

## **4.1 Arquitectura del árbol, hábito y calidad de la madera**

### **Silvicultura y propiedades de la madera de *Pinus radiata* D.DON**

Patricio Corvalán Vera  
Jaime Hernández Palma

#### **RESUMEN**

Los defectos de la madera, propios de la estructura y arquitectura del árbol, pueden ser asociados a sus hábitos de crecimiento, factores de competencia, variación genética y condiciones ambientales.

El conocimiento de las fases de crecimiento del árbol permite entender las variaciones estructurales horizontales y verticales a que está expuesta la madera en su formación.

La silvicultura es la herramienta práctica que permite a la Ingeniería Forestal manejar, corregir y minimizar la cantidad y calidad de estos defectos en función de objetivos (productos) claramente predefinidas en el rodal y/o árbol.

La cuantificación de los defectos a través de modelos resultan imprescindibles para la evaluación económica del conjunto de proyectos silvícolas que compiten por el logro de las metas.

#### **SUMMARY**

The wood defects depend on the structure and architecture of tree, and they are related with growing patterns, genetic variations and environmental conditions.

The knowledge in the steps of growing tree let to understand both horizontal and vertical structure variations.

The silviculture is the tool that it is used in Forestry to minimize quantity and quality of defects according previous management plan.

The use of model defects help to decision maker to apply benefit-cost analysis, and then he can chose the best silviculture alternative.

## LA MADERA Y SUS DEFECTOS ASOCIADOS

La madera y su calidad depende estructuralmente de las características, distribución y tipo de "tejido" conformado por células o traqueidas y sus inclusiones.

Los defectos de la madera no son otra cosa sino macroestructuras naturales tales como médula, ramas, corteza, conos etc y que en relación a los distintos tipos de uso que el hombre le dará, serán calificados como tales, dependiendo de la magnitud de su presencia.

Es así como por ejemplo, un nudo vivo puede resultar atractivo en una pieza de madera a la vista, o puede ser considerada defecto si esta pieza es estructural.

Los elementos que definen el defecto son pocos y esencialmente los mismos: corteza, resina, médula, inclinación, viraje, longitud y densidad de la mal llamada "fibra".

Los defectos dependen de la magnitud y agrupación de estos tejidos o macroestructuras en relación a la homogeneidad de la gran masa de tejidos que constituyen la pieza central de madera.

Una clara relación entre los defectos del trozo y sus pérdidas de clasificación como producto de la madera en referencia a su origen, son indicados por LEWIS Y FERGUSON (1993) y que se muestra en la Tabla # 1.

Tabla # 1

Relación entre defectos del trozo y desclasificación de productos.

Defectos del trozos

Desclasificación de productos

-----

-----

Por hábitos de crecimiento y patrones específicos.

NUDOS

Bolsillos y líneas de resina y corteza.  
Grano inclinado. Fibra levantada.  
Mancha del nudo y pérdida de resistencia.  
Hoyos de nudos.

ENGROSAMIENTO NODAL  
(Verticilo)

Grano inclinado entre nudos. Agrupación de nudos.

GRANO EN ESPIRAL

Alabeo. Grano inclinado.

MADERA JUVENIL

Pérdida de resistencia y estabilidad.

Fibra levantada.

CONICIDAD

Grano inclinado (excepto corte cónico).

MADERA TEMPRANA Y

Grano levantado. Alabeo.

TARDIA

MADERA DE COMPRESION

Alabeo. Pérdida de resistencia y estabilidad.

DURAMEN

Pérdida de resistencia y permeabilidad.

Por hábitos de crecimiento y patrones aberrantes

HOYOS DE CONOS

Hoyos y acanaladuras.

PECAS

Manchas. Fibra levantada.

SINUOSIDAD

Médula errática. Alabeo.

CURVATURA

Fuste excéntrico. Grano inclinado. Madera de compresión.

RAJADURAS INTERNAS

Rajaduras y acebolladuras.

Y QUIEBRES

BOLSILLOS DE RESINA

Bolsillos y vetas de resina.

Debido a factores externos

MICROFRACTURAS	Acebolladuras y roturas. Poca resistencia.
LADOS SECOS	Madera muerta.
STRESS	Rajaduras, quiebres, acebolladuras.
PUDRICION, DECOLORACION, DESCOMPOSICION	Bolsillos, huecos, decoloración.

La magnitud límite de los defectos de cada clase de madera, en relación a su uso, depende del tamaño y escuadría de la pieza y difiere en cada país. Sin embargo en relación a los usos ,es posible, resumirlos en la Tabla # 2, según Wright (1972).

Tabla # 2

Importancia de los defectos en relación a la clasificación de la madera.

Tipo de defectos	Clase de madera
.....	.....
NÚMERO DE NUDOS	Importante en madera estructural y madera a la vista.
DISTRIBUCIÓN DE NUDOS	Importante en madera estructural y madera a la vista.
TAMAÑO DEL NUDO	Más importante en madera estructural.
TIPO DE NUDO	Más importante en madera a la vista.
HOYOS DE NUDOS Y CONOS	Más importante en madera a la vista.
GRANO INCLINADO	Más importante en madera estructural.
MÉDULA Y CORAZÓN	Más importante en madera estructural.
DENSIDAD DE LA MADERA	Importante sólo en madera estructural.
RECTITUD	Importante en madera estructural y madera a la vista.
BOLSILLOS DE RESINA Y CORTEZA	Más importante en madera a la vista.

## ORIGEN Y UBICACIÓN DE LOS DEFECTOS EN EL ARBOL

El origen de los defectos se explica en la arquitectura, crecimiento, y factores genéticos y ambientales del árbol. A continuación, se indica el detalle de cada uno de ellos.

### NUDOS

Los nudos se originan de la conexión de la madera del fuste y de sus ramas. Mientras las ramas permanecen vivas y creciendo existirá siempre continuidad en el tejido leñoso entre éstas y el nudo, salvo cuando las ramas son muy agudas y vitales, en cuyo caso quedar la corteza atrapada entre dos tejidos creciendo en sentidos opuestos. A este tipo de nudo se denomina "vivo". Si la rama muere, ésta será absorbida por el crecimiento fustal, con discontinuidad de tejido leñoso en toda su periferia, dando origen a un nudo llamado "muerto", el que se caracteriza por estar completamente rodeada de corteza. Existe un tipo de nudo intermedio que se origina de las ramas moribundas, con características mixtas, esto es, nudos parcialmente vivos y muertos a la vez . No es fácil apreciar a simple vista ,éste tipo de nudo ya que existe una graduación continúa.

Los muñones ocluidos de ramas podadas pueden generar madera muy defectuosa en su zona de oclusión, incluyendo corteza, resina, hoyos y desviaciones en la fibra en la zona del callo de oclusión.

Los defectos de los nudos son aumentados por el tamaño, forma y agrupación de ellos en el verticilo.

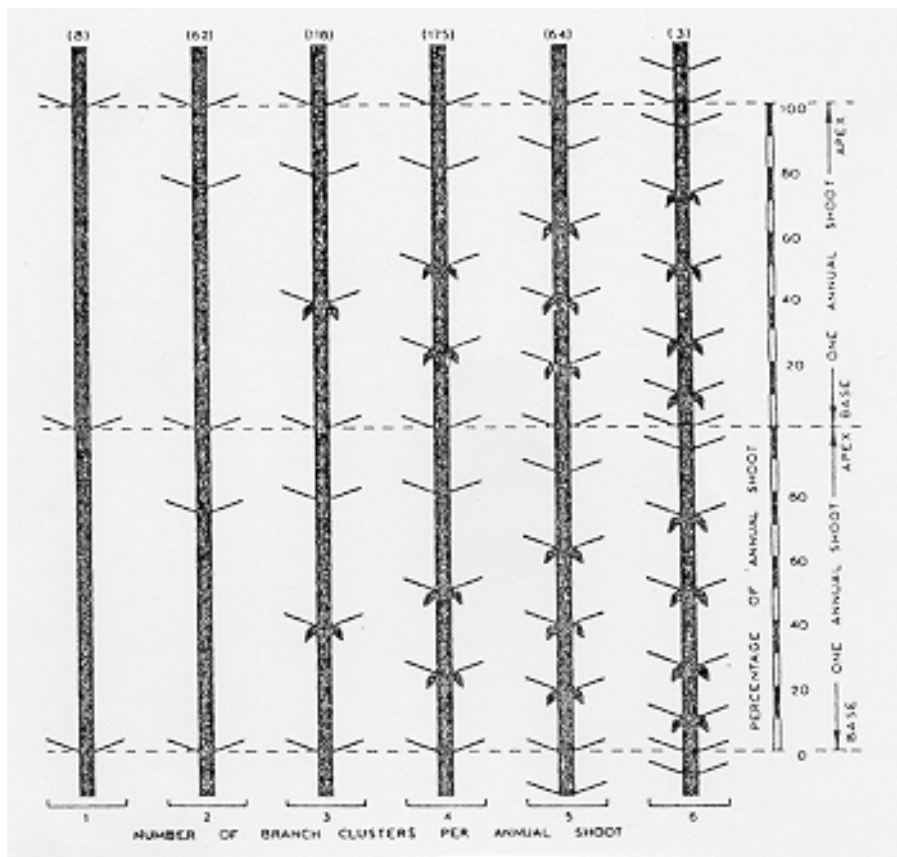
De acuerdo a Fielding (1960) existen patrones genéticos que explican positivas correlaciones entre la cantidad de verticilos por elongación anual en altura y, el número de conos producidos, el ángulo de las

ramas, la rectitud del fuste y regularidad de ahusamiento en el fuste y, correlaciones negativas con la longitud del internudo y el diámetro de las ramas.

Estas variaciones se explican gráficamente en la Figura # 1, tomada de Bannister (1962).

Figura # 1

Patrones de variación de ramas y conos en Pino insigne



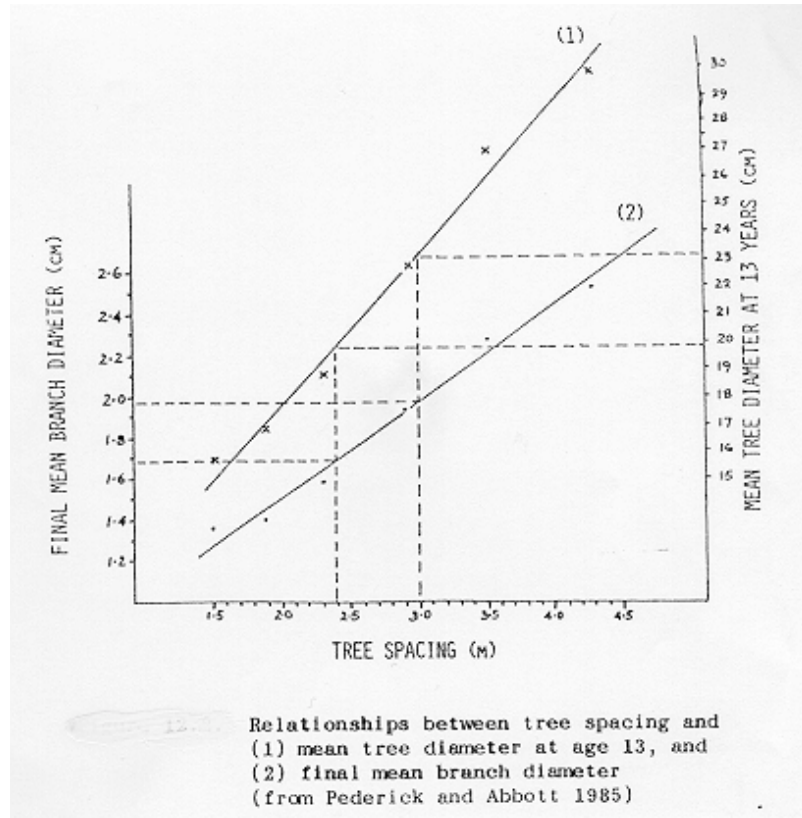
La Figura # 1 muestra un diagrama de la variación en los patrones de crecimiento de la especie. La ilustración se basa en una muestra de 430 elongaciones anuales en Pigeon Valley (Nueva Zelanda). Las posiciones relativas de las agrupaciones de ramas y conos son valores promedios. El tamaño de la muestra de cada patrón se indica en paréntesis sobre cada ilustración.

Estos patrones genéticos son también acentuados por factores ambientales, de sitio y crecimiento, siendo los más importantes la intensidad de la luz y el índice de sitio.

Altas densidades de plantación favorecen el control del tamaño de las ramas como lo muestra la Figura # 2, extractado de Pederick y Abbott (1985).

Figura # 2

Relación entre espaciamiento,  
DAP medio y diámetro medio de ramas



La figura # 2 relaciona el diámetro medio de ramas de ensayos no intervenidos silvícolamente, medidos una vez que la copa muerta alcanza unos 4.7 m, el que es logrado para todos los espaciamientos a los 13 años.

Se observa que altas densidades de plantación favorecen el control del tamaño de las ramas debido a competencia de luz .

La poda y el raleo afecta el tamaño de las ramas por factores de competencia, principalmente por luminosidad.

Según James y Tustin (1970), y Wrigth (1971), el raleo permite aumentar el crecimiento de las ramas vivas especialmente en la posición superior de la copa viva. Inglis (citado por Lavery, 1986) afirma que una vez que las ramas son " contenidas " no se verán "substancialmente" aumentadas bajo los actuales regímenes de raleo.

Siemon (1976) afirma que el raleo altera las proporciones de ramas en las clases 3-5 cm con un crecimiento en directa relación a la intensidad del raleo.

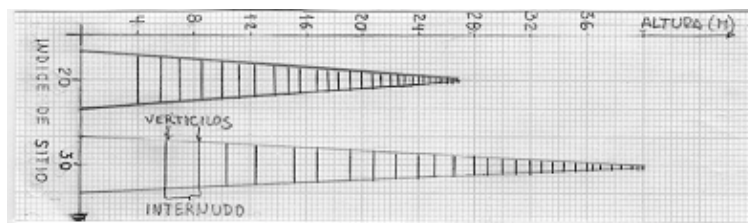
Jacobs (1938) indica que el área de las ramas en los verticilos no podados inmediatamente sobre la altura de poda llegan a ser un 74 % superior en el primer año y 66 % en el segundo año, si la poda se realiza sobre copa viva. No se conoce qué proporción de éste crecimiento es respuesta a la poda y raleo, lo cierto es que las ramas aumentan su tamaño.

Un alto índice de sitio como respuesta a la potencialidad de crecimiento del árbol en su ambiente favorece la elongación de los internudos, aún cuando también favorece el crecimiento de las ramas. El vigor de crecimiento del fuste está en directa relación al crecimiento de las ramas.

A partir de un grupo de curvas de sitio es posible simular la elongación de los internudos conociendo el patrón de ramificación del individuo. En la Figura # 3 se presenta un diagrama ilustrativo de la ubicación de los verticilos y de los internudos a partir de dos árboles pertenecientes a los índices de sitio 20 y 30, de patrón uninodal.

Figura # 3

Diagrama de ubicación de verticilos e internudos en dos clases de sitio.



De acuerdo a la posición de los verticilos en un fuste completamente desarrollado, las ramas inferiores a 4 metros son pequeñas y de internudos cortos. Desde los 4 a hasta los 10 metros las ramas son más gruesas y de internudos largos. Entre los 15 y los 28 metros de altura las ramas alcanzan su máximo tamaño con menores longitudes de internudos, para finalizar con breves internudos y pequeñas ramas.

## GRANO EN ESPIRAL

Las traqueidas o estructuras fundamentales del tejido leñosos son 50 a 100 veces más largas que anchas. El grano es la dirección del eje longitudinal de las traqueidas respecto al eje de crecimiento.

El grano en espiral - el cual no es evidente externamente en la troza - , es un desvío que se produce en todo un anillo de crecimiento. Su origen es desconocido, y se asocia probablemente a la filotaxis de las acículas fustales en el floema (Harris, 1973), las que influirían en el flujo de auxinas y como consecuencia el desvío del grano.

Gerischer y de Villiers (1963) indican que la poda reduciría su efecto, no existiendo una explicación para el fenómeno, siendo sólo una evidencia empírica en Sudáfrica.

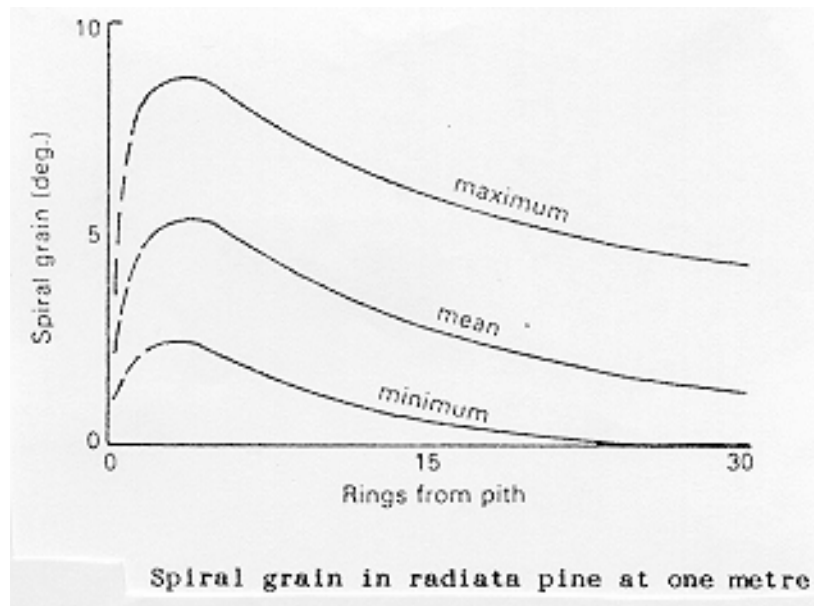
El grano en espiral afecta fundamentalmente la madera juvenil y se encuentra entre los 2 y 4 anillos más cercanos a la médula. Es altamente heredable y su dirección desde la base al ápice es en contra de los punteros del reloj. Está presente en todo el fuste, con mayor incidencia en su base, declinando hacia el ápice.

Su presencia no se considera muy importante y tiende a ser más frecuente en árboles delgados muy expuestos al viento.

En la Figura # 4 tomada de Bamber y Burley (1983), se indica la relación entre la distorsión del grano y los anillos de crecimiento, a partir de la médula.

Figura # 4

Desvíos del grano en relación con el anillo de crecimiento.



## MADERA JUVENIL

La madera formada inmediatamente alrededor de la médula hasta una edad aproximada de 10 años se denomina madera juvenil. Se considera como defecto dado que en su constitución concurren varias características que hacen poco deseable este tipo de madera.

En general presenta en relación con la madera madura:

- baja densidad,
- alta contracción longitudinal,
- baja resistencia,
- bajo porcentaje de madera tardía,
- mayor porcentaje de madera de compresión,
- mayor contenido de humedad,
- traqueidas más cortas,
- mayor ángulo de fibrilas,
- paredes celulares más delgadas,
- mayor diámetro del lumen,
- mayor contenido de hemicelulosa,
- mayor contenido de lignina,
- color más pálido.

La inclusión de la médula, los nudos y las características arriba indicadas la hace poco atractiva especialmente por su excesiva contracción longitudinal y baja resistencia mecánica.

La única manera de minimizar la producción de este tipo de madera es restringiendo la densidad al mínimo número de árboles o incluyéndola en piezas de madera madura, confinándola a su posición central.

## VARIACION DE LAS PROPIEDADES DE LA MADERA EN EL FUSTE

El crecimiento de la madera ocurre por agregaciones anuales de anillos de crecimiento o tejidos concéntricos sobre la madera ya formada, generando una sucesión de envoltentes (Cown,1980).

Las características y ancho de estos anillos anuales varían en el fuste dependiendo de la altura a que se encuentra.

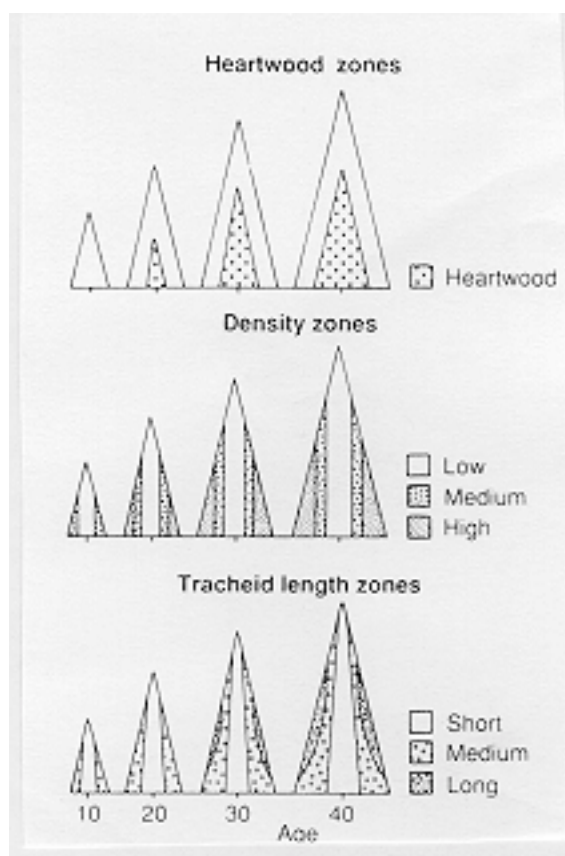
El ancho de los anillos anuales es creciente en altura y parece estar definida por distintos factores. Van Laar (1973) concluye que es la biomasa de acículas la que controla el crecimiento radial a lo largo del fuste. Barker (1980) concluye que el estrés inducido por el viento parece redistribuir la formación de tejidos en el fuste.

Las propiedades de la madera varían con la edad del correspondiente sector del fuste, teniendo la porción fustal superior siempre madera juvenil, en tanto la base tiene además madera madura, generando una graduación desde la médula hacia la corteza en densidad, longitud de fibra, espesor de paredes celulares, proporción de madera temprana y tardía, etc

El ahusamiento fustal como resultado del proceso de crecimiento acumulado queda bastante bien representado en la Figura # 5, tomada de Lewis y Ferguson (1993) donde se representa las zonas de duraminización, densidad y longitud de traqueidas en el fuste.

Figura # 5

Zonas de duraminización,  
densidad y longitud de traqueidas.



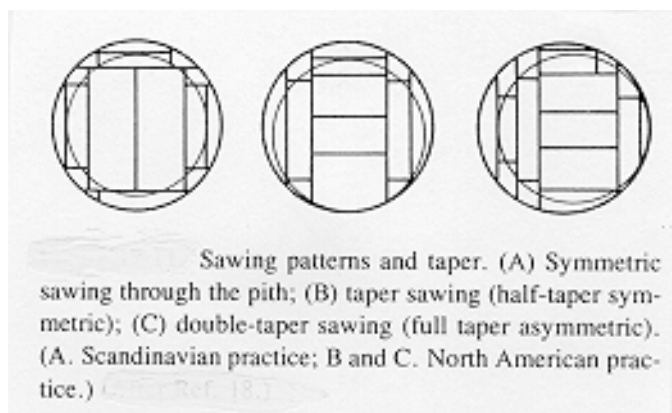


La madera aserrada generará tanta variación en sus propiedades como sea su heterogeneidad de zonas de crecimiento incluídas en la pieza aserrada. Por esta razón, existen distintos patrones de aserrío que pretenden confinar las zonas del fuste a piezas de madera homogéneas.

En la Figura # 6 se muestran 3 patrones de aserrío típicos, tomados de Tsoumis (1991).

Figura # 6

#### Patrones de aserrío



#### MADERA TEMPRANA Y TARDIA

La formación de la madera en la estación de actividad del cambium vascular y diferenciación celular genera tempranamente traqueidas de delgadas paredes celulares de color pálido y, al finalizar, traqueidas de gruesa pared celular de color oscuro. Las diferencias en densidad entre ambas son pronunciadas, las cuales se traducen en importantes propiedades asociadas con la resistencia mecánica.

Bumber y Burley (1983) concluyen que existe una amplia variación en las propiedades de la madera en relación con la estación de su formación.

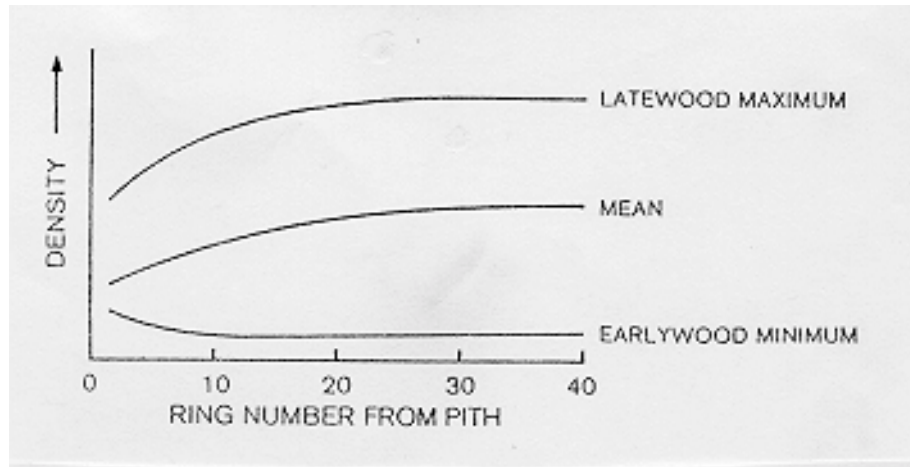
Existen también cambios en la ubicación de los canales de resina longitudinales, siendo más abundantes en la madera temprana a edades iniciales, y más abundantes en la madera tardía a edades adultas, pasando por un período de equilibrio.

Un defecto similar al anterior se produce en los canales resiníferos en árboles que crecen en laderas de fuerte exposición solar, concentrando mayores densidades de canales que en árboles menos expuestos.

Cown (1974) ilustra la densidad de la madera según la edad del anillo desde la médula. Figura # 7.

Figura # 7

Patrón radial de densidad de madera  
temprana y tardía según edad.



Las variaciones de densidad entre madera temprana y tardía en un anillo de crecimiento se conoce como "textura". La madera tardía tiene una densidad 50 - 75 % mayor que la madera temprana.(Harris,1981).

### MADERA DE COMPRESION

Esta madera se forma siempre que exista un efecto de estrés, debido a inclinación, curvatura o movimiento de la copa. Se produce en la parte baja de la inclinación o curvatura y es la manera natural de corregir el defecto (Lewis y Ferguson,1993).En el fuste su presencia aumenta en la base y con la excentricidad.

Las características de la madera de compresión, en relación con la madera normal son las siguientes:

- traqueidas más circulares en los espacios intercelulares,
- madera más oscura con color café rojizo,
- menor contenido de celulosa y mayor contenido de lignina,
- mayor densidad,
- mayor contracción longitudinal y menor contracción tangencial,
- diferente relación entre el ángulo de las microfibrilas y su contracción,
- variaciones en el ángulo de las microfibrilas en las capas S2 y S3 de la pared celular.

Cown (1974) indica una gran incidencia de la madera de compresión en el incremento volumétrico de trozas basales para los 5 años inmediatos a una alta intensidad de raleo. Esto no se asocia a aumentos de excentricidad sino, parece ser respuesta a un cambio ambiental debido posiblemente al aumento de producción de auxinas como un resultado del aumento del balanceo de los fustes por el viento.

Harris (1972), considera que la madera de compresión es en muchos aspectos el defecto más "incidioso" comúnmente encontrado en la madera. Se ha encontrado comprometida hasta un 45 % del volumen, siendo más común en madera juvenil. Su madera es más débil que la normal y sus propiedades de contracción son notablemente distintas de la madera normal. Reduce fuertemente la resistencia de madera pulpable La extensión alcanzada por la madera de compresión, depende de complejos efectos de geotropismo natural y estabilidad silvicultural, tales como influencia en la ubicación, sitio, clima y cambios en el espacio de crecimiento. Su control por medios silvícolas es impracticable (Lewis y Ferguson,1993).

## DURAMEN

La formación de duramen comienza entre los 12 y 15 años, llenando las células del centro del fuste con depósitos químicos (extractivos) y resina. Su formación es aproximadamente 50 % menor en la base y en árboles suprimidos. Sus causas son desconocidas.

Su contenido de humedad es mucho menor que la albura y es relativamente impermeable sin que ello refleje una mayor durabilidad de la madera. El duramen afecta las propiedades mecánicas.

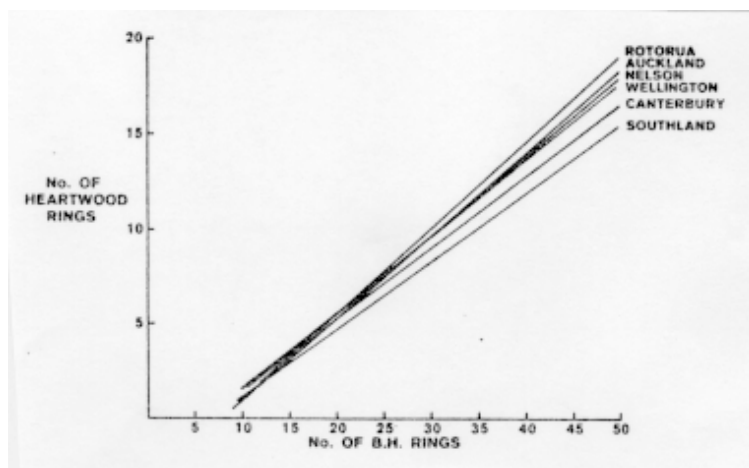
El duramen es el estado funcional final al que llega la albura cuando cesa su actividad xilemática y sus cambios fisiológicos aparecen con la muerte de las células parenquimáticas.

Según Bamber (1976) la formación de duramen está controlada por el volumen de albura más que por su edad.

En la Figura # 8, tomada de Cown y McCochie (1983) se aprecia la relación entre los anillos de duramen y la edad del árbol en distintas localidades de Nueva Zelanda.

Figura # 8

Relación entre la edad del duramen y la edad total del árbol en distintas localidades.



## HOYOS DE CONO

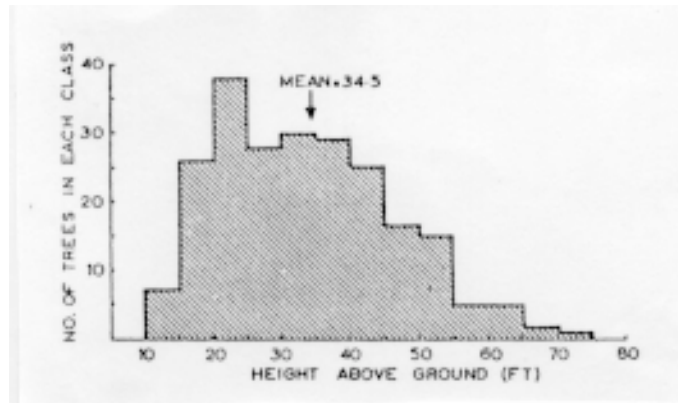
Los conos del fuste son yemas primordiales que se desarrollan en órganos reproductivos. Los conos del fuste causan considerables pérdidas si no son eliminados por el crecimiento fustal, generando hoyos en el fuste.

La edad a la cual los árboles producen conos varía fuertemente con la localidad. Bannister (1962) define la edad entre los 7 y 26 años. Fielding (1960) indica para Australia que entre el 1 y 2 % de los árboles han comenzado a producir floración femenina a los 4 años.

La figura # 9 muestra la altura a la que comienza la producción de conos - y potencia la presencia de hoyos de conos -.Bannister (1962).

Figura # 9

Altura fustal con presencia  
de los primeros conos.



La extensión del sector del fuste con presencia de conos fustales también varía de acuerdo a la localidad y edad.

Los árboles uninodales tienden a ser unisexuados masculinos y por lo tanto sin riesgo de hoyos de conos en el fuste.

Los conos fustales que permanecen por muchos años después de su madurez (4 años o más) dejan un ducto lleno de resina de aproximadamente 1 cm de diámetro en el arrastre del cono. A veces éstos son incluidos en el crecimiento del fuste o bien dejan huellas de la base del cono.

Existe una clara relación entre la calidad del sitio, el clima y la producción de conos siendo mayor en sitios malos y en años secos.

El control silvícola de los conos está limitado al parecer sólo a la selección genética. Sin embargo, la selección de árboles uninodales puede producir otros defectos de mayor importancia.

### **PECAS**

Este defecto se origina en la conexión de acículas fustales, las cuales cuando caen, dejan una huella en los anillos de crecimiento posteriores.

Este defecto sólo degrada la madera en el cepillado, al levantar el grano o producir pequeñas fracturas en el secado y problemas en el acabado de las maderas.

El defecto no es tan importante para prestar atención a su corrección silvícola o genética.

### **SINUOSIDAD**

La sinuosidad del fuste es una deformación del crecimiento de los internudos juveniles. Está confinado a anillos de crecimiento de madera juvenil quedando escondido en fustes de gran tamaño (Jacobs, 1938).

Es característico de árboles de hábito uninodal y de buenos sitios, especialmente aquellos fertilizados. Su problema se puede originar por desbalance de nutrientes.

Los problemas asociados son: poca resistencia y desclasificación por médula incluida en las piezas centrales.



Existen varias causas atribuibles al defecto:

- malas prácticas de vivero,
- mala plantación,
- fallas por corte apical,
- caídas de plántulas por viento,
- caídas de plántulas por inundación.

Todas estas fallas son controlables silvícolamente.

### **RAJADURAS INTERNAS Y QUIEBRES**

Estos defectos se producen por estrés producto de vientos y sequías. Su forma más común son rajaduras radiales de uno o más metros a lo largo del fuste.

Las rajaduras internas ocurren en madera temprana y pueden ser de tal magnitud que involucre varios anillos vecinos.

El defecto se traduce en pérdidas de resistencia de la madera. El defecto es naturalmente recubierto con resina y tejido calloso, generando una zona manchada.

La importancia de este tipo de defecto es bajo para merecer atención silvícola y mejoramiento genético.

### **BOLSILLOS DE RESINA**

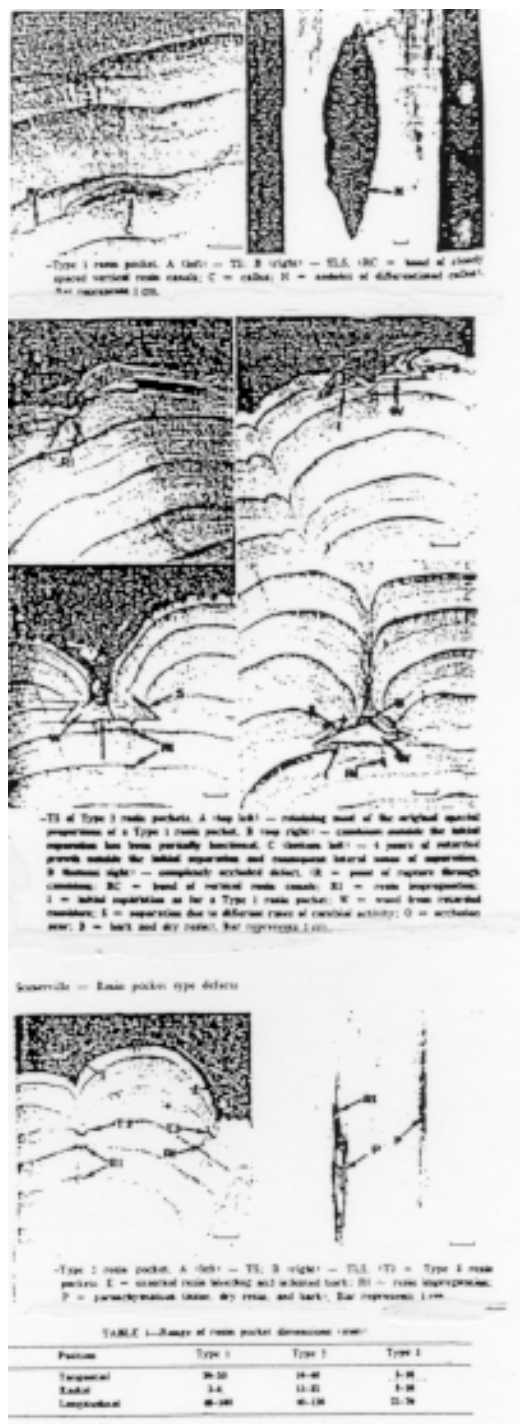
Los bolsillos de resina son respuesta a una serie de daños. Somerville (1980) clasifica 3 tipos de bolsillos de resina en relación con su ocurrencia, tamaño y características de oclusión. Son originados por estrés y daño.

Clifton (1969) señala una mayor presencia en zonas expuestas a fuertes vientos primaverales, ubicándose en la mitad baja del fuste por estar expuesto al mayor estrés de movimiento. La sequía es considerada una causa frecuente.

En la Figura # 11 se presentan los distintos tipos de bolsillos de resina, según Somerville (1980).

Figura # 11

Tipos de bolsillos de resina.



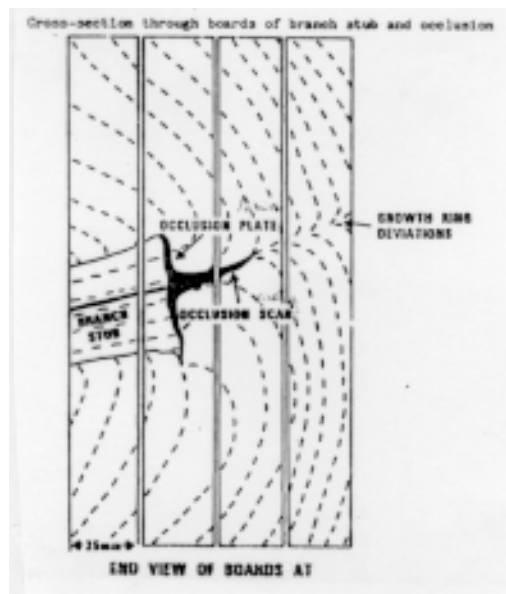
En la zona de oclusión de ramas podadas, se produce acumulación de resina, mal llamado "bolsillo de resina".

Las heridas de poda resinan mientras no se forma el tejido calloso que las recubren. Este proceso puede tomar desde 1 hasta más de 6 años. La inclusión de resinas está en directa relación con el tamaño, ángulo de la rama podada y longitud del muñón de poda. Éste puede incluir bolsillos de corteza.

Una representación esquemática del proceso de oclusión se observa en la Figura # 12 Park (1982)

Figura # 12

Oclusión de una rama podada.



## MICROFRACTURAS

Son fallas de compresión en el fuste bajo estrés por viento. Siguen normalmente una forma en espiral a distancias variables en el fuste. La estructura de la madera se rompe en puntos de falla y se producen distorsiones en el grano muy severo en la zona de recubrimiento de la falla.

La madera se quiebra en el aserrío y su degradación es total debido a la pérdida de las propiedades normales.

## LADOS SECOS, ESTRES, PUDRICIONES

Se deben a daño en el manejo de maquinarias de maderero sobre los árboles vivos, daños por golpes, descortezamiento y otros. También bruscas pérdidas de humedad en trozos y/o excesiva humedad que finaliza con la pudrición de los trozos. A veces ocurre por degradación natural de los trozos al ser dejados por mucho tiempo en el bosque.

Todos estos daños obviamente son totalmente superables con un adecuado manejo operacional.

## ZONAS DE DEFECTOS EN EL ÁRBOL

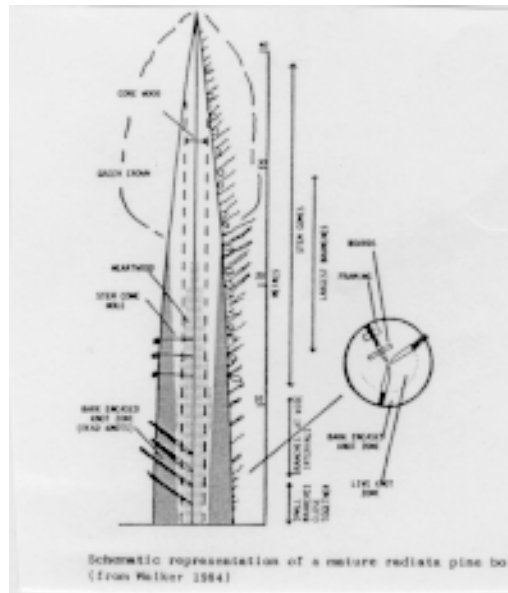
La agregación de los defectos en el fuste como conjunto, define realmente su potencialidad de uso como madera.

Walker (1984), esquematiza esta agregación en la Figura # 13, en que se identifica los defectos y su ubicación en el fuste.



Figura # 13

Características del árbol y la madera en pino insigne.

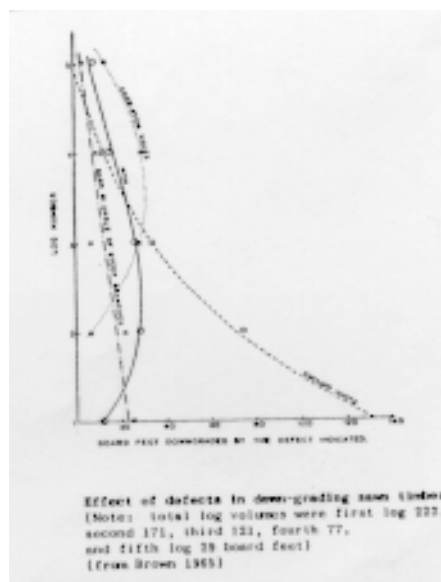


La cuantificación de madera degradada por los principales defectos las señala Brown (1965).

La Figura # 14 señala las tendencias de daño por defecto en relación con la ubicación de la troza para madera no estructural.

Figura # 14

Degradación de madera por tipo de defecto y posición de la troza.



Con claridad se observa que el principal defecto de desclasificación de madera es el nudo muerto y se ubica en la troza basal, que es la más importante en la contribución volumétrica y económica del árbol. Le sigue la médula en las trozas basales y los hoyos de conos en las trozas superiores con igual magnitud. Finalmente las ramas con predominancia apical con bolsillos de corteza también contribuyen significativamente a la degradación de la madera, aunque en menor proporción.

## **LAS OPCIONES SILVICULTURALES PARA PRODUCIR**

### **MEJOR MADERA DE PINO INSIGNE**

La eliminación o minimización de defectos se puede conseguir ya sea por mejoramiento genético o por modificación de las condiciones de crecimiento del árbol.

El mejoramiento genético es una tarea con resultados a largo plazo, muy especializado y habitualmente asociado a grandes inversiones a cargo de empresas o instituciones expresamente dedicadas a ello. En este caso el productor no especialista en el tema sólo puede acudir a conseguir el mejor material genético que está disponible en el mercado para conseguir sus objetivos. Por ello no trataremos el caso.

La modificación del crecimiento del árbol se puede conseguir de tres maneras:

- actuando directamente sobre el árbol,
- controlando su competencia y,
- haciendo mejoras sobre el sustrato en que éste se desarrolla.

Este último asunto, está ligado a las decisiones técnicas del establecimiento de la plantación, ya sea en el laboreo del suelo, la fertilización, el riego, el desbroce etc

Tampoco nos preocuparemos de este caso ya que cualquiera sea el objetivo de manejo del rodal siempre se ha de intentar elevar el nivel de productividad al máximo posible.

No es posible desconocer que muchos de los defectos anteriormente indicados tales como la sinuosidad, la curvatura y otros se deben a malas prácticas de establecimiento, y para ello basta con conocerlas y aplicar las medidas correctivas.

Nos concentraremos entonces en la poda y el raleo.

Tal vez la mejor expresión cuantitativa del problema sea la formulada por Park en la definición del índice de calidad de trozos podados:

$$GI = dbh(cm) * \log \text{ conversion}(\%) / \text{defect core diameter (cm)}$$

donde:

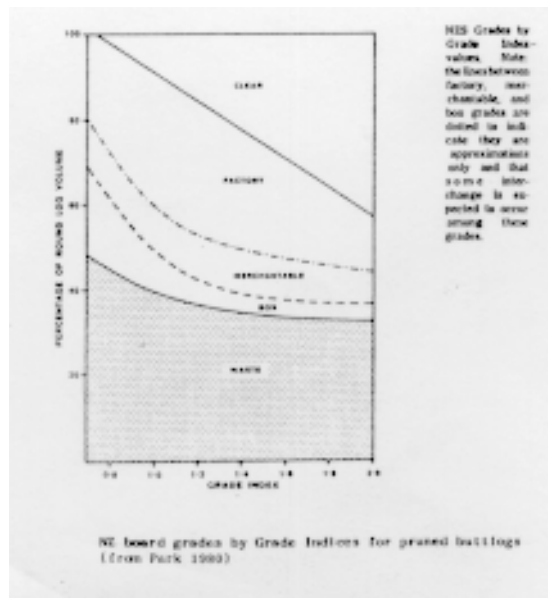
GI                                      es el índice de calidad de trozos podados,  
dbh                                    es el DAP del árbol,

defect core diameter            es el cilindro defectuoso central,  
log conversion                    es el porcentaje de recuperación en la transformación mecánica del trozo a madera aserrada.

Una gráfica del rendimiento desde madera sin defectos hasta desecho se presenta en la Figura # 15. (Park, 1980)

Figura # 15

Calidad de madera en relación con  
el índice de calidad de trozos podados.



Se observa con claridad como el aumento en el índice de calidad permite aumentar el porcentaje de madera sin defecto y a la vez minimizar las pérdidas por desecho.

Toda la silvicultura está resumida en esta expresión: Para subir el índice de calidad debemos aumentar el tamaño del árbol y/o mejorar la forma y eficiencia de la conversión mecánica y/o minimizar el cilindro defectuoso central. El raleo y la poda actúa precisamente en ese sentido controlando el tamaño, la forma fustal y restringiendo el tamaño del cilindro defectuoso central.

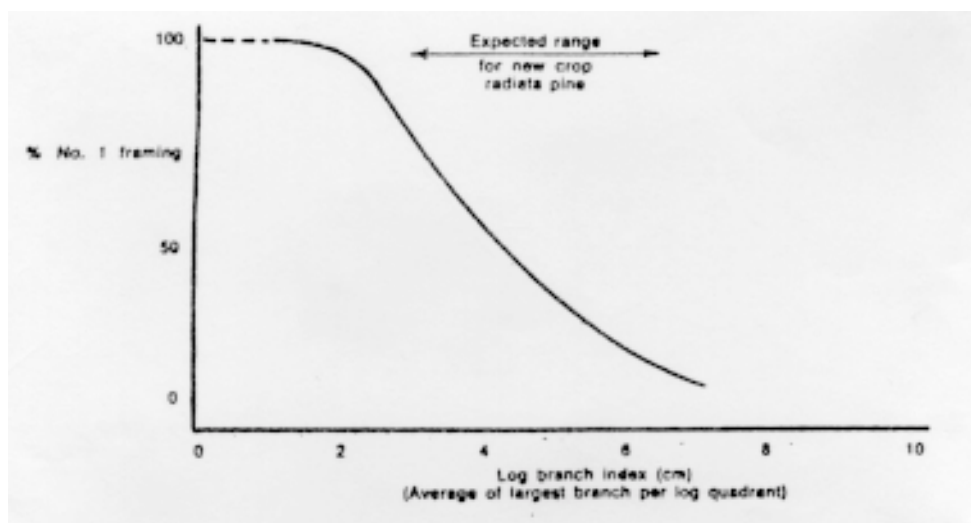
Esto que parece tan simple es tal vez la labor más compleja de la silvicultura ya que existen limitaciones económicas para su ejecución y la reacción de los árboles frente a esas acciones no son tan fácilmente predecibles, ya que son complejos biológicos con capacidad de respuesta que muchas veces es contraria a los objetivos perseguidos.

Basta con recordar los resultados obtenidos por Jacobs en 1938 en relación con el impacto de la poda y el raleo sobre el tamaño de las ramas remanentes para ser cautelosos en las decisiones silvícolas a tomar.

Tomemos como ejemplo el reporte que Wyk realizó en 1983 para evaluar el impacto del tamaño de ramas sobre el rendimiento en madera estructural.

Figura # 16

Relación entre el tamaño de ramas  
y el porcentaje de madera estructural.



Por ello es que revisaremos brevemente el impacto de la poda y el raleo sobre los árboles y sus defectos asociados.

## PODA

La poda silviculturalmente pretende eliminar los defectos nodales ocasionados por la presencia de las ramas para producir madera sin defecto.

El efecto de la poda sobre el árbol depende de la magnitud de la recuperación de la copa viva.

La calidad de la poda depende entre otras cosas de:

- el tamaño, ángulo de inserción, largo del muñón de la rama y calidad del corte,
- el tamaño y vigor de crecimiento del árbol.

El cilindro defectuoso es el cilindro nudoso más el tejido callosos más la recuperación de la rectitud de la fibra.

El cilindro defectuoso es del orden de 6 a 10 cm mayor que el cilindro nudoso central.

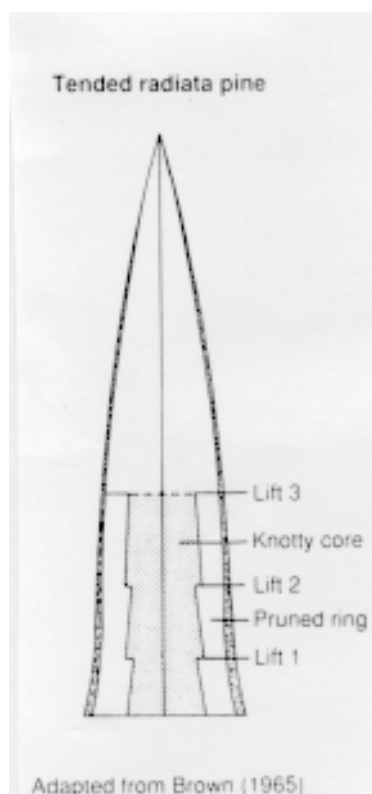
El efecto de la poda sobre el árbol depende del grado de la intensidad de remoción de la copa verde.

Los mejores resultados se consiguen con podas tempranas, a cortos intervalos de tiempo. Barr (1983) considera como ideal 8 meses entre levantes de poda y como máximo 2 años. Para podas extensas en superficie tal vez 1 año es lo más práctico.

Los resultados hasta hoy conseguidos en Nueva Zelanda son como indica la Figura # 17, de conos invertidos. Lewis y Ferguson (1993).

Figura # 17

Efecto de levantes de poda sobre  
el cilindro defectuoso central.



La magnitud de estos conos invertidos es directamente proporcional a la intensidad del levante de poda. Podas menos intensas y más seguidas disminuyen el efecto de cono invertido.

Podas severas pueden estimular brotes epicórnicos. McKinnel (1974) indica que 74 % de árboles podados a los 4 años generan brotes epicórnicos y se reducen a 24 % a los 5 años, eliminándose completamente a los 6 años.

Cualquier poda verde tiene algún efecto depresivo en el crecimiento en área basal del árbol siendo de menor magnitud que el crecimiento en altura.

Mientras más joven es el árbol podado mayor será su remoción de copa viva y menor su crecimiento. Su efecto es notable en los dos años inmediatamente posteriores a la poda y menor más adelante. Este efecto es acumulado con sucesivas podas. Por ello es importante el efecto compensatorio de los raleos.

La magnitud de la depresión de crecimiento es insignificante cuando la copa viva se remueve bajo un 30 %; sobre un 50 % inevitablemente será severa.

Si se desea obtener trozas de 4.5 a 7 m. de largo de madera limpia se requiere lograr árboles con DAP de 60 cm. Ello se debe a que en el extremo menor de la troza deberá tener entre 40 y 50 cm, de los cuales se exigirá como mínimo 10 cm de radio sin defecto y unos 20 cm. de área defectuosa.

Siempre a los 12 a 15 cm. del cilindro nudoso central debe agregarse una tolerancia del orden de 10 cm por zona de oclusión, rectitud de fibra y sinuosidad de médula.

## **RALEOS**

La meta del raleo es controlar el espacio de crecimiento del árbol objeto, eliminando sus competidores.

Los efectos básicos son:

- aumento en la eficiencia fotosintética de la masa foliar,
- aumento en el tamaño y extensión de ramas,
- crecimiento fustal,
- aumento de conicidad.

Estos efectos del raleo deben reflejarse en el tamaño de los trozos y su calidad. Pueden modificar los patrones de crecimiento definidos por el espaciamiento inicial y variar dependiendo de la edad, altura, oportunidad, periodicidad e intensidad del raleo.

El tamaño de las ramas en los trozos depende fundamentalmente del espaciamiento inicial y de la densidad en relación con la edad del rodal. Rodales densos tenderán a controlar rápidamente el tamaño de las ramas y subir la copa viva. Rodales abiertos tendrán grandes ramas, las cuales sólo podrán ser controladas por poda.

Este fenómeno que se inicia tempranamente a nivel del suelo con el cierre del dosel, se mantendrá a nivel de la base de la copa viva, subiendo conforme lo hace la altura del rodal. La densidad del rodal es controlada por autoraleo. Las modificaciones de densidad artificiales o raleos afectarán el tamaño y la distribución de las ramas en altura del fuste.

Otra importante respuesta del raleo es el tamaño de los anillos anuales de crecimiento. Ellos en forma natural alcanzan un máximo alrededor de los 2 a 3 años y luego declinan por competencia. El raleo permite que éste reespaciamiento aumente las tasas de crecimiento.

Wood y Siemon (1981) muestran que la respuesta en el crecimiento de los anillos del árbol es mayor en la base del árbol después de raleos intensos, pero mayor en la mitad superior de la copa en raleos suaves.

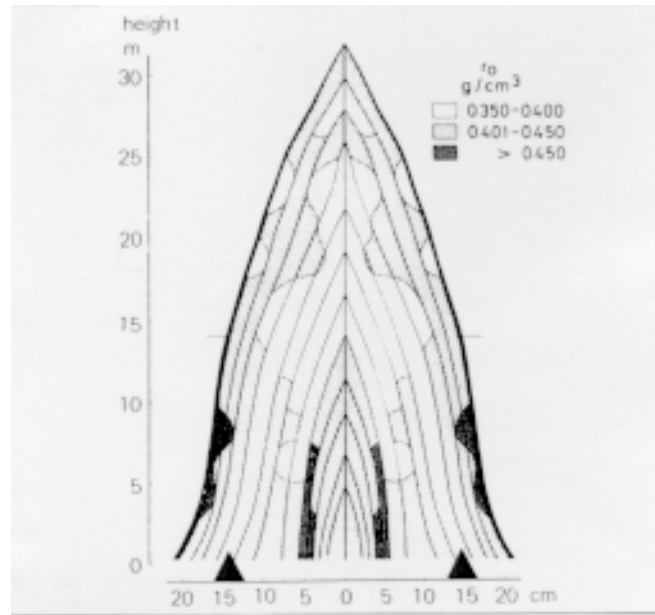
El aumento en el ancho de los anillos debido a los raleos en rodales cerrados, rara vez dura más de dos años.

El raleo induce a la conicidad basal debido al aumento de la acción del viento sobre los árboles residuales.

La calidad de la madera también se verá afectada principalmente por cambios en las tasas de crecimiento del fuste. El aumento en el crecimiento de los anillos genera menor proporción en madera tardía y por lo tanto disminuye la densidad de la madera pero el efecto no dura tanto como se indica en la Figura # 18, tomada de Schweingruber (1989).

Figura # 18

Cambios en la densidad fustal  
por efecto del raleo.



La madera juvenil será mayor si se realizan raleos antes de los 8 a 9 años.

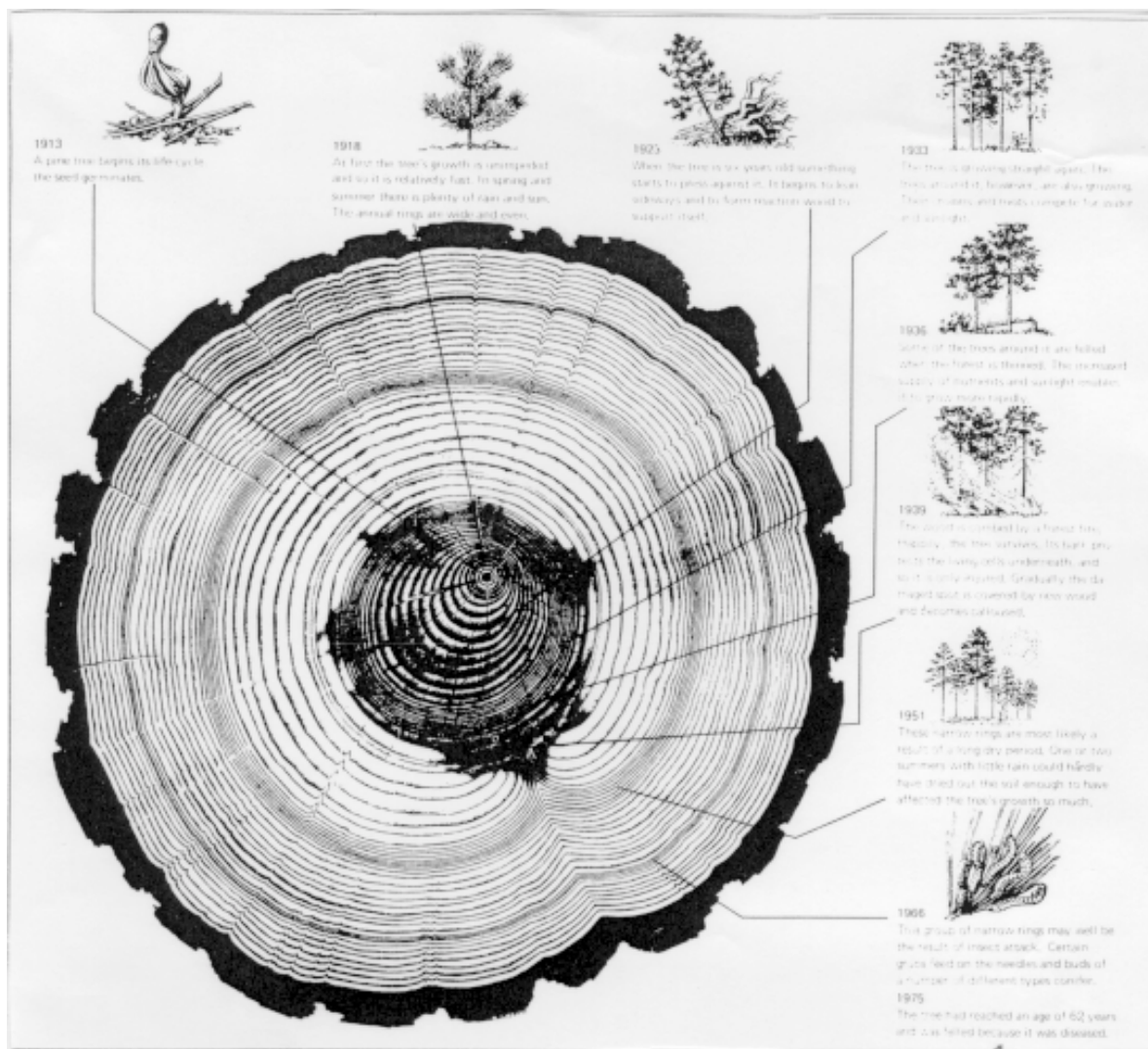
La madera de compresión aumentará por el balanceo de los árboles por acción del viento.

Una visión global del efecto de competencia y factores ambientales sobre el desarrollo de un árbol de unos 62 años, se observa en la Figura # 19 tomada de Schweingruber (1989)



Figura # 19

# Desarrollo de la vida de un árbol.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Nota:

Toda las citas están referidas en las siguientes publicaciones :

- Lavery,P.B.,1986:Plantations Forestry with *Pinus radiata*.Paper No 12. School of Forestry. University of Canterbury .Christchurch, New Zealand.
- Lewis,N.B.and. Ferguson,I.S.,1983:Management of Radiata Pine. Inkata Press. Melbourne. Sydney, .Australia.
- Schweingruber,F.H.,1989: Tree Rings. Basics and Applications of Dendrochronology. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht / Boston /London.
- Tsoumis G.,1991 :Science and Technology of Wood Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. New York.