica de profesionales capacitados para la gestión de las masas forestales nativas.
- Realicen un aporte dinerario, o de infraestructura, o de mano de obra, a proyectos de investigación aplicada en los bosques bajo manejo.
- Realicen emprendimientos que produzcan externalidades sociales positivas significativas, que puedan valorarse, por ejemplo, en número de puestos de trabajo que se mantendrán en forma sostenida.
- Organicen una producción sostenible de productos forestales no madereros.

Además, para acceder al subsidio para el manejo sostenible de bosques en regeneración, los productores deberían demostrar, sobre el terreno, que en la planificación se han incluido y se han particularizado a la situación del bosque las directrices del modelo de gestión propuesto, por ejemplo:

- Que se han instalado parcelas permanentes de muestreo que posibiliten tener la información sobre la situación inicial y los parámetros necesarios para proyectar el crecimiento y producción (Crecimiento en DAP, mortalidad, incorporaciones, regeneración natural, etc.).
- Que se mantiene una reserva de regeneración natural de 100 plantas mayores de 2 m de altura de las especies principales, o que se han tomado las medidas necesarias para alcanzar ese objetivo en un plazo de 5 años.
- Que se han realizado cortas de mejora del estado sanitario de la masa, eliminando los ejemplares enfermos, decrepitos, mediante el anillado de los troncos.

### **5.3 Simulación del crecimiento y producción**

En la Planificación Forestal se debe tener la capacidad de realizar un análisis potencial o futuro sobre la forma en que evolucionará el bosque, basándose en un diagnóstico de la situación inicial y en la proyección del crecimiento y producción. De esta manera se puede contar con una estimación del tipo y cantidad de productos, así como del tiempo en que serán obtenidos.

La principal dificultad es la imposibilidad material de evaluar diferentes alternativas en forma experimental y decidir en función de los resultados, ya que el tiempo necesario para su realización significaría una espera de más de 10 años.

En bosques con masas regulares ese problema se resuelve mediante la aplicación de modelos de crecimiento y producción que permiten estimar la producción en función de la edad. Estos modelos, generalmente responden a un objetivo de optimización o maximización de la producción en especie o en términos monetarios. Por las características particulares de los bosques con masas irregulares, no es posible aplicar los mismos tipos de modelos.

Los modelos de simulación pueden ser una alternativa interesante, ya que permiten una mayor flexibilidad en la modelización. En los resultados de la simulación se pueden evaluar las consecuencias de las acciones correspondientes a cualquier estrategia de manejo. Por ello es una herramienta poderosa para la solución de problemas de Ordenación Forestal. En efecto, la simulación del comportamiento de la masa permite predecir el desarrollo del bosque en el futuro a partir de los datos ingresados por el experto, tales como tasas de regeneración, crecimiento y mortalidad.

Un primer prototipo de sistema de Simulación de Manejo Forestal (MOSIMAFO) se construyó utilizando la herramienta de simulación “Evolución para Windows 2.0” desarrollada por la Universidad Industrial de Santander. Esta herramienta, desde el punto de vista operativo, permite realizar modelos de simulación en forma rápida basada en los principios de la Dinámica de Sistemas. Con la finalidad de realizar distintas corridas demostrativas para la validación de válvulas y ecuaciones del modelo, se hizo un análisis y comprobación de los resultados en un bosque en regeneración del Chaco Semiárido. En el Cuadro 6 se muestran los parámetros introducidos en el sistema en una de las corridas.

Cuadro 6 - Parámetros ingresados al sistema para su validación.

Clases diamétricas	Valores Iniciales (Frecuencia)	Distribución ideal (Frecuencia)	Mortalidad (%)
Incorporaciones	2,8 / año		
7,5 cm	51,48	71,16	1,66
12,5 cm	45,5	45,37	0,00
17,5 cm	24,5	28,93	0,00
22,5 cm	16,00	18,44	0,66
27,5 cm	9,50	11,76	0,00
32,5 cm	1,50	7,50	0,00
37,5 cm	1,00	4,80	0,00
42,5 cm	1,00		0,00

En la Figura 13 se muestran las salidas del sistema en el caso de prueba descrito en el cuadro anterior. Cada Línea en el gráfico representa el estado de las clases en cada tiempo de la simulación. La curva identificada como ideal, representa la estructura que debe alcanzar el monte para una producción sostenida.

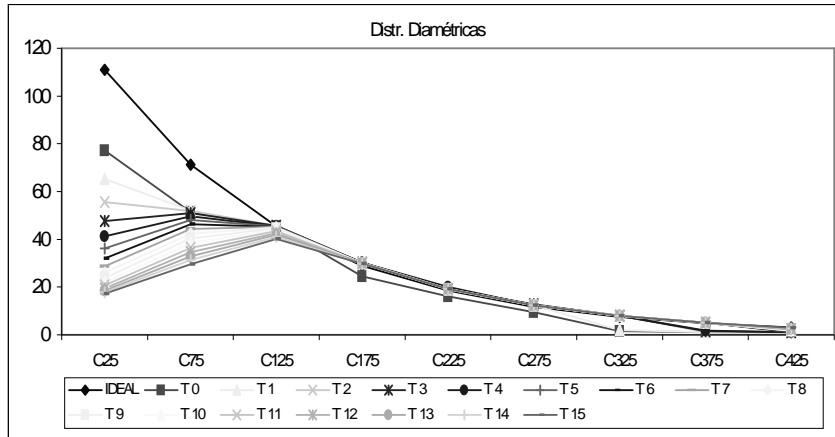


Figura 13 – Cambios en la distribución diamétrica durante la simulación.

En la Figura 14 se puede ver la planilla que contiene una de las salida del sistema denominada “Planilla de Valores de Variables”, donde muestra como se modifica el número de individuos por clase diamétrica a través de los distintos tiempos de corrida en la simulación (T0, T1, ..., T15) (Araujo, 2003).

Tiempo	C25	C75	C125	C175	C225	C275	C325	C375	C425
0	77.22	51.48	45.5	24.5	16	9.5	1.5	1	1
1	65.2195	52.096289	45.547143	30.545385	19.076158	12.269524	2.054386	1.0432331	1.025188
2	55.519096	51.858294	45.76468	30.083981	19.30116	12.304614	8.2098427	1.1141003	1.0516548
3	47.677936	50.994555	45.553804	30.136208	19.248111	12.862961	7.8882106	1.506408	1.0803741
4	41.339665	49.684107	45.508329	30.115969	20.064378	12.277334	7.9423618	1.8677767	1.122802
5	36.216229	48.066463	45.418224	30.114028	19.191018	12.374681	7.9004699	5.1513127	1.1776894
6	32.074785	46.249657	45.309609	30.107246	19.259016	12.305808	7.9091645	5.0318388	1.3492681
7	28.727118	44.316684	45.188192	30.099413	19.253188	12.315257	7.9041154	5.0365633	1.5147738
8	26.021087	42.330691	45.059463	30.090675	19.253041	12.314211	7.905011	5.0361288	1.6787061
9	23.833712	40.33912	44.616971	30.081445	19.25238	12.31427	7.9048942	5.0361915	1.8408972
10	22.065584	38.377039	44.066262	30.048117	19.251722	12.314219	7.9049043	5.0361831	2.0013833
11	20.636347	36.469802	43.417767	30.008319	19.249209	12.314175	7.9049003	5.0361839	2.1601798
12	19.481047	34.635174	42.682924	29.961496	19.246344	12.313999	7.9048976	5.0361837	2.3173048
13	18.54718	32.885026	41.873563	29.908571	19.242966	12.313806	7.904886	5.0361835	2.4727758
14	17.792304	31.226682	41.00145	29.850384	19.239158	12.313577	7.9048737	5.0361829	2.6266103
15	17.182112	29.663996	40.07797	29.787774	19.234979	12.31332	7.9048592	5.0361823	2.7788254
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

Figura 14 – Valores de variables de la simulación de la distribución diamétrica.

Además de las planillas y gráficos arrojados por el sistema, la simulación permite observar los cambios de las variables a través del tiempo y realizar modificaciones en los parámetros durante las corridas.

Los resultados obtenidos resaltan la posibilidad que brinda el simulador de obtener la información acerca de los parámetros de regeneración, muertes, cortas y tasas de crecimiento que se deben mantener a fin de aproximar la distribución hacia la elegida como objetivo, según los distintos casos que se puedan presentar en la realidad.



## **7. APLICACIONES PRÁCTICAS**

## 7.1 CONSTRUCCIÓN DE DISTRIBUCIONES DIAMÉTRICAS

### **Objetivo:**

- ❖ Conducir la masa hacia una estructura global de masa irregular ideal.

### **SINTESIS DEL MÉTODO DE SELECCIÓN**

- Corta de una proporción de especies comerciales
- Elección de un diámetro mínimo de corta (DMC)
- Operaciones para favorecer la regeneración:
  - Corta de árboles:
    - muertos,
    - enfermos,
    - defectuosos
    - especies indeseables
    - con incremento decreciente
    - que impiden el desarrollo de otros
    - que impiden la regeneración
- Corta de individuos aislados o en pequeños grupos, a intervalos relativamente cortos.
- Repetición del proceso indefinidamente.
- Se puede cortar en todas las clases.
- La regeneración surge en los claros.

### **Bases del método**

- Determinación de la distribución diamétrica ideal.
- Diámetros máximo y mínimo inventariable.
- Amplitud o intervalo de clase.
- Tiempo de tránsito o tiempo de paso.
- Conducción gradual de la distribución diamétrica actual.

### Determinación del número de árboles remanentes/clase

- Área basal remanente (B)
- Diámetro máximo (D)
- q

### Relación entre N, B y q

$$\beta_1 = \frac{\text{Ln } q}{X_i - X_{i+1}}$$

$$\beta_0 = \text{Ln} * \left[ \frac{\beta * 40.000}{\pi * (\sum D_i^2 * e^{(\beta_1 * D_i)})} \right]$$

### Aplicación al Análisis de la distribución diamétrica

- Con los datos que se consignan a continuación, aplicar el análisis a la distribución diamétrica del Cuadro 1.

Frecuencias por Clase de Diámetro

Amplitud de clase = 5cm.

Diámetro mínimo inventariable = 10 cm

Diámetro máximo = 60 cm

Relación entre frecuencia y clase de diámetro

$$\text{Ln } y = \beta_0 + \beta_1 * X$$

$\text{Ln } y = 6,92521 - 0,111086 X$
---------------------------------------

$$R^2 = 0,998 \quad D_s = 0,0768$$

**Cuadro 1 - Frecuencia, Área Basal, Volumen por clase de Diámetro y valor de q.**

Marca de clase (cm)	Nº/ ha Actual	Nº/ ha Estimada	A. Basal Estimada (m <sup>2</sup> /ha)	Vol./ clase (m3/ha)	q
12,5	305			9,94	
17,5	133			11,79	
22,5	84			12,99	
27,5	48			11,37	
32,5	27			9,88	
37,5	13			7,32	
42,5	9			6,17	
47,5	5			4,05	
52,5	3			3,81	
57,5	2			2,56	
<b>TOTAL</b>	<b>629</b>			<b>79,88</b>	

Ecuación para el cálculo del volúmen

$$\text{Log } V_{s/c} = -5,2075044 + 1,9423560 * \text{Log CAP} + 1,0418451 * \text{Log A}$$

$$R^2 = 0,998$$

$$CV = 3,52 \%$$

CAP = circunf. a 1,30 m

A = Largo del fuste en m

$$V_0 / \text{arb} = \frac{\text{Vol. Actual de la clase}}{\text{Frecuencia actual}}$$

$$V / \text{arb} = \text{Ln } V / \text{arb} = 9,15132 + 2,34398 * \text{Ln } D_i$$

$$R^2 = 0,996 \quad D_s = 0,0606$$

Cuadro 2 - Frecuencia y vol. / ha, observados y estimados por clase de diámetro

Clase Diamétrica (cm)	Frecuencia / ha		Vol. / ha Obs. (m3)	V <sub>0</sub> / arb medio (m3)	V <sub>e</sub> / arbol (m3)	Vol / ha Estimado (m3)
	Obs.	Estimada				
12,5	305		9,94	0,032	0.037	
17,5	133		11,79			
22,5	84		12,98			
27,5	48		11,37			
32,5	27		9,88			
37,5	13		7,35			
42,5	9		6,17			
47,5	5		4,05			
52,5	3		3,81			
57,5	2		2,55			
<b>TOTAL</b>			<b>79,89</b>			

**Cuadro 3 - Número de árboles y volumen por ha, a ser cortado cuando los objetivos son:**

$$q = 1,5 , B = 19 \text{ m}^2 / \text{ha} \text{ y } \text{DMC} = 42,5 \text{ cm}$$

<b>Clases de Diámetro (cm)</b>	<b>Árboles / Hectárea</b>			<b>Volumen / Hectárea (m3)</b>		
	<i>Actual</i>	<i>Estimados</i>	<i>Diferencia</i>	<i>Actual</i>	<i>Estimado</i>	<i>Diferencia</i>
12,5	305			9,9401		
17,5	133			11,7921		
22,5	84			12,9890		
27,5	48			11,3749		
32,5	27			9,8839		
37,5	13			7,3211		
42,5	9			6,1706		
47,5	5			4,0505		
52,5	3			3,8107		
57,5	2			2,5580		
<b>TOTAL</b>	<b>629</b>			<b>79,8909</b>		

**- Conclusiones**

## 7.2 PLAN DE MANEJO

Localizado en una zona semiárida de la Provincia de Formosa, se encuentra un monte natural, cuya formación boscosa se caracteriza por tener dos pisos bien diferenciados. Uno superior formado por quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho colorado*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*) y palo santo (*Bulnesia sarmientoi*). En el piso inferior conviven y compiten ejemplares de mistol (*Ziziphus mistol*), algarrobos (*Prosopis sp.*), guayacán (*Caesalpinea paraguariensis*), guaraniná (*Bumelia obtusifolia*), palo cruz (*Tabebuia nodosa*) y garabatos (*Acacia praecox*).

### **Situación actual**

El aprovechamiento del monte se ha realizado mediante la entrega en concesión de superficies de 250 has, fijándose como único requisito la extracción por el criterio del diámetro mínimo de corta, sin que haya un plan de ordenación. En consecuencia se ha deteriorado el recurso forestal perdiendo su valor económico y estructural.

La actividad industrial de la zona se basa en la transformación primaria en aserraderos de mediana capacidad, para la elaboración de durmientes, tablones para minas y tablas para tarimas y tablas de algarrobo para mueblería.

### **Situación objetivo**

Elaborar una propuesta de manejo que asegure el abastecimiento sostenido de materia prima a la industria. Para ello se ha realizado el inventario de las existencias maderables y el estudio de sus crecimientos.

Se solicita:

- Definir el método de ordenación en función de los objetivos de producción descriptos.
- Determinar el tamaño de la unidad de manejo.
- Determinar el ciclo de corta.
- Cuantificar la producción anual (Posibilidad)

## Datos disponibles

### Distribuciones diamétricas: Tipo Forestal I

#### Quebracho blanco

<b>Clase diamétrica (cm)</b>	<b>Nº /ha</b>	<b>Madera (Tn/ha)</b>	<b>Leña (Tn/ha)</b>
10-20	20,37	1.19	0.38
21-30	10.31	1.93	1.10
31-40	3.75	1.40	1.30
41-50	0.85	0.50	0.56
>50	0.07	0.06	0.08
Total			

#### Palo Santo

<b>Clase diamétrica (cm)</b>	<b>Nº /ha</b>	<b>Madera (Tn/ha)</b>	<b>Leña (Tn/ha)</b>
10-20	10.06	0.48	0.22
21-30	5.42	0.70	0.62
31-40	2.15	0.49	0.57
41-50	1.00	0.37	0.48
>50	0.11	0.06	0.08
Total			

#### Guaraniná

<b>Clase diamétrica (cm)</b>	<b>Nº /ha</b>	<b>Madera (Tn/ha)</b>	<b>Leña (Tn/ha)</b>
10-20	9.65	0.51	0.16
31-30	3.64	0.41	0.39
31-40	1.04	0.22	0.27
41-50	0.11	0.04	0.06
>50	0.04	0.02	0.04
Total			

#### Ocho. Colorado

<b>Clase diamétrica (cm)</b>	<b>Nº /ha</b>	<b>Madera (Tn/ha)</b>	<b>Leña (Tn/ha)</b>
10-20	5.16	0.52	0.04
21-30	1.97	0.41	0.36
31-40	1.33	0.52	0.54
41-50	0.52	0.33	0.37
>50	0.22	0.21	0.26
Total			



Crecimiento corriente anual	0,5 m <sup>3</sup> /ha/año
Incremento diamétrico medio de la clase anterior a la de corta	3,8 mm/año
Necesidad de materia prima para aserrado	18 Tn/día = 15 m <sup>3</sup> /día
Diámetro de corta	31 cm

**Determinar:**

Tiempo de tránsito (años)	
Ciclo de corta (años)	
Producción en el ciclo de corta (m <sup>3</sup> /ha/año) del monte ordenado	
Existencias madereras actuales	
Producción en el ciclo de organización (m <sup>3</sup> /ha/año)	
Superficie de corta anual	
Superficie del cuartel	
Área basal	

- Definir una o más distribuciones diamétricas ideales adecuadas al objetivo de producción.

### 7.3 SERIE MINIMA

Una masa irregular caracterizada por una serie mínima que produce 1 árbol por hectárea de 75 cm de Dap, tiene una pendiente caracterizada por el valor de  $q = 1,5$ , para clases diamétricas de 5 cm de amplitud. Calcular los coeficientes de la distribución y construir la serie mínima.

$$Y_{75} = k e^{-a75}$$

$$Y_{70} = k e^{-a70}$$

$$q = 1,5 = Y_{75}/Y_{70} =$$

$$a = \dots\dots\dots$$

$$Y_{75} = k e^{-a75} = 1$$

Aplicando logaritmos:

$$0 = \log k - \dots\dots\dots$$

$$\log k = \dots\dots\dots$$

$$k = \dots\dots\dots$$

La ecuación representativa de la frecuencia por clase diamétrica es:

Representar gráficamente:

\* Utilizando la serie mínima obtenida, cuantificar la corta en números de pies , para mantener la misma distribución.

Clase diamétrica (cm)	Nº de pies Serie mínima	Nº de pies a cortar	Nº de pies remanentes
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			

#### **7.4 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA Y DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION OBJETIVO**

La empresa SIDERCA SA ha obtenido un diferimiento impositivo mediante un proyecto de manejo sustentable de una una reserva forestal de 20.000 has de bosque tropical primario (con poca intervención) y desea realizar un manejo bajo los principios de sustentabilidad. Para evaluar las respuestas de la masa a diferentes tratamientos, se ha implementado un ensayo con parcelas permanentes en las cuales se realiza un inventario forestal continuo. Los datos del inventario han sido volcados en una planilla y deben ser analizados por requerimiento del gerente de la empresa que necesita la siguiente información:

Considerando el primero y último inventario efectúe el siguiente análisis:

1. Cuáles son las especies más abundantes, en un ordenamiento de mayor a menor.
2. Cuáles son las más dominantes.
3. Cuáles son las cinco especies más importantes.
4. Cuál es la situación de la estructura actual de la masa en su conjunto (Distribución)
5. Cuál es la situación actual de las cinco especies consideradas más importantes.
6. Qué criterios utilizaría para formar grupos de especies que sean objeto de manejo.
7. Defina un modelo que sirva de guía para el manejo y, si es posible obtener alguna producción en el momento actual, cuantifíquela en número de pies que pueden ser extraídos.
8. Existen cambios en la estructura entre los inventarios del año 1980 y 1989.

**Nota:** en todos los casos se requiere una explicación expeditiva en forma gráfica, además de los resultados analíticos

Se provee una planilla con los datos de inventario.

## 8 REFERENCIAS

- Abellanas Oar, B. (1996) Definición y clasificación de masas mixtas: reflexiones para su gestión. Actas de la reunión de Córdoba sobre masas mixtas. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. N° 3. P. 125-138.
- Araujo, P. A. (1993) Idade relativa como subsídio á determinação de ciclo de corte no manejo sustentável de povoamentos florestais nativos. Tesis de M. Sc. Universidad Federal de Viçosa, Viçosa. Brasil. 119 p.
- Araujo, P. A. 2003. Bases para la Gestión Sostenible de Bosques en Regeneración del Chaco Semiárido ( Santiago del Estero- Argentina). Tesis Doctoral. Escuela Superior de Ingeniero de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- Brassiolo, M. M.; Renolfi, R. R.; Gräfe, A. y Fumagalli, A. (1993) Manejo Silvopastoril en el Chaco Semiárido. En QUEBRACHO, N° 1. Revista de Ciencias Forestales. ISSN 0328-0543. P. 15 – 28.
- Brassiolo, M. M. (1997) Zur Bewirtschaftung degradierter Wälder im semiariden Chaco Nordargentiniens unter Berücksichtigung der traditionellen Waldweide. Tesis doctoral Univ. Albert-Ludwigs Freiburg, Alemania. 147 p.
- Campos, J.C.C.; Ribeiro, J.C. y Couto, L. (1983) Emprego da distribuição diamétrica na determinação da intensidade de corte em matas naturais submetidas ao sistema de seleção. Revista ARVORE, 7 (2). P. 110 – 122.
- Carron, L.T. (1968) " An outline of forest mensuration". Canberra, Australian National University Press.
- Costa Neto, F. (1990) Subsídios técnicos para un plano de manejo sustentado em áreas de Cerrado. Tesis de M. Sc., Universidad Federal de Viçosa, MG, Brasil. 142 p.
- Daniel, T.W.; Helms, J.A. y Baker, F.S. (1979) Principios de Silvicultura. New York, Mc Graw-Hill. 500 p.
- Davis, P.K. (1966) Forest management: regulation and valuation. 2ª Ed. New York, Mc Graw-Hill Book. 519 P.
- Davis, L.S. y Johson, K.N. (1987) Forest Management. 3ª Edición. McGraw-Hill Book Company. 790 p.
- Finegan, B. y Guillén, L. (1996) Lineamientos para la investigación a largo plazo en parcelas permanentes de muestreo: documento para discusión. Proyecto CIFOR-CATIE Manejo de bosques secundarios en América Tropical. 13 p.
- Gaillard de Benitez, C; Robles, C. y Pece, M. (1988) Prueba de modelos descriptivos de distribuciones diamétricas en el Parque Chaqueño Seco (Segunda Parte). Universidad Nacional de Santiago del Estero. 19 p.
- Garcia Abril, A.D.; Garcia Cañete, J.E.; Irastorza Vaca, P. (1996) Las masas irregulares y mixtas: ¿Un objetivo fundamental de la gestión futura? Actas de la reunión de

- Córdoba sobre masas mixtas. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. Nº 3. P 139 – 145.
- Giménez, A. M. (1998). Influencia de la Edad sobre caracteres anatómicos y el crecimiento de *Schinopsis quebracho – colorado* Engl., Anacardiaceae. Universidad Nacional de Tucumán. Tesis Doctoral.
- Gonzalez Doncel I. 1991. Método de Ordenación de Entresaca. En Seminario sobre inventario y ordenación de montes. T.R.A.G.S.A.VALSAIN (Segovia)
- Hawley, R.C. y Smith, D.M. (1972) Silvicultura práctica. Barcelona, Ediciones Omega S.A. 544 p.
- Hosokawa, R. T. (1986) Manejo e economia de florestas. Roma, FAO. 125 p.
- Juarez de Galindez (2001) Modelización estadística de curvas de crecimiento de árboles en bosques nativos; quebracho colorado, quebracho blanco y algarrobo blanco. Universidad Nacional de Córdoba. Tesis de Maestría.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: Ecosistemas Forestales y especies arbóreas – posibilidades y métodos de aprovechamiento sostenido. ISBN 3-88085-425-4(GTZ)
- Leak, W.B., (1964) An expresion of diameter distribution for unbalanced uneve-aged stands and forest. *Forest Science*, 10 (1) P. 39 -50.
- Mackay, E. (1961) Fundamentos y métodos de la Ordenación de Montes. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Segunda Edición. Madrid. 768 p.
- Madrigal Collazo, A. (1994) Ordenación de montes arbolados. ICONA, Madrid. 375 p.
- Mariscal Flores, E. J. (1993) Potencial produtivo e alternativas de manejo sustentável de um fragmento de mata atlântica secundária, Município de Viçosa, Minas Gerais. Tesis de Magister Scientiae. Universidade Federal de Viçosa. Brasil. 165 p.
- Meyer, A. H.; Recknagel, A. B.; Stevenson, D. D. y Bartoo, R. A. (1961) *Forest Management*. Segunda Edición. The Ronald Press Company. New York.
- Saraiva, C.L.M. (1988) Desenvolvimento de un método de manejo de mata natural mista, pela utilização da distribuição de diâmetro. Viçosa, UFV, Tesis de Maestría. 147 p.
- Schütz, J. Ph. (1998) *Sylviculture 2. La gestión des forêts irrégullieres et melangés*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 243 p.
- Serrada Hierro, R. (1997) Apuntes de Selvicultura II. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid.
- Silva, J. N. M. (1989) "The behaviour of the tropical rain forest of the brasilian amazon after logging". Green College, Oxford, Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford. (Tesis Ph. D.) 119 p.

Souza, A.L. y Jesus, R.M. Distribuição diamétrica de espécies arbóreas da Floresta Atlântica: análise de agrupamento. Sociedade de Investigações Florestais. Boletim Técnico manejo Florestal Nº 10. Viçosa. 20 p.

Valerio, J. (1997) Intensidad de cosecha y ciclos de corta en el manejo de bosque natural. Simposio Internacional "Posibilidades de manejo Forestal Sostenible en América Tropical. BOLFOR, CIFOR, IUFRO. Santa Cruz de la Sierra. P. 255 – 263.

Wadsworth, F. H. (2000) Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. Manual de Agricultura 710 p.