

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO SILVICULTURA



SILVICULTURA DE PLANTACIONES

Apuntes de clases

Prof. Miguel Espinosa Bancalari
Ingeniero Forestal, Ph.D.

Prof. Fernando Muñoz Sáez
Ingeniero Forestal, Dr.

Compilado por: Pablo Gajardo Caviedes
Ingeniero Forestal

Concepción, versión 2005

INDICE

INDICE GENERAL DE MATERIAS

LA SILVICULTURA: Definiciones e importancia	14
1.1. Definición de Silvicultura.	15
1.2. Clasificación de las prácticas silvícolas.....	15
1.3. Conceptos Silviculturales Básicos.....	17
1.4. Cuestionario.	21
EL RECURSO FORESTAL MUNDIAL.....	22
2.1. Existencia de bosques en el mundo.....	23
2.2. Demanda mundial de superficie forestal.	27
2.3. Áreas de plantaciones forestales a nivel mundial - Géneros con mayor superficie plantada en el mundo.....	30
2.4. Superficie de <i>Pinus radiata</i> en el mundo.....	31
2.5. Superficie de Eucalipto en el mundo.	32
CRECIMIENTO Y FORMA DE LOS ÁRBOLES.....	34
3.1. Crecimiento en altura.	36
3.1.1. Factores que afectan el crecimiento en altura.	36
3.2. Crecimiento en diámetro y área basal.....	40
3.2.1. Factores que afectan el crecimiento en diámetro.	41
3.3. Incremento en diámetro a diferentes alturas del fuste y en diferentes períodos	43
3.4. Crecimiento en volumen.....	45
3.5. Cuestionario.	48
CORTAS INTERMEDIAS: Generalidades	49
4.1. Cortas Intermedias.	50
4.2. Objetivos de las cortas intermedias.....	50
4.3. Tipo de cortas intermedias.	51
4.4 Cuestionario.	52
RALEO: Definición, métodos, medición, efectos, marcación y ejecución..	53
5.1. Definición y objetivos.....	54
5.2. Biología del raleo.....	54
5.2.1. Mortalidad por competencia.....	58
5.2.2. ¿Qué sucede cuando algunos árboles de un rodal son removidos por raleo?.....	61
5.2.3. Efecto del raleo en el rendimiento total del rodal.	64

5.3. Métodos de raleo.....	66
5.3.1. Raleo bajo (o por lo bajo).....	67
5.3.2. Raleo de copa (o por lo alto).....	69
5.3.3. Raleo de dominantes (o de selección).....	70
5.3.4. Raleo sistemático (o mecánico o geométrico).	71
5.3.5. Raleo libre.....	72
5.4. Faenas de raleo con maquinaria.	75
5.4.1. Raleos comerciales mecanizados.	75
5.5. Prescripción del raleo.....	76
5.6. Efectos del raleo en el ecosistema.	76
5.6.1. Sobre la diversidad biológica.	76
5.6.2. Sobre el sotobosque.....	77
5.6.3. Sobre los animales del sotobosque.	78
5.6.4. Sobre la tolerancia de las especies.	78
5.7. Marcación de raleo.....	79
5.7.1. Definición.....	79
5.7.2. Mecánica de marcación.	79
5.7.3. Rendimiento de marcación.	80
5.7.4. Selección de árboles.....	81
5.7.5. Prioridades de selección.....	83
5.7.6. Selección según esquema de manejo.	83
5.7.7. Supervisión y control de calidad.	84
5.9. Cuestionario.	85
<i>PODA: Definición, objetivos, intensidad, frecuencia, época y ejemplos....</i>	87
6.1. Definición y objetivos.....	88
6.2. Factores de clasificación de las trozas podadas.	89
6.2.1. Relación entre DBH (DAP) y DOS.....	89
6.3. Intensidad de poda.....	97
6.4. Época de poda.	99
6.5. Ramas epicórmicas.....	100
6.6. Frecuencia de poda (poda en una o más etapas).	101
6.6.1. Poda en una etapa.....	101
6.6.2. Poda en dos etapas.....	101
6.6.3. Poda en tres o más etapas.....	101
6.6.4. Comparación de rendimiento de poda en una o más etapas.....	102
6.6.5. Rendimiento de poda.....	103
6.7. Altura final de poda.	105
6.8. Factores a considerar para implementar un plan de podas.....	105
6.9. Poda en eucalipto.....	107
6.9.1. Características generales de los eucaliptos.....	107

6.9.2. Poda natural en eucaliptos.	108
6.9.3. Poda artificial en eucaliptos.	108
6.9.4. Época de Poda.	110
6.9.5. Esquema de manejo en plantaciones de eucalipto.....	110
6.10. Calidad de la poda y su potencial para producir madera libre de defectos.....	111
6.10.1. Revisión del concepto PLI (Pruned Log Index).....	111
6.10.2. Relación entre DOS y DOO.	114
6.10.3. Aplicación del PLI (Pruned Log Index).....	116
6.11. Certificación de la poda.....	118
6.12. Defectos técnicos más comunes en la faena de poda.	120
6.13. Herramientas e implementos de seguridad utilizados en la poda.	120
6.14. Cuestionario.	123
REGIMENES DE MANEJO.....	124
Regímenes de manejo.	125
7.1. En Chile.....	125
7.2. En Nueva Zelanda.....	131
7.3. En Japón.	133
CALIDAD DE LA MADERA.....	134
8.1. Calidad de la madera y tratamientos silviculturales.....	135
8.1.1. La Poda.	136
8.1.2. El Raleo y espaciamiento inicial.	137
8.1.3. Fertilización.....	138
8.1.4. El Riego.	141
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	144
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA.....	150

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Superficie forestal por región (millones de ha)	23
Tabla 2.2. Composición de los bosques del mundo.	24
Tabla 2.3. Los recursos forestales en América del Sur al año 2000.....	25
Tabla 2.4. Variación anual de la superficie forestal periodo 1990-2000 (millones de ha/año).....	26
Tabla 2.5. Causas de la disminución de bosques naturales en el periodo 1990-2000 (millones de ha/año).	26
Tabla 2.6. Situación actual y futura de demanda de madera (millones m ³) en países desarrollados y en desarrollo, años 1987, 2000 y 2025. Cuadro por continente y tipo de producto.	27
Tabla 2.7. Evolución de la producción de madera industrial mundial, 1977-1992.....	29
Tabla 2.8. Información comparativa para población, área forestal y comercio en productos de madera por región al año 2000.	29
Tabla 2.9. Tasas anuales de plantación y superficie de plantaciones por región y grupo de especies.	30
Tabla 2.10. Países con las mayores superficies de plantación de <i>Eucalyptus</i>	33
Tabla 3.1. Crecimiento en altura de diferentes especies en el mismo sitio.	37
Tabla 3.2. Altura media y altura superior en rodales de <i>Picea abies</i>	40
Tabla 3.3. Influencia de la densidad en el crecimiento de <i>Pinus radiata</i> , en Kaingaroa, Nueva Zelanda	42
Tabla 3.4. Culminación del incremento medio anual para diferentes especies y calidades de sitio (m ³).....	45
Tabla 4.1. Tipo de cortas intermedias.	51
Tabla 5.1. Métodos de raleo y criterio para identificar los árboles a extraer.....	67
Tabla 5.2. Árboles removidos según intensidad de raleo bajo.	67
Tabla 5.3. Contraste entre raleo por lo bajo y raleo por lo alto.....	69
Tabla 5.4. Características principales de los distintos tipos de raleo y cómo afectan al rodal.	74
Tabla 5.5. Clasificación del raleo según la razón d/D*.	76
Tabla 5.6. Rendimiento en marcación de árboles para raleo según edad.....	81
Tabla 5.7. Detalle de una faena de marcación y su respectivo raleo para una plantación de <i>Pinus radiata</i> con esquema de manejo para obtener madera para remanufactura.....	81
Tabla 6.1. Evolución del DOS en podas sucesivas bianuales por zona de crecimiento: a) Concepción-Arauco (CA); b) Arenales (AR) y c) Malleco (MA).....	91
Tabla 6.2. Altura DOS de la 2 ^a poda y pérdida volumen libre de nudos (PVLN) por zona de crecimiento (CA, AR, MA).	91
Tabla 6.3. Efecto del tamaño del trozo y del corazón defectuoso en el rendimiento de madera libre de nudos en árboles podados (% del total aserrado) de <i>Pinus radiata</i>	95

Tabla 6.4. Efecto del espaciamiento en el tamaño de los nudos: características de los árboles dominantes en una plantación de <i>Pinus resinosa</i> de 20 años de edad (índice de sitio 70) (plantas 2-1; luego edad total es de 23 años).	95
Tabla 6.5. Rendimiento promedio de volumen libre de nudos (VLN) y volumen aserrable libre de nudos (VALN) por troza, en rodal de <i>Pinus radiata</i> de 18 años con poda a 12 m de altura.....	96
Tabla 6.6. Proporción de VALN promedio por troza en rodal de <i>Pinus radiata</i> de 18 años con poda a 12 m de altura.....	96
Tabla 6.7. Comportamiento del diámetro del verticilo (DSM), diámetro de oclusión (DO) y profundidad de cicatrización (PC) a lo largo del fuste podado, en rodal de <i>Pinus radiata</i> de 18 años con poda a 3, 7 y 12 m, a los 5, 7 y 11 años de edad.	96
Tabla 6.8. Reducción del crecimiento en diámetro en <i>Pinus ponderosa</i> 16 años después de efectuada la poda.	97
Tabla 6.9. Incremento en altura y diámetro de <i>Pinus taeda</i> cuatro años después de efectuada la poda.	97
Tabla 6.10. Resultados de estudios de época de poda en rodales de <i>Pinus radiata</i> establecidos en diferentes zonas de crecimiento de la 8° y 9° regiones.....	99
Tabla 6.11. Comparación de rendimiento en poda <i>Pinus radiata</i> en dos y tres etapas (valores promedios).	102
Tabla 6.12. Rendimiento promedio poda en pino oregón en 1, 2 y 3 etapas ..	102
Tabla 6.13. Volumen medio por troza de cilindro defectuoso (CD) y libre de nudos (LN) para cuatro podas efectuadas a los 6, 7, 8-9 y 10 años, a una altura de 2,98, 4,65, 6,45 y 8,2 metros, respectivamente en un rodal de <i>Pinus radiata</i> de 13 años.	103
Tabla 6.14. Número de nudos ocluidos por etapa de poda y duración media del proceso de oclusión en un rodal de <i>Pinus radiata</i> de 13 años, con cuatro podas efectuadas a los 6, 7, 8-9 y 10 años, a una altura de 2,98, 4,65, 6,45 y 8,2 metros, respectivamente.	103
Tabla 6.15. Rendimiento promedio de poda a 3,5 m en rodal de <i>Eucalyptus regnans</i> de 6 años con tijerón neozelandés y serrucho cola de zorro.....	103
Tabla 6.16. Rendimiento según altura de poda en rodales de <i>Pinus radiata</i> de 5, 8 y 9 años con tijerón neozelandés.....	104
Tabla 6.17. Rendimiento y costos según altura de poda en rodales de pino oregón en USA.	104
Tabla 6.18. Rendimientos y costos de poda con tijerón en rodales de <i>Pinus radiata</i> en Nueva Zelanda.....	104
Tabla 6.19. Detalle de una faena de poda para un esquema de remanufactura en Pino insigne en Chile.	104
Tabla 6.20. Poda a 6 metros en dos etapas en <i>E. nitens</i> en diferentes condiciones de rodal.	109
Tabla 6.21. Algunos programas de poda aplicables a plantaciones de eucalipto.	110

Tabla 6.22. Esquema de manejo para la producción de madera aserrada en plantaciones de <i>Eucalyptus nitens</i> en Tasmania, Australia.	111
Tabla 6.23. Porcentaje de madera libre de defectos según PLI.	116
Tabla 6.24. Madera libre de defectos en función del PLI y densidad.	117
Tabla 7.2. Régimen de manejo pulpable para <i>Pinus radiata</i> , según índice de sitio.	125
Tabla 7.3. Régimen de manejo <i>extensivo</i> para <i>Pinus radiata</i> , según índice de sitio.	126
Tabla 7.4 Régimen de manejo <i>intensivo</i> para <i>Pinus radiata</i> , según índice de sitio.	126
Tabla 7.5. Esquemas de manejo de <i>Pinus radiata</i> utilizados en Chile para diferentes calidades de sitio.....	127
Tabla 7.6. Esquemas de manejo tipo para <i>Pinus radiata</i> utilizados en Chile para diferentes índices de sitio y objetivo de manejo.....	128
Tabla 7.8. Costos de poda y de raleo a desecho a 1999.	129
Tabla 7.9. Esquema de manejo para <i>Pinus radiata</i> en sitios fértiles.	131
Tabla 7.10. Esquema de manejo para <i>Pinus radiata</i> en sitios de menor fertilidad.	131
Tabla 7.11. Régimen de raleo productivo para <i>Pinus radiata</i> en sitios fértiles	132
Tabla 7.12. Esquema de manejo para obtener diferentes tipos de productos.	133
Tabla 8.1. Incremento sustancial del crecimiento de los árboles.....	140
Tabla 8.2. Cuadro resumen con las estrategias de aprovechamiento y silviculturales según condición de la madera y del bosque para un esquema de manejo para la obtención de madera para remanufactura.....	143

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Representación de un régimen silvicultural.....	16
Figura 1.2.	Representación de cinco diferentes estructuras de rodales, mostrando su distribución en un corte vertical y los correspondientes gráficos de distribución diamétrica en términos de número de árboles por hectárea. Los árboles de los tres primeros rodales son todas de la misma especie. El cuarto contiene varias especies, de igual (clase de) edad y el quinto de dos clases de edad (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	20
Figura 2.1.	Distribución de los bosques por zonas ecológicas, 2000 (Fuente: FAO, 2001).	23
Figura 2.2:	Diez países con el mayor porcentaje de los bosques del mundo, al año 2000 (se incluye Chile como referencia) (Fuente: Adaptado de FAO, 2001).	24
Figura 2.3.	Los diez países con mayor proporción de las plantaciones forestales del mundo, al año 2000 (se incluye Chile como referencia) (Fuente: Adaptado de FAO, 2001).	25
Figura 2.4.	Incremento de la población mundial y disminución de los bosques (Fuente: Boyle <i>et al.</i> , 1999).	27
Figura 2.5.	Disminución estimada en tierras forestales en estados Unidos e incremento esperado en el consumo de madera rolliza. (Fuente: Boyle <i>et al.</i> , 1999).	28
Figura 2.5.	Distribución del área de plantaciones forestales por región (Fuente FAO, 2002).	30
Figura 2.6.	Distribución del área de plantaciones por género (Fuente FAO, 2002).	31
Figura 2.7.	Distribución de <i>Pinus radiata</i> por país en millones de hectáreas (Fuente: Sutton, 1998).	31
Figura 2.8.	Plantaciones del género <i>Eucalyptus</i> , por país en millones de hectáreas – 1995 (Fuente: http://.rautewood.com).	32
Figura 3.1.	Curvas de crecimiento (a) e incremento (b) en altura de una <i>Picea</i> (Fuente: Assmann, 1970).	36
Figura 3.2.	Patrón de crecimiento en altura de tres especies de coníferas de América del Norte (Fuente: Daniel <i>et al.</i> , 1982).	37
Figura 3.3.	Crecimiento en altura de <i>Pinus ponderosa</i> (IS 100, sp. intolerante) y <i>Abies procera</i> (IS 50, sp. tolerancia media) (Fuente: Daniel <i>et al.</i> , 1982).	37
Figura 3.4.	Crecimiento en altura de dos <i>Piceas</i> en sitios de diferente calidad (Fuente: Assmann, 1970).	38
Figura 3.5.	Efecto de la densidad del rodal en la tasa de crecimiento neto observado en estudio de espaciamiento en rodales coetáneos (Fuente: Clutter <i>et al.</i> , 1983).	39
Figura 3.6.	Efecto de la densidad de rodal en la tasa de rendimiento neto observado en estudio de espaciamiento en rodales coetáneos (Fuente: Clutter <i>et al.</i> , 1983).	39

Figura 3.7. Curvas de crecimiento en diámetro, incremento en diámetro y en área basal de una <i>Picea</i> (Fuente: Assmann, 1970).....	40
Figura 3.8. Representación esquemática del incremento radial e incremento en diámetro (Fuente: Assmann, 1970).....	41
Figura 3.9. Crecimiento en área basal de especies con distinto grado de tolerancia a la sombra (Fuente: Daniel <i>et al.</i> 1982).	41
Figura 3.10. Relación diámetro, densidad de rodal con la edad en dos rodales de <i>Picea</i> con distintos IS en Alaska (Zasada <i>et al.</i> , 1977).	42
Figura 3.11. Desarrollo del Dap promedio de un rodal en plantaciones establecidas a diferentes espaciamientos (Fuente: Clutter <i>et al.</i> , 1983).....	43
Figura 3.12. Características de conicidad de árboles dominantes, sin competencia y suprimidos (Fuente: Wilson, 1970).	44
Figura 3.13. Variación en el espesor de anillo anual en un árbol suprimido (A) y en uno vigoroso (B) (Fuente: Daniel <i>et al.</i> , 1982)	44
Figura 3.14. Curvas de volumen, incremento corriente y medio anual de una <i>Picea</i> (Fuente: Assmann, 1970).....	45
Figura 3.15. Regeneración natural de <i>Pinus contorta</i> en índice de sitio 22. (A) rendimiento total, (B) volumen comercial con 12.5 cm, (C) volumen comercial con 22.5 cm y (D) volumen comercial con 32.5 cm (Fuente: Stone, 1986).	46
Figura 3.16. Volumen total de <i>Pinus contorta</i> de regeneración natural en cuatro índices de sitio diferentes (Fuente: Stone, 1986).....	46
Figura 3.17. Edad de rodal cuando culmina el incremento medio anual (CIMA) en volumen, en un rodal sin manejo de Pino oregón en la zona costera de USA, según DAP mínimo e índice de sitio (Fuente: Miller <i>et al.</i> , 1992).	47
Figura 5.1. Diferenciación de árboles en clases de copa (D: dominantes; C: codominantes; I: intermedios; S: suprimidos; M: muertos) a medida que el rodal aumenta en edad (Fuente: Emmingham, 1983).	56
Figura 5.2. Clasificación de Copas de árboles de un rodal coetáneo D: dominantes; C: codominantes; I: intermedios; S: suprimidos; M: muertos; L: árbol lobo (Fuente: Emmingham, 1983).	56
Figura 5.3. Variación del número de árboles por clase de copa y edad en dos plantaciones de <i>Pinus radiata</i> de similar calidad de sitio, en Australia (Fuente: Shepherd, 1986).	57
Figura 5.4. Representación de la mortalidad en <i>Pinus radiata</i> a diferentes densidades, en Isla del Norte, Nueva Zelanda (Fuente: Galbraith y Sewell, 1979, citados por Lavery, 1986).	58
Figura 5.5. Relación biomasa – densidad del rodal (Perry, 1985).....	58
Figura 5.6. Guía de densidad de manejo de un rodal de red alder (<i>Alnus rubra</i>). Línea A representa raleo natural. Densidad debería mantenerse entre líneas B (55% densidad relativa) y C (33% densidad relativa) (Fuente: Hibbs, 1987).	60
Figura 5.7. Variación de la densidad con la edad en bosques de <i>Abies</i> creciendo en suelos de diferente calidad (Fuente: Sukatschew, 1928 citado por Assmann, 1970).	60

Figura 5.8. Efecto de un raleo oportuno (B) en comparación con un raleo tardío (A) en un rodal de Pino oregón de 21 años de edad (Fuente: Emmingham y Elwood, 1983).	61
Figura 5.9. Vistas aéreas y laterales de un rodal antes (A) y después (B) de ser raleado (CT: árboles cosecha, <i>crop tree</i>).	62
Figura 5.10. Relación entre densidad de un rodal y el crecimiento en volumen cúbico postulado por Langsaeter (Fuente: Langsaeter, 1941 según Smith, 1986).	63
Figura 5.11. Curva de rendimiento bruto de un rodal coetáneo sin raleo y raleado (Fuente: Clutter <i>et al.</i> , 1983).	64
Figura 5.12. Relación entre la producción de un rodal y la densidad. A: Producción incrementa con la densidad; B: Producción permanece constante y óptima en un amplio rango de densidades y C: Producción tiende a decrecer sobre un determinado nivel de densidad (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	65
Figura 5.13. Relación incremento periódico anual – densidad (área basal) en rodales de <i>Pinus taeda</i> de 40 años de edad (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	66
Figura 5.14. Diferentes grados de raleo bajo aplicado simultáneamente a un rodal de <i>Pinus taeda</i> de mediana edad (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	68
Figura 5.15. Vista aérea de un rodal de pino sometido a diferentes grados de raleo bajo; a) antes del raleo; b) después de un raleo suave; c) después de un raleo fuerte; d) 10 años después de un raleo fuerte (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	68
Figura 5.16. Rodal de coníferas inmediatamente después de un raleo de copa; (árboles a extraer se denotan por una línea horizontal; árboles de cosecha por achurado de copas) y el mismo rodal 20 años después (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	70
Figura 5.17. Rodal de coníferas marcado para raleo de selección (línea horizontal), dirigido fundamentalmente a eliminar árboles dominantes defectuosos (Fuente: Smith, 1986).	71
Figura 5.18. Rodal de coníferas sometido a raleo sistemático (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	72
Figura 5.19. Rodal de coníferas que contiene una mezcla de árboles dominantes (D), codominantes (C), intermedios (I) y suprimidos (S), luego de la aplicación de un raleo bajo, de copas, de dominantes y libre (Fuente: Russell <i>et al.</i> , 1999).	73
Figura 5.20. Distribución diamétrica de un rodal coetáneo puro según el método de raleo aplicado (área achurada corresponde a la porción removida del rodal) (Fuente: Smith <i>et al.</i> , 1997).	74
Figura 5.21. Raleo mecanizado, el ancho de la faja es de 4 m y la distancia entre fajas de 15 m (FMG Timberjack, 1992).	75
Figura 5.22. Raleo de dominantes (B) y raleo por lo bajo (C) reduce la estructura vertical de un rodal (A) (Fuente: Hunter, 1990).	77
Figura 5.23. En un rodal (A) la aplicación de un raleo por lo alto crea un dosel abierto (B) (Fuente: Hunter, 1990).	77

Figura 5.24. Representación esquemática del proceso de marcación de árboles para el raleo (las flechas indican la dirección de avance; el achurado el árbol seleccionado y orientación de la marca).	80
Figura 5.25. Espaciamiento entre árboles después de un raleo. Los árboles cosecha (CT) pueden estar espaciados entre 15 pies (5 m) y 35 pies (12 m) unos de otros.	82
Figura 5.26. Ubicación de parcelas de control de marcación de raleo en trabajo en fajas.	84
Figura 6.1. Corte transversal que muestra la relación entre el diámetro sobre muñón (DOS) y el diámetro de oclusión (DOO).	89
Figura 6.2. Ilustración de la ubicación del DOS en la primera poda.	90
Figura 6.3. Corte transversal y longitudinal de un árbol sin poda (A) y un árbol podado (B), mostrando la capa de madera libre de nudos alrededor del corazón defectuoso (Fuente: Maclaren, 1993).	90
Figura 6.4. Sección longitudinal que muestra la relación entre el diámetro de oclusión (DOO) y el corazón defectuoso (DCD).	92
Figura 6.5. Distribución de madera libre de nudos en régimen de poda oportuno (A) y tardío (B).	93
Figura 6.6. Efecto de la oportunidad de poda y su influencia en el DOS resultante (Kaingaroa, Nueva Zelanda, poda alta) (Fuente: Sutton, 1985).	93
Figura 6.7. Influencia del diámetro menor del trozo y del DOS en el valor de los trozos puesto aserradero (Fuente: Sutton, 1985).	94
Figura 6.8. Influencia del diámetro menor del trozo y del DOS en el rendimiento de madera libre de nudos (Fuente: Sutton, 1985).	94
Figura 6.9. Corte transversal de una troza podada de <i>Pinus radiata</i>	94
Figura 6.10. Efecto en el crecimiento en altura de red pine por la remoción de varios porcentajes de copa viva (Fuente: Kramer y Kozlowski, 1979).	98
Figura 6.11. Reducción del crecimiento en altura según diferentes intensidades de poda, 10 años después de efectuar ésta (Fuente: Arvidsson, 1986).	98
Figura 6.12. Reducción del crecimiento en diámetro según diferentes intensidades de poda, 10 años después de efectuar ésta (Fuente: Arvidsson, 1986).	99
Figura 6.13. Poda en una (B) y en tres (A) etapas.	102
Figura 6.14. Secuencia de poda en tres etapas (Fuente Maclaren, 1993).	105
Figura 6.15. Cálculo de L_{vol} y C_{vol} (Fuente: Park, 1995).	112
Figura 6.16. Cálculo de DCD (Fuente: Park, 1995).	112
Figura 6.17. Reconstrucción de la troza a partir de las tablas aserradas (identificadas secuencialmente con letras al momento de la corta) y mapeo del cilindro defectuoso (Fuente: Park, 1995).	114
Figura 6.18. Relación entre diámetro sobre muñón y diámetro sobre oclusión, en N. Zelanda, para distintas localidades (modelos) (Fuente: Park, 1982).	115

Figura 6.19. Relación entre Diámetro sobre muñón máximo de la troza y diámetro del cilindro defectuoso, para distintas localidades en N. Zelanda (Fuente: Park, 1982).	115
Figura 6.20 A. Relación entre el PLI y el porcentaje de madera libre de defectos (Fuente: Park, 1995).	117
Figura 6.20 B. Relación entre el PLI y el porcentaje de madera libre de defectos en una y dos caras (Fuente: Park, 1995).	117
Figura 6.21. Presenta un ejemplo de certificado para acreditar la calidad de poda en un rodal en Nueva Zelanda, en anverso se proporciona la información de las podas y levantes, en tanto que en el reverso se proporciona el plano del predio y del rodal que se certifica (Fuente: Somerville, 1991).	119
Figura 6.22. Defectos técnicos más comunes en la poda (Fuente: ACHS, 1994).	120
Figura 6.23. Herramientas más utilizadas en poda. En orden descendente en la figura: Serrucho cola de zorro, sierra de arco, Tijerón (con doble filo) (Fuente: ACHS, 1994).	121
Figura 6.24. Implementos utilizados para adaptarse a la altura: 1. Escala de madera, 2. escala metálica de garra, 3. mangos fijos, 4. trepadores (Fuente: ACHS, 1994).	121
Figura 6.25. Implementos de protección personal: Cinturón de seguridad, casco con barbiquejo, protector visual, guantes de puño largo, pierneras de lona, zapatos de seguridad (Fuente: ACHS, 1994).	122
Figura 7.1. Proceso de poda alta en <i>Pinus radiata</i>	130
Figura 7.2. Diagrama de los distintos productos obtenidos en el árbol según dos esquemas de manejo (Fuente: Forestal Copihue, 2003).	130
Figura 7.3. Características de los productos a obtener en un régimen aserrable en rodales de <i>Pinus radiata</i> en Nueva Zelanda con rotación de 30 años.	132
Figura 8.1. Variación de la densidad básica según la altura del fuste, por tratamiento (Salazar, 1999).	139
Figura 8.2. Variación del porcentaje de leño tardío según altura del fuste, por tratamiento (Salazar, 1999).	139
Figura 8.3. Respuesta de la densidad de la madera ante tratamiento de fertilización. Incremento en las tasas de crecimiento y densidad básica. Las mayores respuestas las arrojó la combinación de tratamientos.	140
Figura 8.4. Se puede observar en las gráficas una pequeña disminución en los índices de rasgado (Tear index) y de explosión (Burst index) cuando se aplicó fertilización.	141

CAPITULO I



LA SILVICULTURA: DEFINICIONES DE IMPORTANCIA

1.1. Definición de Silvicultura.

¿Qué se entiende por silvicultura?

- La ciencia y el arte del cultivo, mantención y desarrollo de los bosques.
- Tratamientos aplicados a los rodales forestales con el objetivo de mantener o aumentar su productividad, cumpliendo con los objetivos del propietario y sujeto a las restricciones legales, económicas y sociales imperantes.
- El propósito de la silvicultura es que los bosques produzcan la mayor cantidad posible de bienes y servicios útiles a la sociedad por generaciones tras generaciones de hombres y de árboles.

El término silvicultura (selvicultura) proviene del latín *silvae* – bosque y *cultura* – cultivo: Cultivo del bosque.

La práctica de la Silvicultura está afectada por factores:

- **Internos** (e.g. especie, sitio, etc.).
- **Externos** a los bosques (e.g. mercado, actitud del público, etc.), provocando que:

La silvicultura sea cada vez más compleja;



limitando el área de toma de decisiones independientes, exigiendo entonces:



Mayor *creatividad*.
Mejor *silvicultura*.

1.2. Clasificación de las prácticas silvícolas.

Las prácticas silvícolas se dividen en tres grandes grupos, que se definen a continuación (Smith, 1986).

- Métodos de regeneración:** medidas para asegurar la reproducción de un nuevo rodal.
- Sistemas Silviculturales:** incluye, además, las prácticas silvícolas a aplicar durante la rotación del nuevo rodal (e.g., poda, raleo, fertilización).
- Sistemas Regulatorios:** corta y reemplazo del bosque regulado por rendimiento sostenido.

La aplicación de la silvicultura esta asociada a una secuencia ordenada de actividades que se materializan en un régimen silvicultural.

Un **Régimen Silvicultural** consiste en la secuencia completa de actividades o tratamientos, planificados en un rodal durante una rotación. Pueden distinguirse al menos seis sub-regímenes (tratamientos), cada uno de los cuales definido por una Prescripción Silvicultural que forma parte de un plan coordinado, destinado a optimizar los objetivos de manejo de un bosque (Figura 1.1).

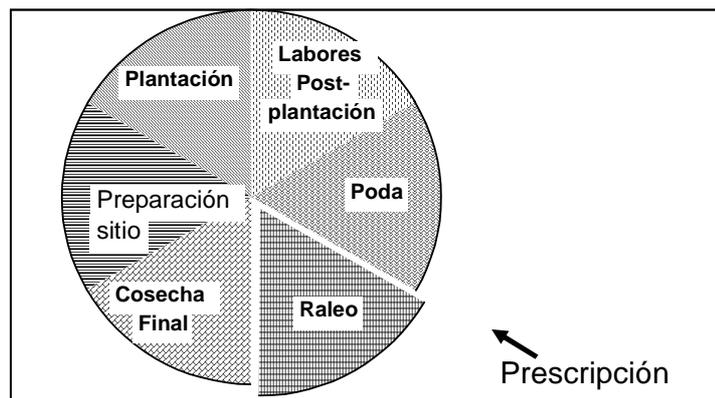


Figura 1.1. Representación de un régimen silvicultural.

Prescripción Silvícola se denomina al listado de instrucciones que determinan lo que debe hacerse y cómo debe ejecutarse. Por ejemplo, cuántos árboles raleo, qué clase de árboles extraer, qué método de raleo aplicar, etc. Su formulación está basada en factores edáficos, económicos y de manejo involucrados en un tratamiento dado y sometida a una revisión permanente debido a los "inputs" (entradas) externos e internos que se deben incorporar en el análisis del manejo de un área forestal. Será responsabilidad del forestal encargado de un área dada, monitorear los efectos de la Prescripción Silvícola y reportar sus observaciones; pequeñas variaciones en los resultados esperados implicarán un cambio táctico en la prescripción; si las diferencias son grandes, puede ser necesario una nueva prescripción; se requiere por tanto de un:



PROCESO PERMANENTE DE RETRO - ALIMENTACION

1.3. Conceptos Silviculturales Básicos.

Árbol: Planta leñosa perenne, típicamente grande y con un solo tallo bien definido y una copa más o menos definida. Según FAO (2001) los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 5 m.

Rodal: Corresponde a la vegetación contenida en una superficie dada de terreno, definida en función de la prescripción silvícola a efectuar (e.g. poda, raleo, etc.) y de la homogeneidad de factores tales como composición de especies, estructura, exposición, pendiente, sanidad u otros, cuya ponderación la determinará el propietario (o silvicultor). Corresponde, entonces, a la unidad de manejo, que es donde se hace la prescripción silvícola. Así:

- Desde un punto de vista ecológico: corresponde a una comunidad identificable de plantas.
- Desde un punto de vista de manejo: corresponde a los lugares donde las prescripciones silviculturales son implementadas.

Como unidades de manejo, los rodales deben ser (a) fácilmente localizables y reconocibles en terreno; (b) de un tamaño razonable (lo que dependerá de la composición del bosque (= “valor” de las especies), de los objetivos del propietario, de la topografía del terreno); (c) dispuestos de manera tal que las intervenciones practicadas en él (e.g. quema prescrita, tala rasa, aplicación herbicidas, fertilización química) no impacten negativamente a los rodales adyacentes.

Los rodales forestales no son unidades ecológicas “perfectas”, por lo general son establecidos por razones prácticas. Usualmente presentan una gran variación interior, dado por accidentes naturales (e.g. diferencias en calidad de sitio, factores topográficos, zonas ribereñas) o causados por el hombre (e.g. caminos, carreteras, tendidos eléctricos). Esta variación no debe ser ignorada en la prescripción, ya que puede afectar la respuesta del rodal a los tratamientos silviculturales. Así mismo, es también una importante tarea silvicultural visualizar cómo afectará a un rodal –y a los que lo rodean- la ausencia de tratamientos silvícolas.

Desde la perspectiva legal, en Chile, se trata de una agrupación de árboles que, ocupando una superficie de terrenos determinada, es suficientemente uniforme en especie, edad, calidad o estado, lo cual permite distinguirlo del arbolado contiguo (Reglamento del DL 701, 1974).

Bosque: Según FAO (2001) con este término se designa a la tierra con una cubierta de copa de más del 10 % de la zona y una superficie superior a 0,5 ha. Los bosques están determinados por la presencia de árboles y la ausencia de otros usos predominantes de la tierra. Se incluye en la categoría de bosque a

bosques naturales y plantaciones forestales; también a rodales jóvenes en los que todavía no se ha alcanzado una densidad de cubierta de copa del 10 % o una altura de los árboles de 5 m, pues se trata de zonas desarboladas temporalmente. El término incluye bosques utilizados con fines de producción, protección, conservación o usos múltiples (e.g. bosques que integran áreas protegidas, cortavientos y fajas protectoras de árboles con un ancho de más de 20 m). El término excluye específicamente plantaciones de árboles establecidos principalmente para la producción agrícola (e.g. plantaciones de árboles frutales y los árboles plantados en sistemas agroforestales).

Desde el punto de vista legal, en Chile, corresponde a un sitio poblado con formaciones vegetales en las que predominan árboles y que ocupa una superficie de por lo menos 5.000 m², con un ancho mínimo de 40 metros, con cobertura de copa arbórea que supere el 10 % de dicha superficie total en condiciones áridas y semiáridas y el 25 % en circunstancias más favorables (DL 701, 1974).

Bosque natural (o nativo): Bosque integrado por árboles autóctonos y que no está clasificado como plantación forestal.

La legislación forestal chilena define Bosque Nativo como el constituido naturalmente por especies autóctonas y que pueden presentarse formando tipos forestales.

Plantación forestal: Bosque establecido mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación, con especies introducidas o autóctonas.

Forestación: Establecimiento de plantaciones forestales en tierras que hasta ese momento no estaban clasificadas como bosque o que no hayan tenido cubierta forestal durante un largo periodo. Implica la transformación en bosque de tierras no forestadas. Desde el punto de vista legal, en Chile se define como la acción de poblar con especies arbóreas o arbustivas terrenos que carezcan de ellas, o que, estando cubiertas de dicha vegetación, ésta no sea susceptible de ser manejada, para constituir una masa arbórea o arbustiva con fines de preservación, protección o producción.

Reforestación: Establecimiento de plantaciones forestales en tierras desarboladas temporalmente que se consideran bosque. Desde el punto de vista legal, en Chile se define como la acción de repoblar con especies arbóreas o arbustivas, mediante siembra, plantación o manejo de la regeneración natural, un terreno que haya estado cubierto con bosque y que haya sido objeto de explotación extractiva con posterioridad al 28 de Octubre de 1974.

Deforestación: Transformación del bosque en otro uso de la tierra o reducción a largo plazo de la cubierta de copa por debajo del umbral mínimo de 10 %. Implica la pérdida duradera o permanente de la cubierta forestal y la transformación del bosque en tierras dedicadas a otros usos. Acción causada o mantenida por una perturbación continua de origen natural o antrópico (e.g. zonas destinadas a agricultura, establecimiento de pastizales, embalses o núcleos urbanos). No se aplica a aquellos lugares en los que se han extraído los árboles en el curso de actividades de aprovechamiento o explotación y en los que se confía en regenerar el bosque de forma natural o con ayuda de medidas silvícolas.

Ecosistema forestal: Un ecosistema forestal es un sistema con límites definidos (de acuerdo a los objetivos del estudio), compuesto por árboles, hierbas, animales y su ambiente físico, que interactúan en esos límites particulares.

Los rodales son ecosistemas forestales. Luego cuando se analiza un rodal para determinar si se intervendrá silvícolamente, se debe hacer bajo la perspectiva de un ecosistema (la comunidad de plantas y animales que interactúan con los componentes abióticos del medio), esto es, analizando los componentes del sistema tanto internos como externos al rodal.

Estructura de rodales: Se refiere a la disposición y organización espacial vertical y horizontal de los árboles. La vegetación se distribuye en distintos estratos o doseles, cada uno de los cuales está caracterizado por grupos distintos de plantas.

La estructura se representa usualmente por la distribución de los diámetros y por un perfil vertical de la vegetación, respectivamente. Constituye una herramienta descriptiva fundamental para evaluar las condiciones de crecimiento y desarrollo de un rodal. La estructura espacial de un rodal es también un importante factor para determinar el hábitat y la diversidad de especies. Por ejemplo, un incremento en la heterogeneidad de la estructura horizontal y vertical de un rodal está asociado a un mayor número de especies, originando rodales más estables ecológicamente.

Tolerancia a la sombra: La tolerancia de una especie, es decir, la capacidad de una planta para establecerse y crecer bajo condiciones limitantes de luminosidad (i.e. tolerante a la sombra) o la capacidad de una planta de fotosintetizar y fijar carbono a bajos niveles de luz, es también una importante característica silvicultural. La identificación de la tolerancia de una especie permite ajustar las prescripciones silviculturales y predecir su respuesta a los tratamientos que se apliquen. La tolerancia de una especie varía con la edad y dimensiones de una planta: las condiciones de sombra pueden favorecer el

establecimiento de una planta, pero a medida que crecen y se desarrollan, requieren más luz y espacio. En consecuencia, la tolerancia es “relativa”, existiendo una graduación (desde especies muy tolerantes a muy intolerantes) que depende de la especie y de su asociación con otras plantas.

Composición: Se refiere a la diversidad de especies que integran un rodal o una formación vegetal, expresada como proporción del número total de árboles, área basal o volumen de cada especie.

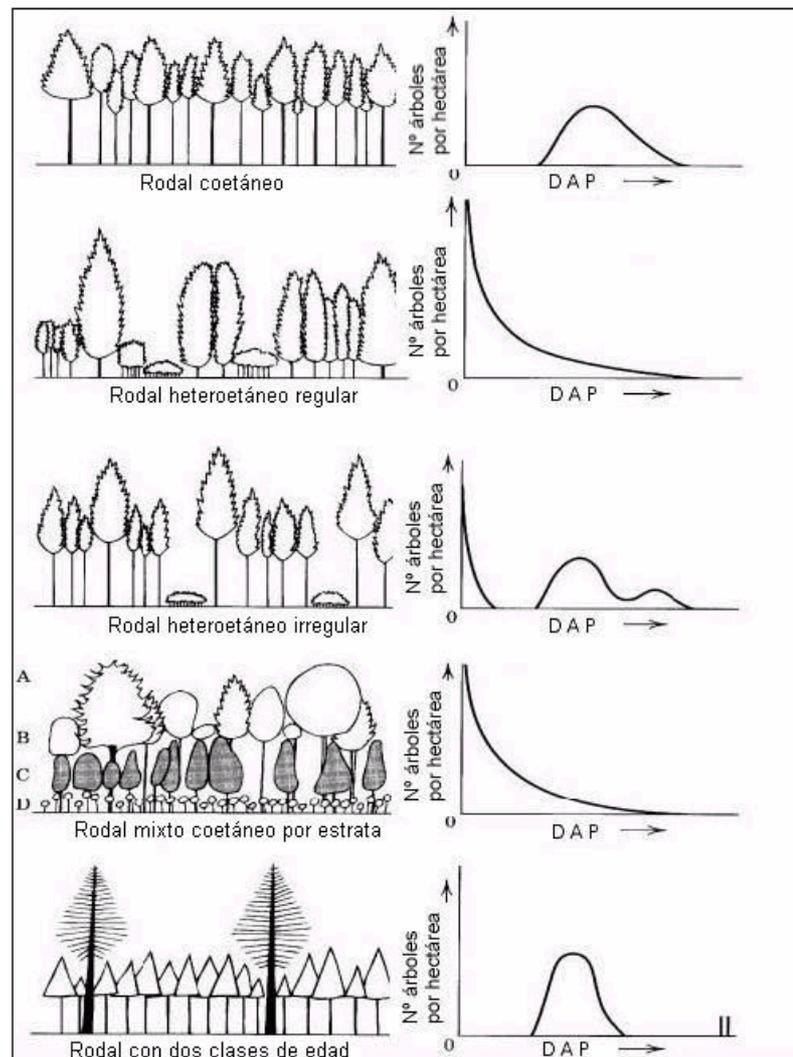


Figura 1.2. Representación de cinco diferentes estructuras de rodales, mostrando su distribución en un corte vertical y los correspondientes gráficos de distribución diamétrica en términos de número de árboles por hectárea. Los árboles de los tres primeros rodales son todas de la misma especie. El cuarto contiene varias especies, de igual (clase de) edad y el quinto de dos clases de edad (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

1.4. Cuestionario.

- ¿Qué similitudes o diferencias tienen un rodal y un bosque?
- ¿Cuáles son las características “deseables” de un rodal?
- ¿Qué dimensiones puede tener un rodal?
- ¿Qué importancia tiene para la silvicultura?
- ¿Un rodal, es un ecosistema forestal?
- ¿Qué entiende por estructura de un rodal?
- ¿Qué tipos de estructura reconoce?
- ¿Cómo caracteriza o representa la estructura de un rodal?
- ¿Qué importancia tiene para el silvicultor conocer la estructura de un rodal?
- ¿Qué entiende por “tolerancia” de una especie?
- ¿Qué características tiene una especie tolerante? ¿Una intolerante?
- ¿La tolerancia de una especie es una característica permanente?
- ¿Qué importancia tiene para el silvicultor conocer el grado de tolerancia de una especie?
- ¿Qué entiende por Silvicultura? ¿Cuál es el propósito fundamental de la Silvicultura?
- ¿Cuáles son los principales factores que afectan la práctica de la Silvicultura?
- ¿Cómo puede el silvicultor, en el ejercicio de su profesión, enfrentar las cada vez más fuertes restricciones legales y sociales?
- ¿Cuáles son los factores que afectan la “intensidad” y la “demanda” por Silvicultura?
- ¿La intervención del hombre mediante la aplicación de la Silvicultura, produce bosques de mejores condiciones que los naturales?
- ¿Qué prácticas silvícolas pueden incrementar la productividad de un bosque?
- ¿Cuáles son los factores del sitio que el silvicultor puede manejar?
- ¿De qué factores depende el potencial para incrementar la capacidad de un sitio forestal?
- ¿El potencial para incrementar el rendimiento de un bosque situado en regiones boreales (e.g. Alaska) es mayor o menor al de uno localizado en regiones templadas (e.g. Chile)?
- ¿Qué se entiende por desarrollo forestal sustentable?
- ¿Qué es una prescripción silvícola?
- ¿Qué factores se deben considerar en la formulación de una prescripción silvícola?
- ¿Por qué es necesario monitorear y reportar los efectos de una prescripción dada?

CAPITULO II



EL RECURSO FORESTAL MUNDIAL

2.1. Existencia de bosques en el mundo.

Un resumen de los recursos forestales del mundo y de Chile, de su capacidad productiva y de las demandas proyectadas, ayudará a visualizar la necesidad de Silvicultura y la demanda del conocimiento para el desarrollo de las prácticas silvícolas.

En la Tabla 2.1. se presentan las superficies forestales por continente, tanto para bosques naturales como para plantaciones.

Tabla 2.1. Superficie forestal por región (millones de ha).

Región	Bosques naturales	Plantaciones forestales	Total	% de los bosques del mundo	Plantaciones en porcentaje de los bosques totales de la región	Porcentaje de la superficie total de plantaciones
África	642	8	650	17	1	4
Asia	432	116	548	14	21	62
Europa	1.007	32	1.039	27	3	17
América del Norte y Central	532	18	550	14	3	9
Oceanía	194	3	197	5	2	2
América del Sur	875	10	885	23	1	6
Total mundial	3.682	187	3.869	100	5	100

(Fuente: FAO, 2001).

La Figura 2.1. presenta la distribución forestal de acuerdo a zonas ecológicas. Los bosques tropicales constituyen la formación boscosa más abundante en el mundo.

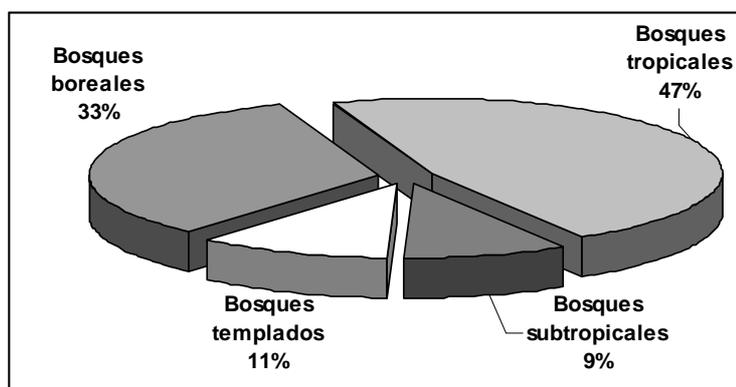


Figura 2.1. Distribución de los bosques por zonas ecológicas, 2000 (Fuente: FAO, 2001).

Tabla 2.2. Composición de los de bosques del mundo.

Región	Coníferas (%)	Latifoliadas (%)
Países desarrollados	69	31
Países en desarrollo	5	95

(Fuente: FAO, 1991). **ACTUALIZAR**

De la superficie total de bosques en el mundo, más del 50 % se concentra en cinco países (Figura 2.2).

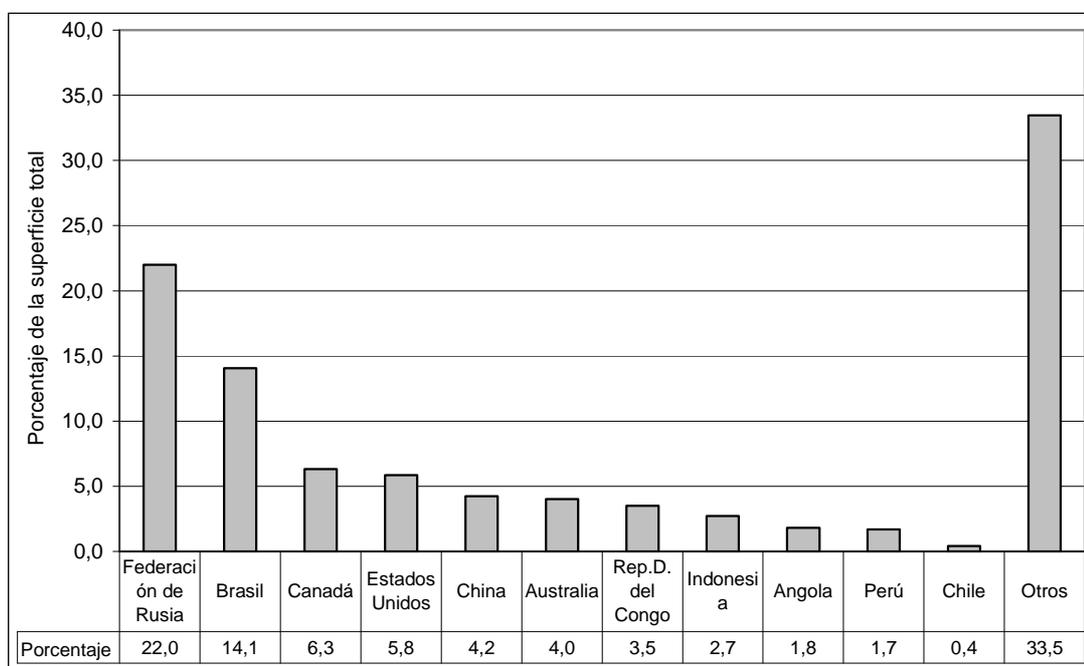


Figura 2.2: Diez países con el mayor porcentaje de los bosques del mundo, al año 2000 (se incluye Chile como referencia) (Fuente: Adaptado de FAO, 2001).

Como se puede observar en la Figura 2.2, Chile presenta una mínima parte de la superficie de bosques en el mundo. En Sudamérica, es uno de los países que presenta una menor superficie de bosques (Tabla 2.3), con sólo el 1,8% del total.

Tabla 2.3. Los recursos forestales en América del Sur al año 2000.

País	Total de bosques (millones ha)	Porcentaje de la superficie terrestre (%)	Superficie de plantaciones (millones ha)
Argentina	34,6	12,7	0,93
Bolivia	53,1	48,9	0,05
Brasil	543,9	64,3	4,98
Chile	15,5	20,7	2,02
Colombia	49,6	47,8	0,14
Ecuador	10,6	38,1	0,17
Guayana Francesa	7,9	89,9	0
Guyana	16,9	78,5	0,01
Paraguay	23,4	58,8	0,03
Perú	65,2	50,9	0,64
Surinam	14,1	90,5	0,01
Uruguay	1,3	7,4	0,62
Venezuela	49,5	56,1	0,86
Total América del Sur	885,6	50,5	10,46

(Fuente: FAO, 2001).

En cuanto a la superficie cubierta con plantaciones en el mundo, cinco países concentran sobre el 63 % de ellas. Chile tiene una participación de un 1,1% del total. (Fig. 2.3).

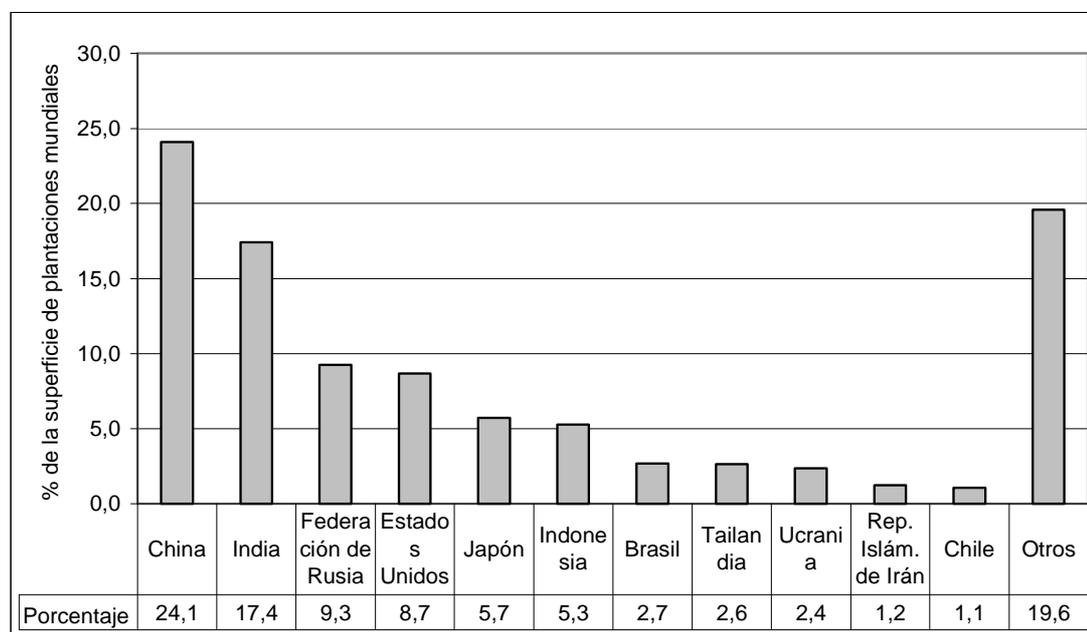


Figura 2.3. Los diez países con mayor proporción de las plantaciones forestales del mundo, al año 2000 (se incluye Chile como referencia) (Fuente: Adaptado de FAO, 2001).

Si bien en el contexto mundial Chile tiene una reducida proporción de las plantaciones forestales, la situación es distinta a nivel del continente Sudamericano, donde ocupa el segundo lugar entre catorce países (Tabla 2.3), con un 19,3 %, sólo por debajo de Brasil.

Durante el último decenio se produjo una disminución de la superficie forestal, tanto en zonas tropicales como no tropicales. La Tabla 2.5 presenta la variación media anual de la superficie forestal. Señala que durante ese decenio se mantuvo elevada la tasa de transformación de bosques en otros usos de la tierra. Según esto, se perdieron anualmente 16.1 millones de hectáreas de bosques naturales en el mundo. Junto a esta pérdida anual bruta, se registró un aumento de 3.6 millones de ha como resultado de la expansión natural del bosque, lo que dio como resultado una variación anual negativa de 12.5 millones de ha. En gran parte, el incremento de la superficie del bosque natural fue consecuencia de la sucesión forestal en tierras de cultivo abandonadas.

Tabla 2.4. Variación anual de la superficie forestal periodo 1990-2000 (millones de ha/año).

Zona forestal	Bosques naturales					Plantaciones forestales			Total de bosques
	Pérdida			Aumento	Variación neta	Pérdida		Variación neta	Variación neta
	Deforestación	Transformación en plantaciones forestales	Pérdida total	Expansión natural del bosque		Transformación del bosque natural	Forestación		
Zonas tropicales	-14,2	-1,0	-15,2	+1,0	-14,2	+1,0	+0,9	+1,9	-12,3
Otras zonas	-0,4	-0,5	-0,9	+2,6	+1,7	+0,5	+0,7	+1,2	+2,9
Todo el mundo	-14,6	-1,5	-16,1	+3,6	-12,5	+1,5	+1,6	+3,1	-9,4

(Fuente: FAO, 2001).

Tabla 2.5. Causas de la disminución de bosques naturales en el periodo 1990-2000 (millones de ha/año).

Causas	Zonas tropicales	Zonas NO tropicales
Superficie de bosque natural destinada a otros usos	14,2	0,4
Superficie de bosque natural transformada en plantaciones forestales	1,0	0,5
Totales	15,2	0,9

(Fuente: FAO, 2001).

2.2. Demanda mundial de superficie forestal.

¿Hay suficientes bosques para cubrir las necesidades de la población mundial?

Para responder a esta interrogante, es necesario relacionar algunos antecedentes relevantes. Así por ejemplo, la población mundial ha sufrido un fuerte incremento en sus tasas de crecimiento desde mediados del siglo pasado, y se prevé que el incremento en la primera mitad de este siglo será aún mayor. Por otro lado, para los mismos periodos se ha incrementado fuertemente la tasa de deforestación (Figura 2.4).

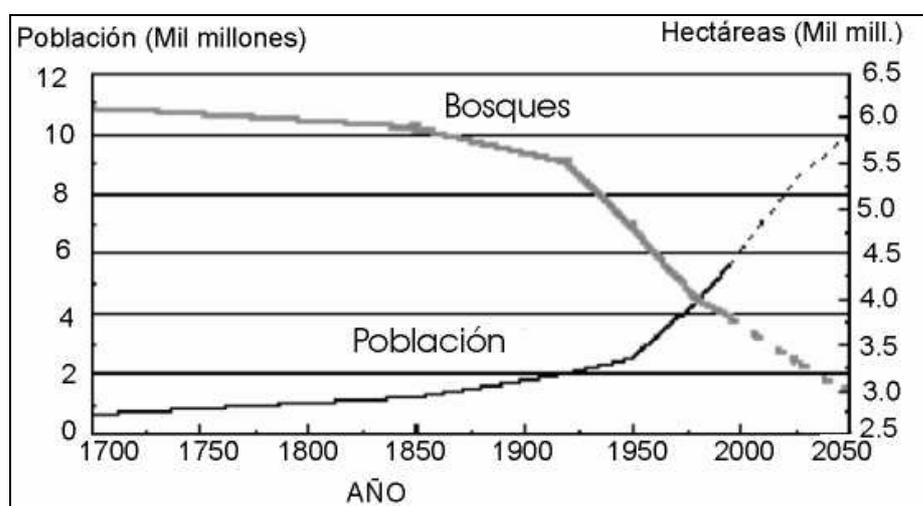


Figura 2.4. Incremento de la población mundial y disminución de los bosques (Fuente: Boyle *et al.*, 1999).

Tabla 2.6. Situación actual y futura de demanda de madera (millones m³) en países desarrollados y en desarrollo, años 1987, 2000 y 2025. Cuadro por continente y tipo de producto.

Producto	Países en desarrollo			Países desarrollados			Total mundial		
	1987	2000	2025	1987	2000	2025	1987	2000	2025
Leña, postes y construcción.	2350	2800	3660	300	320	340	2650	3120	4000
Uso industrial	429	530	780	1271	1480	1820	1700	2010	3100
Total	2779	3330	4440	1571	1800	2160	4350	5130	6600
Población (millones)	5027			6193			8491		

(Fuente: Dykstra y Kallio, 1987, citados por Sharma *et al.*, 1992).

Según Nilsson (1996), todo indica que **no existe** una oferta de bosques en el mundo capaz de suplir las demandas actuales y futuras debido a:

- Escasez de madera rolliza industrial (alrededor año 2010).
- Dramática escasez de carbón y leña.
- Incertidumbre respecto a oferta de madera rolliza.
- Continuo incremento de la deforestación y degradación de bosques en los trópicos.
- Seguirá dramático cambio en el uso de la tierra.
- Continuará demanda de otros bienes no madereros del bosque.
- La degradación de la tierra continuará.
- Incremento en la producción de los bosques mejorará el medio ambiente global.
- Falta de antecedentes, conocimiento y visión consistente de la situación mundial y local.

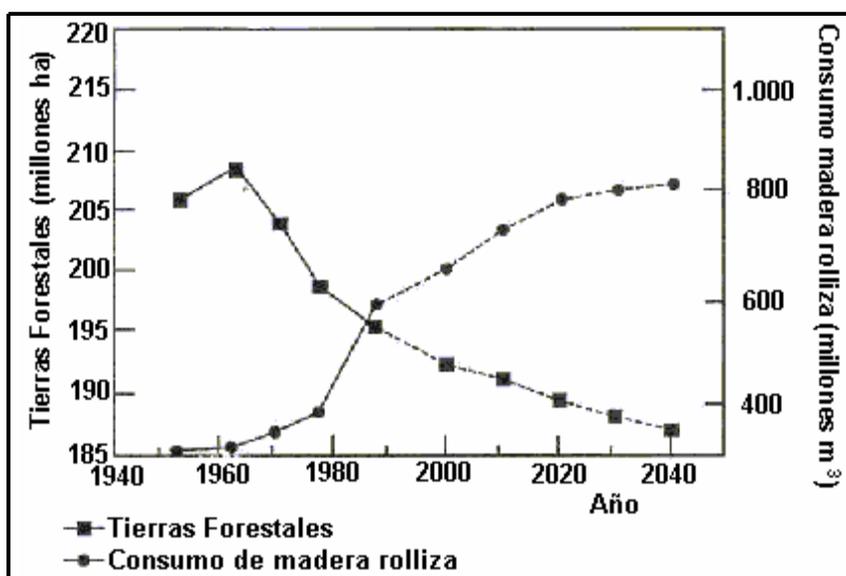


Figura 2.5. Disminución estimada en tierras forestales en estados Unidos e incremento esperado en el consumo de madera rolliza. (Fuente: Boyle *et al.*, 1999).

Sutton (1999) estima que a mediados del presente siglo existirá una demanda por madera de seis mil millones de m³ por año. Esto es, 2.500 millones más que lo cosechado a mediados de los noventa. Basa sus estimaciones en que el supuesto de que la población mundial, para entonces se estabilizaría en diez mil millones de habitantes y en que el consumo de madera per cápita no disminuiría. De hecho, este último lo asemeja al consumo a mediados de los noventa (0.6 m³ por persona al año), el cual a su vez es menor al consumo de las dos décadas anteriores (0.65 m³ persona-año) y menor a un tercio del consumo de países desarrollados.

Tabla 2.7. Evolución de la producción de madera industrial mundial, 1977-1992.

Región	Producción (1.000 m3)		Cambio proporcional
	1977	1992	
Total mundial	1.381.203	1.603.376	1,16
Sudamérica	56.894	116.669	2,05
<i>Brasil</i>	37.319	77.714	2,08
Chile	6.022	17.774	2,95
<i>Uruguay</i>	347	1.043	3,01
<i>Argentina</i>	4.029	7.577	1,88
Europa	262.973	278.451	1,06
<i>Sweden</i>	44.260	49.150	1,11
<i>Finlandia</i>	28.900	35.745	1,24
<i>España</i>	10.596	15.112	1,43
<i>Portugal</i>	7.420	10.309	1,39
Oceanía			
<i>Nueva Zelanda</i>	9.492	14.992	1,58
África			
<i>Sudáfrica</i>	9.181	12.601	1,37
Norteamérica	476.002	592.900	1,25
<i>Estados Unidos</i>	320.441	402.500	1,26
<i>Canadá</i>	143.365	179.215	1,25

(Fuente: Boyle *et al.*, 1999).**Tabla 2.8.** Información comparativa para población, área forestal y comercio en productos de madera por región al año 2000.

Región	Población (millones)	Superficie forestal (millones ha)	Exportación de productos de madera (billones US\$)	Importación de productos de madera (billones US\$)	Comercio Neto ^a (billones US\$)
Total mundial	5.978	3.869	144,7	152,3	
Norte América	307	471	46,4	30,2	16,2
Europa	582	179	65,8	67,8	-2,0
Ex- URSS	291	891	5,3	1,3	4,0
Asia Oriental	1.447	194	7,5	32,1	-24,6
Asia-Pacífico	2.073	520	10,9	10,9	0
África	767	650	2,5	2,9	-0,4
Latino América	511	964	6,3	7,1	-0,8

(Fuente FAO 2001).

^a Un signo menos indica importaciones netas. Sin signo menos señala exportaciones netas.

2.3. Áreas de plantaciones forestales a nivel mundial - Géneros con mayor superficie plantada en el mundo.

La Tabla 2.9 presenta las tasas anuales de plantación y superficie de plantaciones por región y grupos de especies.

Tabla 2.9. Tasas anuales de plantación y superficie de plantaciones por región y grupo de especies.

Región	África	Asia	Europa	América del Norte y Centro América	Oceanía	América del Sur	Total Mundial
Área Total (miles ha)	8.036	115.847	32.015	17.533	3.201	10.455	187.086
Tasa Anual (miles ha/año)	194	3.500	5	234	50	509	4.493
Área de plantaciones por grupos de especies (miles ha)	<i>Acacia</i>	345	7.964	--	--	8	8.317
	<i>Eucalyptus</i>	1.799	10.994	--	198	33	17.860
	<i>Hevea</i>	573	9.058	--	52	20	9.885
	<i>Tectona</i>	207	5.409	--	76	7	5.716
	Otras latifoliadas	902	31.556	15	383	101	33.556
	<i>Pinus</i>	1.648	15.532	--	15.440	73	37.391
	Otras coníferas	578	19.968	--	88	10	20.743
No especificado	1.985	15.365	32.000	1.297	2.948	23	53.618

(Fuente FAO, 2002).

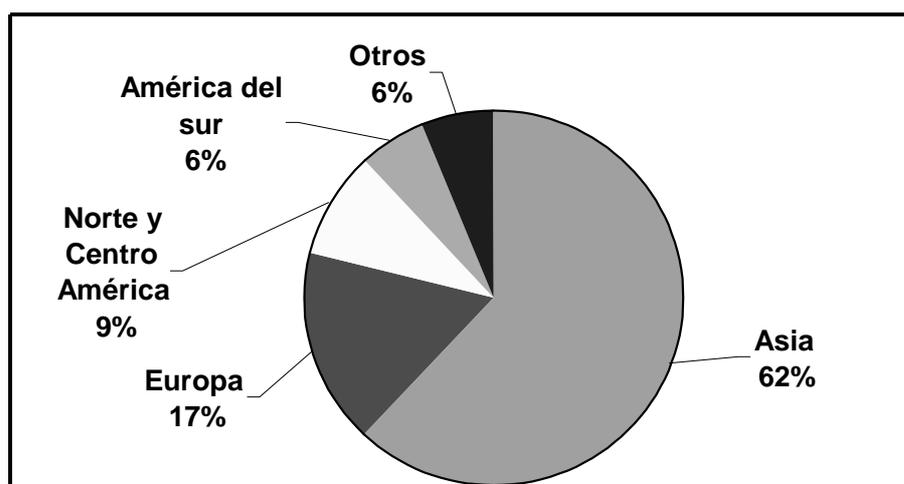


Figura 2.5. Distribución del área de plantaciones forestales por región (Fuente FAO, 2002).

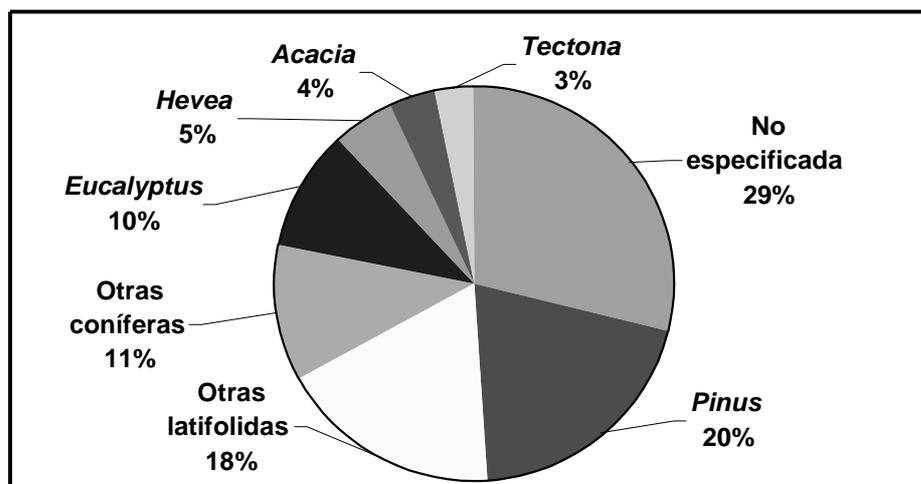


Figura 2.6. Distribución del área de plantaciones por género (Fuente FAO, 2002).

2.4. Superficie de *Pinus radiata* en el mundo.

Pinus radiata ha sido establecido en diversos lugares del mundo. El área plantada al año 1997 bordeaba los 4 millones de hectáreas, con participación principalmente de dos países: Chile y Nueva Zelanda (Figura 2.7).

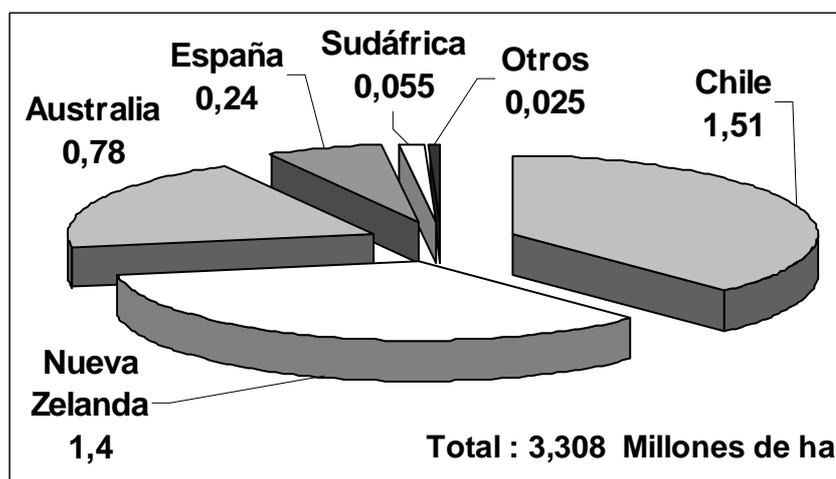


Figura 2.7. Distribución de *Pinus radiata* por país en millones de hectáreas (Fuente: Sutton, 1998).

2.5. Superficie de Eucalipto en el mundo.

El género *Eucalyptus* es el más plantado en el mundo, debido a sus numerosas especies, su capacidad para adaptarse a diferentes sitios y la posibilidad de producir madera para distintos usos.

Existen antecedentes diversos respecto a la superficie de Eucaliptos existente en el mundo, las cuales están referidas a diferentes años de estimación. Boyle *et al.* (1999) señala que en Brasil, se estima existen 3 millones de ha plantadas, fundamentalmente con *E. grandis*. India se ubica en segundo lugar con 550 mil ha, principalmente de *E. Tereticornis*. En 1973, se estimó que España tenía 390 mil ha, principalmente de *E. globulus* y *E. camaldulensis*, mientras que Portugal tenía 300 mil ha de *E. globulus* en 1983. Ambos países incrementaron significativamente sus plantaciones de eucalipto durante la década de los ochenta. En 1989, Sudáfrica tenía alrededor de 470 mil ha, principalmente de *E. grandis*, en tanto que Angola poseía 390 mil ha, principalmente de *E. tereticornis*. China ha expandido rápidamente sus plantaciones de eucalipto, superando las 400 mil ha en 1982, principalmente *E. citriodora*, *E. exserta* y *E. globulus*. En Etiopía se ha estimado que hay sobre 250 mil ha de *E. globulus* y *E. gamaldulensis*. En 1981 Uruguay tenía 110 mil ha de *E. globulus*. Argentina tenía en 1985 alrededor de 240 mil ha, principalmente de *E. grandis*. A 1988, se estimaba que otras 100 naciones tenían plantaciones de eucalipto de menores tamaños (Boyle *et al.*, 1999)

La superficie estimada al año 1995 superaba las 10.4 millones de hectáreas, distribuidas principalmente en Brasil e India.

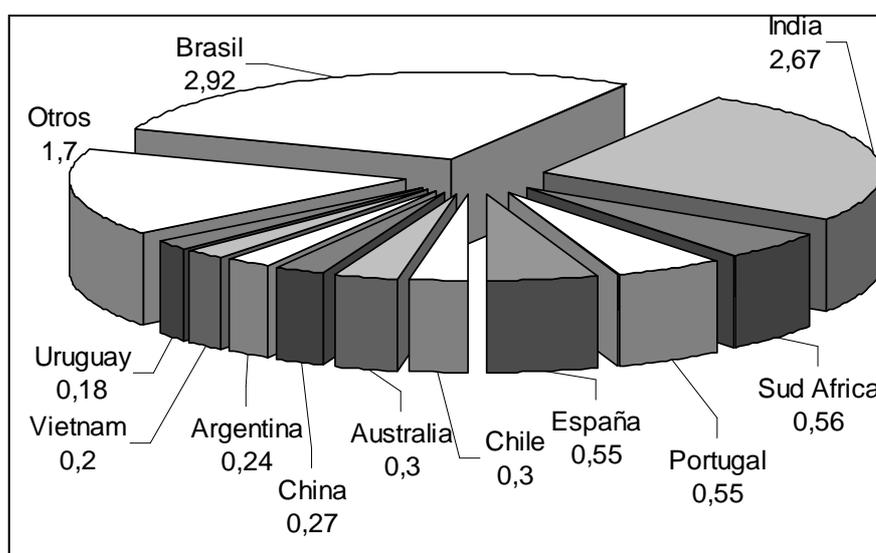


Figura 2.8. Plantaciones del género *Eucalyptus*, por país en millones de hectáreas – 1995 (Fuente: <http://.rautewood.com>).

De acuerdo con las estadísticas del Instituto Forestal, a fines del año 2000 Chile poseía 358.616 hectáreas de *Eucalyptus spp*, concentradas principalmente en la Región del Bío Bío (INFOR, 2001).

De acuerdo con estadísticas FAO (2002), las plantaciones del género *Eucalyptus* al año 2000 en el mundo, se acercan a los 10 millones de hectáreas.

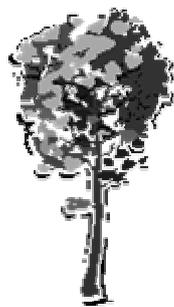
Tabla 2.10. Países con las mayores superficies de plantación de *Eucalyptus*.

País	Superficie (miles ha)
India	8.005
Brasil	2.964
China	1.334
Sud África	606
Uruguay	498
Perú	480
Vietnam	452
Tailandia	443
Chile	343
Argentina	278
Otros	2.457
Total	17.860

(Fuente: Adaptado de FAO, 2002).

Los países identificados en la tabla precedente acumulan alrededor del 86 % de las plantaciones mundiales del género *Eucalyptus*. Además de ellos, otros 9 países cuentan con plantaciones en un rango de 100.000 a 300.000 ha y otros 47 en un rango de 1.000 a 100.000 ha.

CAPITULO III



CRECIMIENTO Y FORMA DE LOS ÁRBOLES

Crecimiento de árboles y de rodales.

Las tasas de crecimiento alcanzado por un rodal están determinadas principalmente por dos factores: la capacidad productiva inherente al sitio y la cantidad y composición de la vegetación creciendo en él (Cluter *et al.*, 1983).

- **Qué es crecimiento:** cambio (irreversible) en tamaño o peso.
- **Como se expresa:** kg/ha/año; t/ha/año; m³/ha/año

Cambios en las dimensiones de los árboles y rodales:

1. Crecimiento en **Diámetro:**

- predice cambios en tamaño, valor, densidad.

2. Crecimiento en **Altura** (o altura a una edad dada IS):

- indicador del rendimiento potencial o productividad de un sitio
- indicador del estatus competitivo de una especie (especies con rápido crecimiento en altura tendrán ventajas sobre especies con menor tasa de crecimiento).

3. Crecimiento en **Área basal:**

- mide densidad rodal.
- estrecha relación con crecimiento en volumen (altos valores de área basal implica altos valores de volumen).

4. Crecimiento en **Volumen** (bruto y neto):

- medida del rendimiento (y potencial básico) del sitio.
- incorpora cambios en crecimiento en altura, diámetro y/o área basal y forma del árbol.
- buena medida del vigor total de un rodal.

5. Crecimiento en **Biomasa:**

- peso seco total de los árboles o de toda la vegetación del rodal.
- la mejor medida de lo que un sitio puede (potencialmente) producir (valores no siempre disponibles para el usuario).
- el volumen cúbico está altamente relacionado con la biomasa.

El **crecimiento anual de los árboles**, puede visualizarse mediante:

- Elongación del tallo y raíz (incremento en altura).
- Engrosamiento del tallo y raíz (incremento en diámetro).

3.1. Crecimiento en altura.

El crecimiento anual en altura se caracteriza por:

- Crecimiento inicial lento
- Crecimiento máximo

El patrón o modelo de crecimiento estacional (o anual) en altura es muy similar al modelo de crecimiento en función de la edad (Figura 3.1).

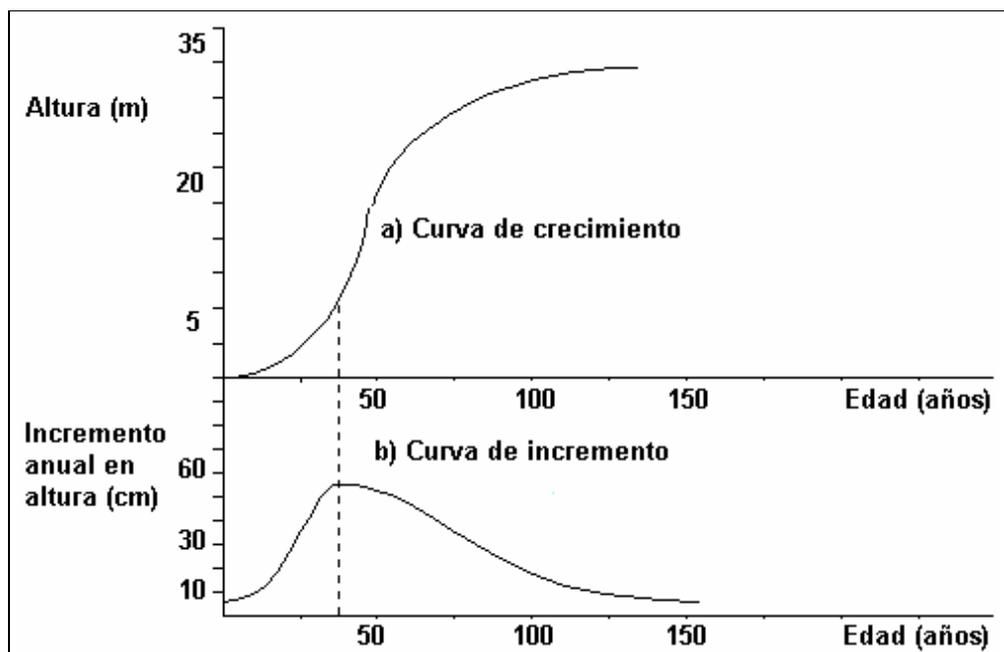


Figura 3.1. Curvas de crecimiento (a) e incremento (b) en altura de una *Picea* (Fuente: Assmann, 1970).

En la curva de incremento se distinguen dos clases de puntos: de inflexión y de culminación. Los puntos de inflexión marcan distintas fases de crecimiento:

- Fase de crecimiento juvenil.
- Fase de pleno vigor o plena fuerza.
- Fase de envejecimiento.

3.1.1. Factores que afectan el crecimiento en altura.

El crecimiento en altura de un árbol está determinado por tres factores relevantes: la especie, el sitio y la competencia.

a) Características o tolerancia de la especie:

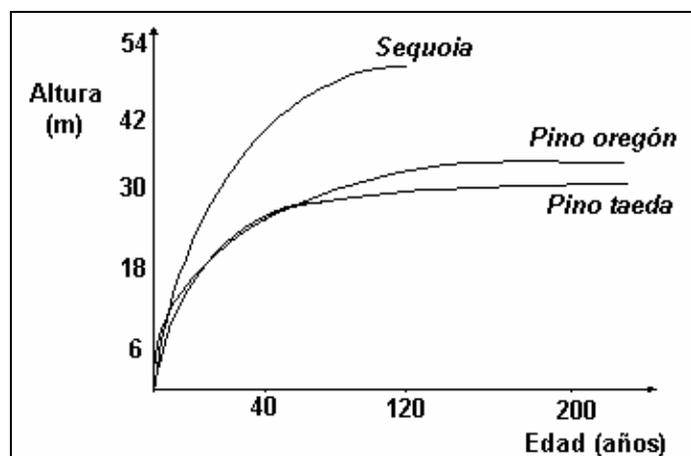
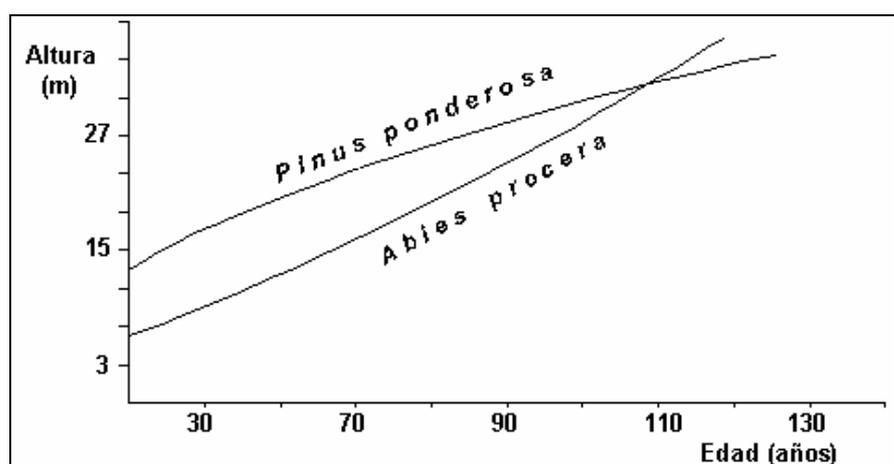
- Especies tolerantes.
- Especies intolerantes.

Tabla 3.1. Crecimiento en altura de diferentes especies en el mismo sitio.

Especie	Culminación Incremento en Altura		
	Edad (años)	Valor Máximo (m)	Altura final (m)
<i>P. sylvestris</i> (intolerante)	7 (5-15)*	0,54	~ 23
<i>Picea abies</i> (semitolerante)	20 (8-32)*	0,58	~ 28
<i>Fagus sp.</i> (tolerante)	23 (8-45)*	0,41	~ 26,5
<i>Abies amabilis</i> (tolerante)	33 (10-50)*	0,40	~ 24,3

(Fuente: Assmann, 1970).

(*): corresponde al período de "plena fuerza".

**Figura 3.2.** Patrón de crecimiento en altura de tres especies de coníferas de América del Norte (Fuente: Daniel *et al.*, 1982).**Figura 3.3.** Crecimiento en altura de *Pinus ponderosa* (IS 100, sp. intolerante) y *Abies procera* (IS 50, sp. tolerancia media) (Fuente: Daniel *et al.*, 1982).

b) Calidad de sitio:

- Sitios buenos.
- Sitios pobres.

En sitios pobres no sólo se alcanzarán alturas totales menores para una misma especie, sino que sus incrementos anuales también serán menores, alcanzando el punto de culminación del crecimiento en altura a una mayor edad (Figura 3.4).

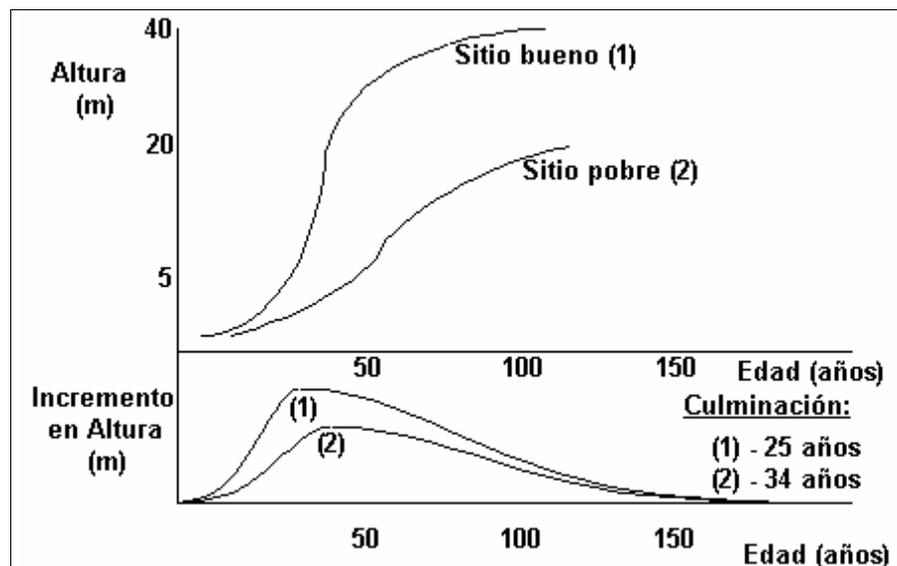


Figura 3.4. Crecimiento en altura de dos *Piceas* en sitios de diferente calidad (Fuente: Assmann, 1970).

c) Competencia (densidad):

La densidad de un rodal es uno de los factores principales que determinan las tasas de crecimiento grupales e individuales.

- Edad de culminación del incremento en altura.
- Bajas densidades.
- Altas densidades.
- Influencia de los raleos.
- Espaciamientos iniciales altos.
- Altura superior.

La Figura 3.5 presenta la tasa de crecimiento volumétrico anual neto como respuesta a la densidad en un rodal coetáneo.

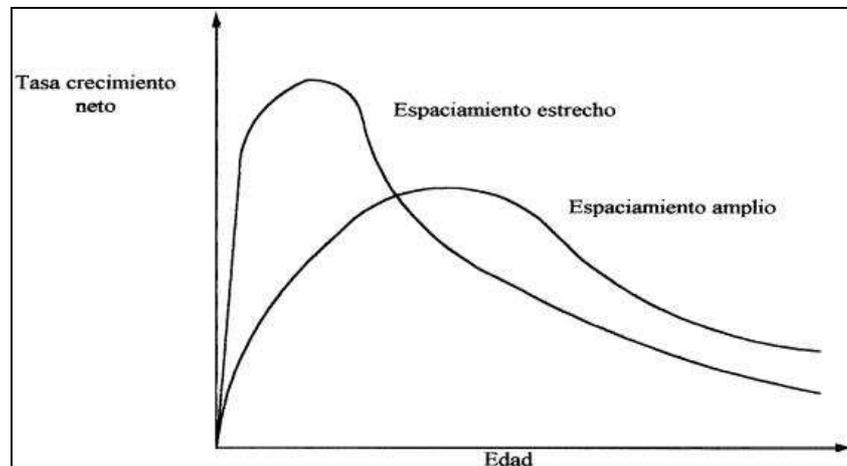


Figura 3.5. Efecto de la densidad del rodal en la tasa de crecimiento neto observado en estudio de espaciamiento en rodales coetáneos (Fuente: Clutter *et al.*, 1983).

La Figura 3.6 presenta la respuesta en la producción volumétrica neta acumulada, como respuesta a la densidad.

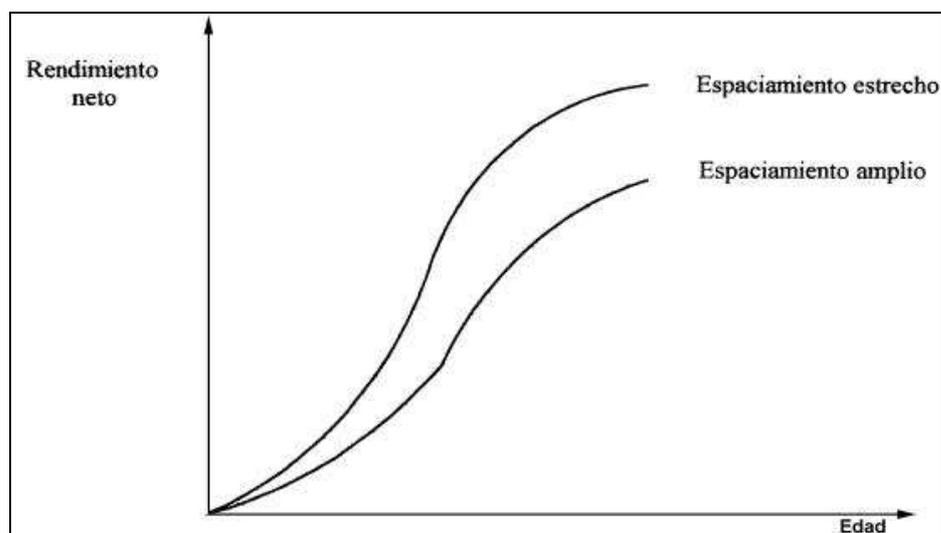


Figura 3.6. Efecto de la densidad de rodal en la tasa de rendimiento neto observado en estudio de espaciamiento en rodales coetáneos (Fuente: Clutter *et al.*, 1983).

Tabla 3.2. Altura media y altura superior en rodales de *Picea abies*

Altura media (m)	Altura superior (m)	Altura media – Altura superior	
		Absoluta (m)	(%)
8	10,6	2,6	33
12	14,5	2,5	21
16	18,3	2,3	15
20	22,2	2,2	11
24	26,1	2,1	9
28	30,0	2,0	7
32	33,9	1,9	6
36	37,8	1,8	5

(Fuente: Assmann, 1970).

Se desprende de la tabla anterior que, en la medida que se incrementa la altura media de un rodal, se produce una menor variación entre la altura superior del rodal y su altura media.

3.2. Crecimiento en diámetro y área basal.

El crecimiento radial, ya sea en diámetro o en área basal, es análogo al crecimiento en altura (Figura 3.7).

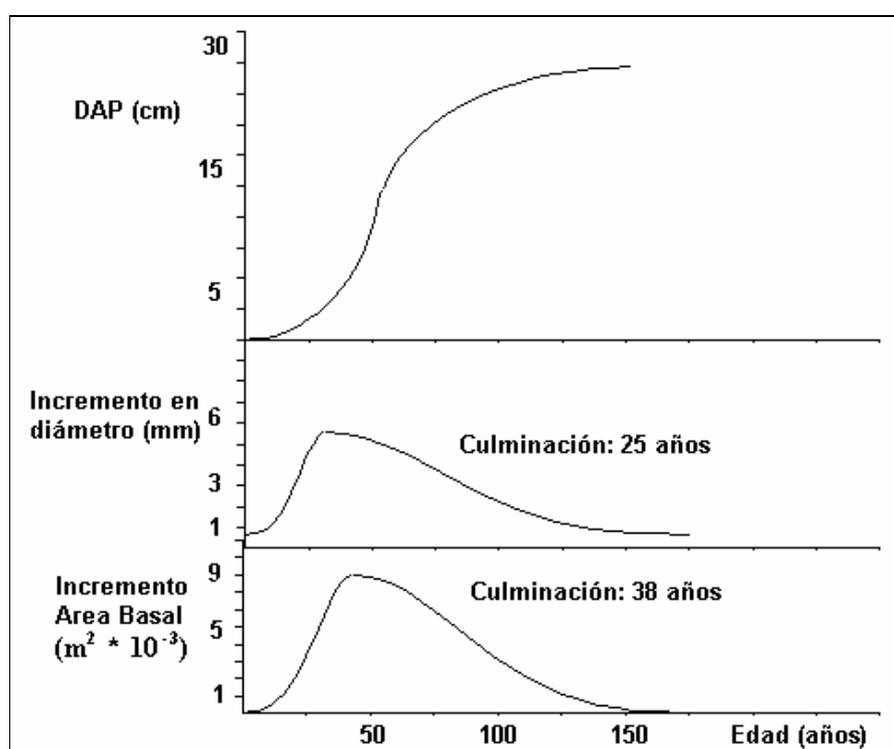


Figura 3.7. Curvas de crecimiento en diámetro, incremento en diámetro y en área basal de una *Picea* (Fuente: Assmann, 1970).

El crecimiento en área basal culmina más tarde que en diámetro (Figura 3.8).

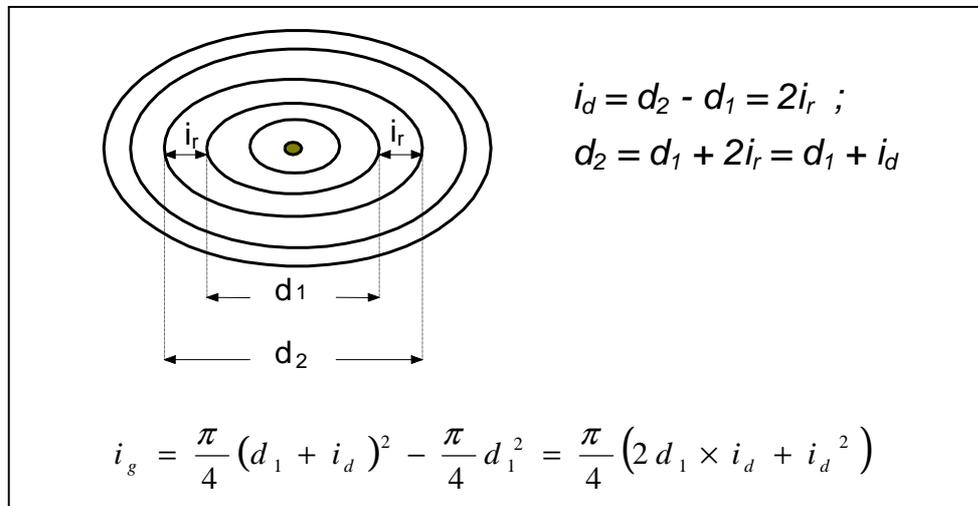


Figura 3.8. Representación esquemática del incremento radial e incremento en diámetro (Fuente: Assmann, 1970).

3.2.1. Factores que afectan el crecimiento en diámetro.

a) Características de la especie.

A igualdad de sitio, existen distintos comportamientos en el crecimiento radial entre especies intolerantes y tolerantes (Figura 3.9).

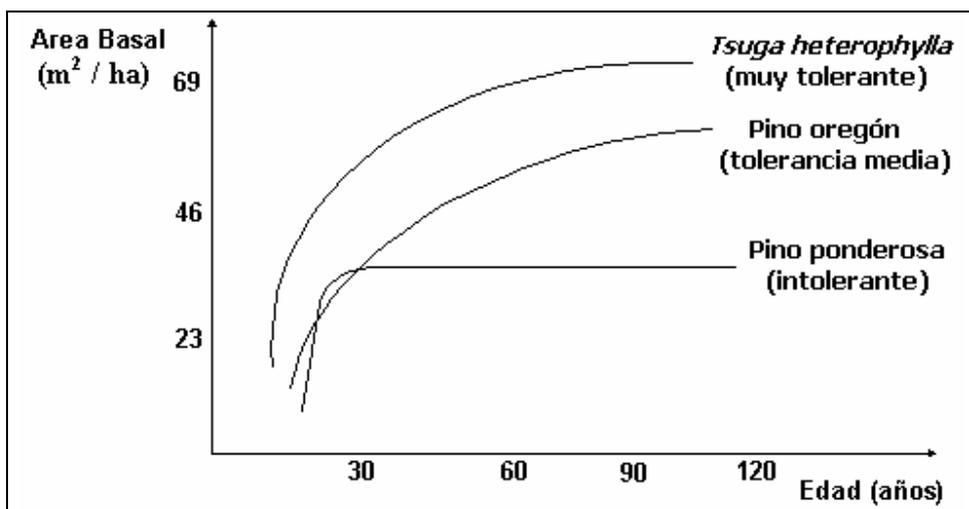


Figura 3.9. Crecimiento en área basal de especies con distinto grado de tolerancia a la sombra (Fuente: Daniel *et al.* 1982).

b) Calidad del sitio.

El desarrollo de un rodal es un proceso dinámico, en el cual la densidad decrece y los diámetros y alturas de los árboles se incrementan. Los factores del sitio, lo mismo que la competencia y la composición del rodal, determinan las tasas de variación de estos parámetros (Figura 3.10).

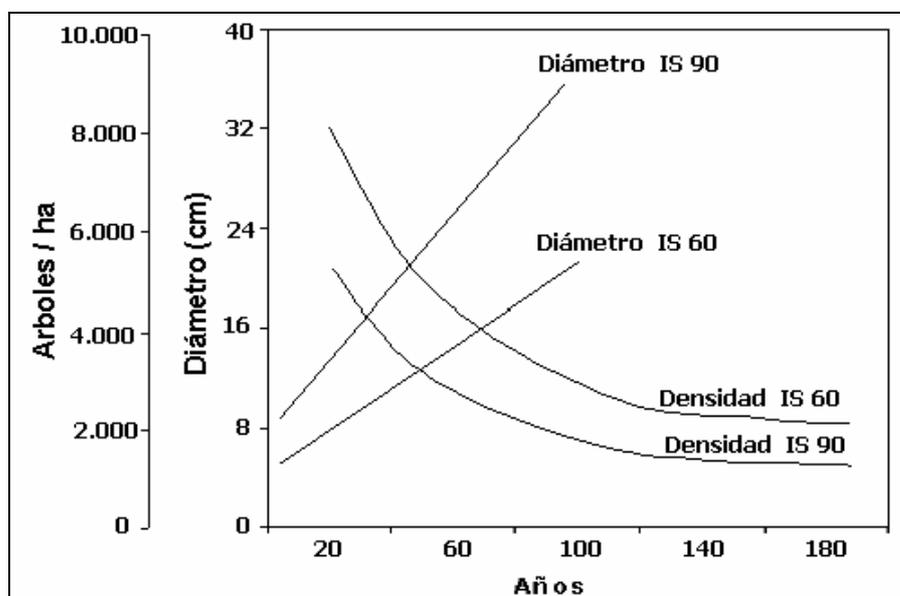


Figura 3.10. Relación diámetro, densidad de rodal con la edad en dos rodales de *Picea* con distintos IS en Alaska (Zasada *et al.*, 1977).

c) Competencia (densidad, espaciamiento).

En la medida que se reduce la densidad se obtienen diámetros de fuste y ramas mayores, similarmente ocurre con los porcentajes de copa viva; en tanto que la mortalidad se reduce, tal como se puede observar en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Influencia de la densidad en el crecimiento de *Pinus radiata*, en Kaingaroa, Nueva Zelanda

Árboles/ha (nº)	DAP (cm)		Altura (m)	Mortalidad (%)	Copa verde (%)	Diámetro rama (*) (cm)	
	Edad 0	Edad 7	Edad 5	Edad 15	Edad 7	Edad 7	
500		16,4	31.5	4.7	2	94	3.8
1000		14,4	26.0	4.8	7	91	3.4
2000		12,3	20.5	5.0	18	86	2.8
4000		10,2	16.0	5.2	35	75	2.3
6000		9,0	14.0	5.3	45	64	2.0
8000		8,2	13.0	5.3	51	54	1.8
10000		7,5	12.3	5.4	55	54	1.6

Fuente: Mead, 1992.

(*): Diámetro máximo de ramas (cm) medido entre 0-6 m de altura del árbol.

En el efecto general del espaciamiento en el diámetro medio de un rodal, es ilustrado en la Figura 3.11. En ella no se observan diferencias en los primeros años de desarrollo, sin embargo, en la medida que los árboles van copando el sitio (entran en competencia), va reduciéndose el DAP medio, primeramente en aquellos rodales más densos, pues en ellos se inicia antes la competencia.

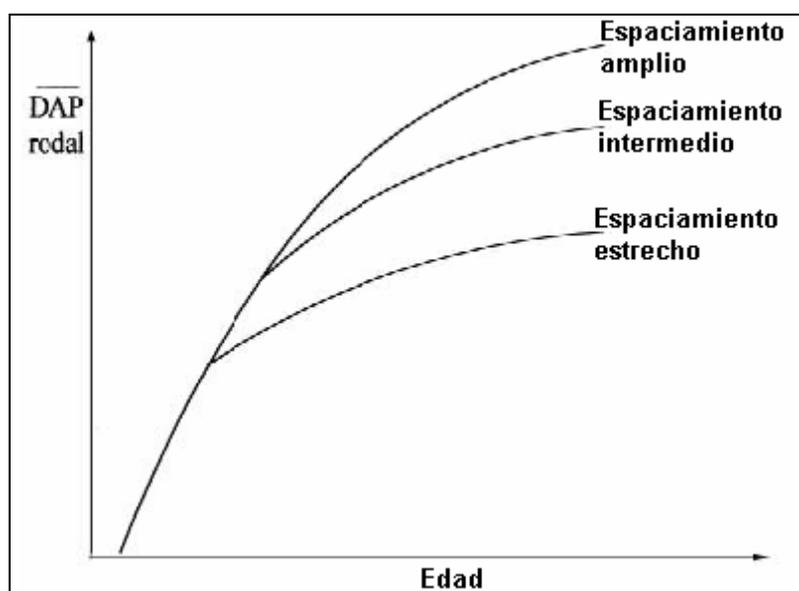


Figura 3.11. Desarrollo del Dap promedio de un rodal en plantaciones establecidas a diferentes espaciamientos (Fuente: Clutter *et al.*, 1983).

3.3. Incremento en diámetro a diferentes alturas del fuste y en diferentes períodos

- La capa anual de madera depositada en el fuste, no es uniforme en espesor desde la base, hasta la cima del árbol.
- El espesor del anillo anual decrece desde la base del fuste hasta la sección media de él, e incrementa nuevamente hacia la base de la copa.
- Este modelo de crecimiento a lo largo del fuste se presenta principalmente en coníferas.
- La forma resultante del fuste está influenciada por una serie de factores:
 - vigor del árbol
 - edad
 - calidad de sitio
 - densidad
 - clase de copa
 - prácticas silviculturales (e.g. raleo, poda)

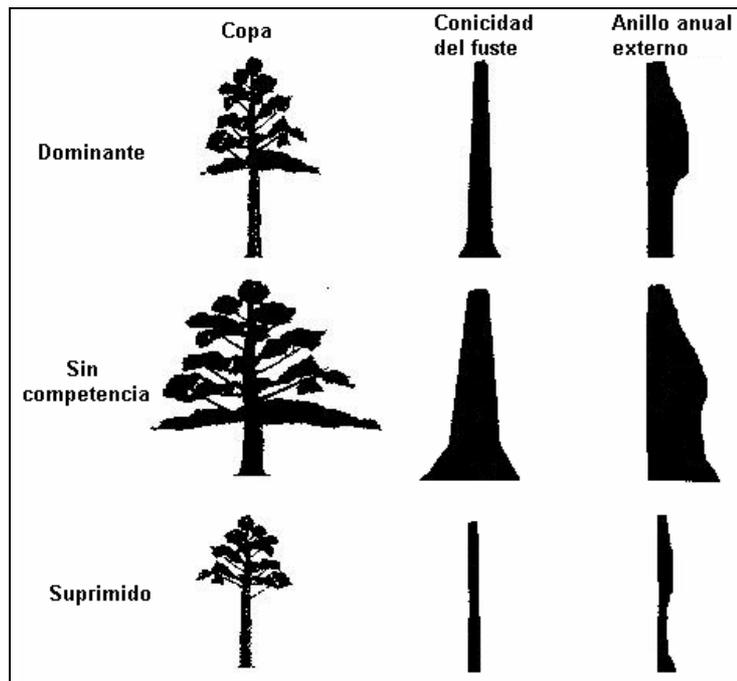


Figura 3.12. Características de conicidad de árboles dominantes, sin competencia y suprimidos (Fuente: Wilson, 1970).

Como muestra la Figura 3.13., el máximo ancho del anillo ocurre en las proximidades de la base de la copa viva, además:

- Los árboles al crecer sin competencia presentan mayor crecimiento cambial en la base del fuste que en la parte superior de él.
- En los árboles suprimidos el crecimiento se concentra en la zona superior del fuste.

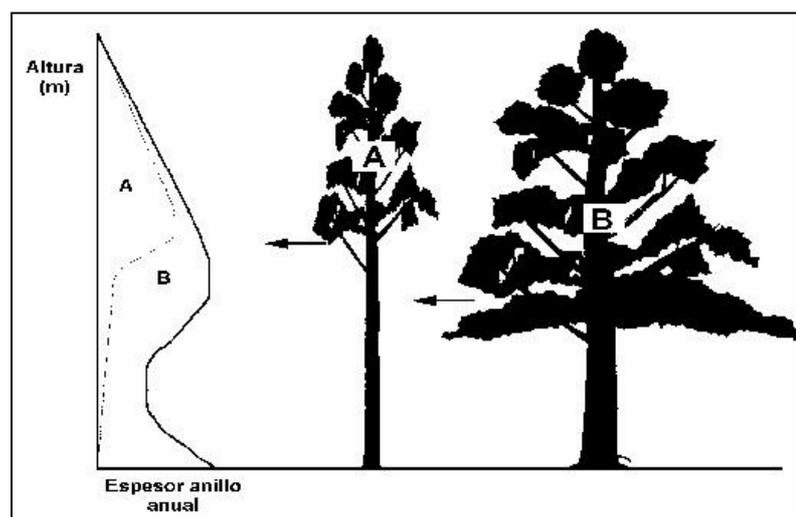


Figura 3.13. Variación en el espesor de anillo anual en un árbol suprimido (A) y en uno vigoroso (B) (Fuente: Daniel *et al.*, 1982).

3.4. Crecimiento en volumen.

- Corresponde a la expresión más completa del vigor del árbol.
- Sus componentes, área basal y altura, culminan a edades distintas: incremento en altura antes y posteriormente, en área basal.

Al igual que el incremento en altura, en diámetro y en área basal, el crecimiento en volumen se ve afectado por:

- Calidad del sitio.
- Densidad.
- Tolerancia de especies.

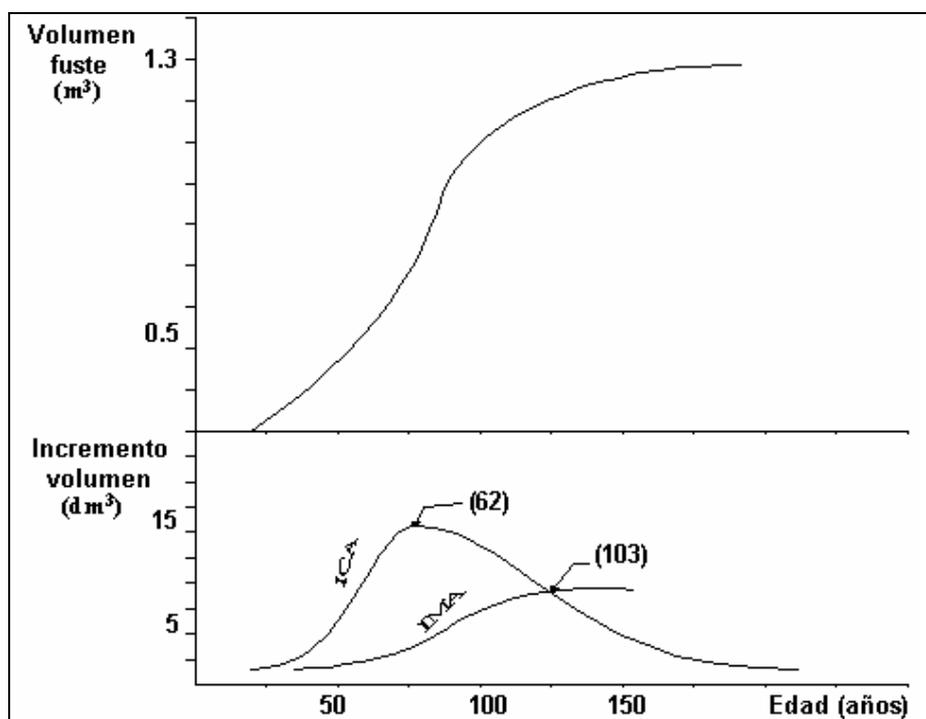


Figura 3.14. Curvas de volumen, incremento corriente y medio anual de una *Picea* (Fuente: Assmann, 1970).

Tabla 3.4. Culminación del incremento medio anual para diferentes especies y calidades de sitio (m³).

Calidad sitio	<i>Pinus sylvestris</i>		<i>Larix sp.</i>		<i>Fagus sp.</i>		<i>Picea sp.</i>	
	I	III	I	III	I	III	I	III
Edad culminación, años	72	90	55	68	140	?	90	120
IMA máx.	8,1	4,7	9,5	5,1	8,9	?	12,2	7,6
IMA 100	7,8	4,6	8,5	4,8	8,3	5,1	12,2	7,5
IMA 140	7,0	4,4	7,2	4,5	8,9	5,6	-	-

(Fuente: Assmann, 1970).

- Especies intolerantes (*Pinus sylvestris* y *Larix sp.*) culminan crecimiento antes que especies tolerantes.
- IMA de especies intolerantes disminuye más rápido después de culminar que en especies tolerantes.

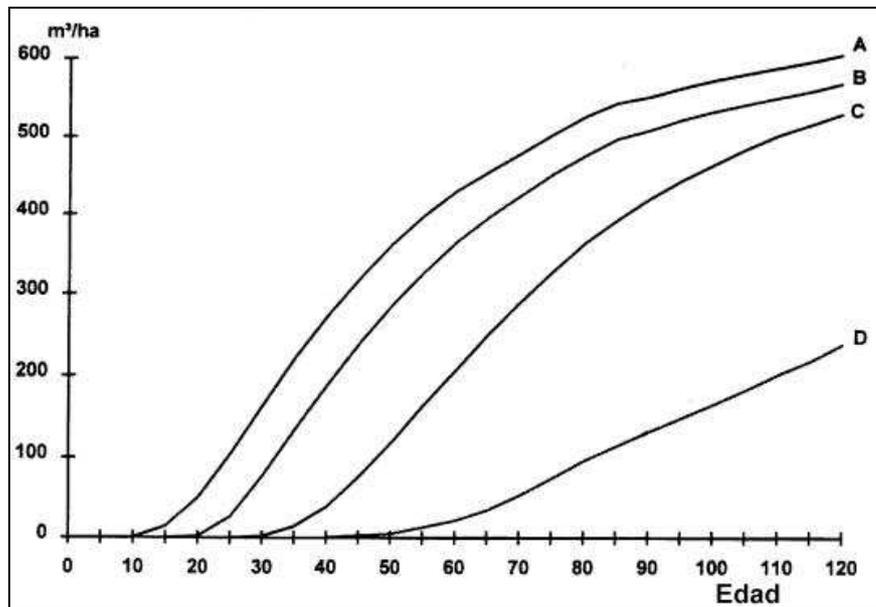


Figura 3.15. Regeneración natural de *Pinus contorta* en índice de sitio 22. (A) rendimiento total, (B) volumen comercial con 12.5 cm, (C) volumen comercial con 22.5 cm y (D) volumen comercial con 32.5 cm (Fuente: Stone, 1986).

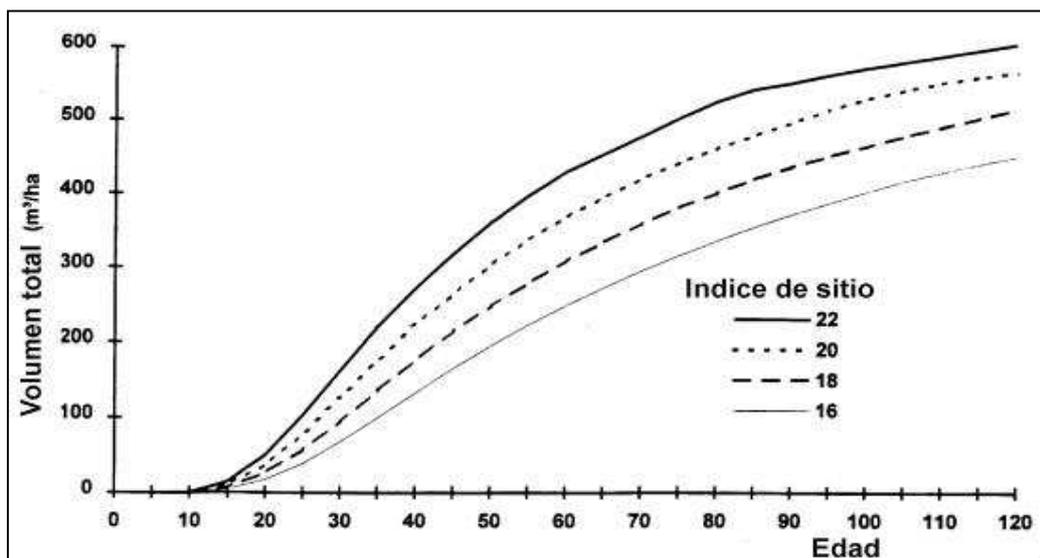


Figura 3.16. Volumen total de *Pinus contorta* de regeneración natural en cuatro índices de sitio diferentes (Fuente: Stone, 1986).

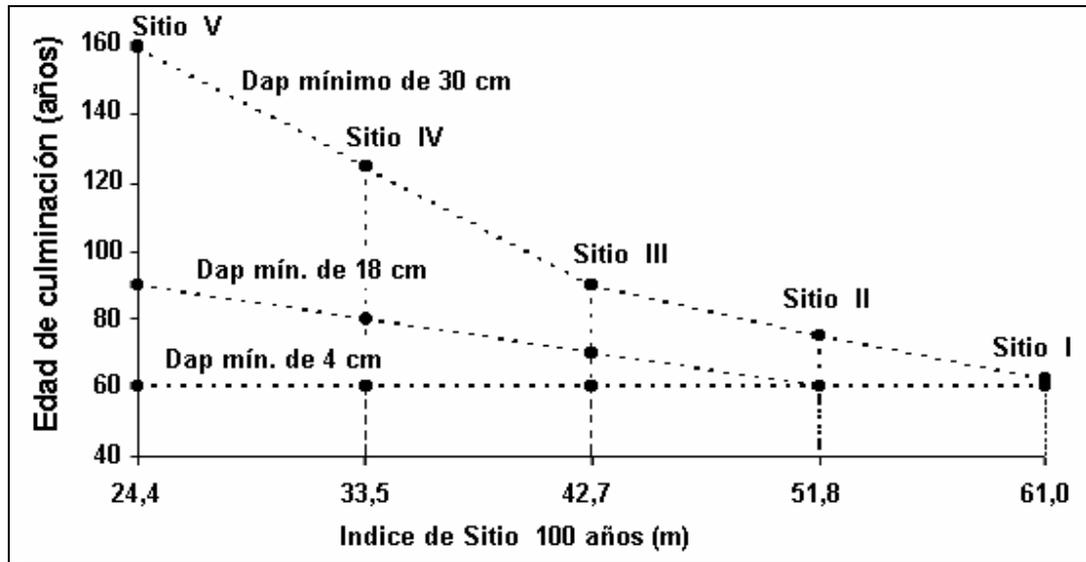


Figura 3.17. Edad de rodal cuando culmina el incremento medio anual (CIMA) en volumen, en un rodal sin manejo de Pino oregón en la zona costera de USA, según DAP mínimo e índice de sitio (Fuente: Miller *et al.*, 1992).

- Si el diámetro mínimo de utilización es mayor o igual a 4 cm, el CIMA se alcanza aproximadamente a los 60 años (Sitio I a V). Sin embargo, si es mayor o igual a 30 cm, se alcanza a los 90 años para el sitio III y a los 160 años en el sitio V.
- A medida que es mayor el diámetro mínimo de utilización, mayor importancia tiene la calidad del sitio en la culminación del crecimiento.

3.5. Cuestionario.

- ¿Qué tipos de crecimiento anual experimenta un árbol dentro de un rodal?.
- ¿Cuántas fases se distinguen en la curva de incremento de un rodal? ¿Qué características tienen?.
- ¿Qué factores influyen en el crecimiento de los árboles de un rodal?.
- ¿Las diferencias entre la altura media y la altura superior de un rodal varían con la edad de los árboles?.
- ¿Cómo afecta la densidad el crecimiento de los árboles de un rodal? (Grafique).
- ¿Rodales establecidos a diferentes espaciamientos iniciales mantienen estas diferencias de densidad con el tiempo?.
- ¿Cómo representaría la relación entre el dap-densidad de un rodal con la edad y el IS?.
- ¿Cómo debiera variar la densidad, altura media, dap, área basal y edad de un rodal con la calidad del sitio para (a) una edad dada y (b) una altura media dada?.
- ¿Por qué el crecimiento en área basal culmina más tarde que en diámetro?.
- ¿Por qué se dice que el crecimiento en volumen es la expresión más completa del vigor de un árbol?.
- ¿Qué importancia tiene para el manejo de un rodal la culminación del crecimiento en volumen? ¿Por qué diferenciar entre volumen bruto y volumen neto?.
- ¿Qué efecto tiene la tolerancia de las especies en el crecimiento en volumen de un rodal?.
- ¿Qué implicancias tiene para el manejo de un rodal que el crecimiento corriente anual sea mayor que el crecimiento medio anual?.
- ¿Varía el crecimiento en diámetro de un árbol a diferentes alturas del fuste?.
- ¿Qué factores afectan la forma del fuste?.
- ¿Cuál es el efecto de la variación del incremento del ancho de anillo en la base de la copa de los árboles y la calidad de madera?.
- ¿Cómo representaría el perfil del crecimiento en diámetro de un árbol (a) dominante, (b) sin competencia y (c) suprimido?.
- Para cada una de las siguientes características de árboles y de rodales, indicar como pueden ser afectadas por la densidad.

Característica	Baja densidad	Alta densidad
Tamaño de Copa		
Diámetro del Árbol		
Tamaño de Nudos		
Anillos/Pulgada (cm)		
Conicidad		
Vigor del Árbol (Rodal)		
Microclima		
Humedad del Suelo		
Veg. del Sotobosque		
Aspecto Estético		
Efecto del Fuego		
Vida Silvestre		

CAPITULO IV



CORTAS INTERMEDIAS: GENERALIDADES

4.1. Cortas Intermedias.

Dos grandes grupos de medidas silviculturales son aplicables en rodales coetáneos:

1. **A rodales en desarrollo:** Cortas intermedias o tratamientos intermedios.
2. **A continuación de la cosecha:** Cortas de regeneración en rodales maduros.

Se denominan *cortas intermedias* porque se aplican en el período comprendido entre la regeneración de un rodal y la cosecha final. A diferencia de las cortas de regeneración o métodos de regeneración (e.g. tala rasa, árbol semillero, protección, selección) su aplicación no tiene como objetivo la obtención de regeneración para el establecimiento de un nuevo rodal.

La aplicación sistemática de cortas intermedias durante la rotación de un rodal, es una característica distintiva de una silvicultura intensiva.

4.2. Objetivos de las cortas intermedias.

A través de las cortas intermedias, se pueden cumplir uno o varios de los objetivos siguientes:

- Favorecer el desarrollo de los mejores árboles del rodal y limitar la competencia.
- Recuperar árboles afectos a mortalidad natural.
- Regular la composición de especies del rodal.
- Eliminar árboles mal formados o enfermos.
- Mejorar la calidad de la madera de los árboles residuales.
- Obtener retornos financieros intermedios.

4.3. Tipo de cortas intermedias.

Se pueden agrupar de acuerdo a la "oportunidad de aplicación" en la vida de un rodal. (Tabla 4.1.).

Tabla 4.1. Tipo de cortas intermedias.

Tipo de corta	Descripción
Corta de limpia	Corta realizada en las etapas iniciales de un rodal que elimina individuos indeseados que compiten o pueden competir con el cultivo principal.
Corta de liberación	Eliminación de árboles de mayor edad que los que constituyen el cultivo principal. Se aplica en las etapas iniciales de un rodal.
Corta de mejoramiento	Remoción de árboles muertos o dañados por fuego, rayos, nieve, viento, etc., con el objeto de recuperar la madera comercial utilizable. Corta aplicable en cualquier momento de la vida de un rodal; es una corta "no programada", de emergencia.
Corta sanitaria	Controla la diseminación del ataque de insectos o enfermedades desde árboles infestados/infectados a árboles no contaminados. Aplicable en cualquier momento de la vida de un rodal: es una corta "no programada", de emergencia.
Poda	Eliminación de ramas basales de un árbol con el objetivo principal de producir madera libre de nudos. Se realiza a través de la vida de un rodal: es una corta "programada".
Raleo	Regula la densidad de un rodal concentrando el crecimiento en los árboles de mayor valor y vigor. Se realiza a través de la vida de un rodal; es una corta "programada".

4.4 Cuestionario.

¿Qué se denomina como “cortas intermedias” ?.

¿Qué otras “medidas silviculturales” (cortas) pueden aplicarse en un rodal?.

¿Cuáles son los objetivos de las cortas intermedias?.

¿Qué tipo de cortas intermedias conoce?.

Según la “oportunidad de aplicación” ¿Cómo agruparía las cortas intermedias?.

¿Cuál es el campo de aplicación de cada una de las cortas intermedias?.

¿Cómo se insertan dentro de un régimen silvicultural las cortas intermedias?.

CAPITULO V



***RALEO: DEFINICIÓN, MÉTODOS, MEDICIÓN, EFECTOS,
MARCACIÓN Y EJECUCIÓN***

5.1. Definición y objetivos.

El raleo se puede definir como "*la regulación sistemática, controlada y acelerada, de la densidad en rodales jóvenes*". Sus objetivos principales son:

- Estimular el crecimiento de los árboles remanentes.
- Mejorar, a través de una selección adecuada, la calidad del rodal residual, mediante la remoción de árboles deficientes en forma y vigor, que compiten por luz, agua y nutrientes, con los árboles cosecha.
- Obtener retornos financieros intermedios y/o maximizar el valor final del cultivo, mediante la selección de los árboles que mejor satisfagan algunos objetivos del Mercado.

A través del raleo se puede también:

- Controlar la composición y estructura del rodal. No se debe olvidar que los individuos mejor adaptados desde el punto de vista de la selección natural, no son necesariamente los más deseados desde el punto de vista del silvicultor.
- Incrementar la resistencia al viento de los árboles residuales.
- Incrementar la producción de forraje (cultivo silvopastoral).
- Mejorar el valor estético o recreacional del rodal.
- Controlar la diseminación de animales menores (e.g. ratones).
- Proporcionar hábitat a la fauna silvestre.
- Reducir el impacto del fuego.
- Incrementar la rotación basada en la culminación del IMA o disminuirla si se considera la obtención de un cierto diámetro meta u objetivo (rotación técnica).

5.2. Biología del raleo.

La *base de la teoría* en que se sustenta el raleo se encuentra en el *desarrollo natural de un rodal*.

En rodales plantados, usualmente en hileras a espaciamientos predeterminados, inicialmente cada planta tiene espacio suficiente para crecer libremente. Con el tiempo, las copas se ensanchan y el dosel tiende a cerrarse; los árboles deben entonces competir con sus vecinos por luz (a través de sus copas), nutrientes y humedad (mediante el sistema radicular); dicha competencia entre árboles se intensifica año tras año (a menos que algunos de estos árboles sean removidos en el raleo). Como consecuencia de ello, se produce una disminución progresiva del número de árboles en el rodal. En este proceso, algunos árboles, se diferencian de otros, presentando un mayor vigor, mayores copas y mejor posición en el rodal, obedeciendo las siguientes causas:

- Superioridad genética o por azar (diferencias de micrositio), capturan más recursos del sitio mientras que otros se ven desfavorecidos. Así, los primeros, más vigorosos y mejor adaptados al medioambiente, tienen mayores probabilidades de sobrevivir a la intensa competencia por luz, agua y nutrientes, que los últimos.
- Las condiciones genéticas o de micro-sitio afectan directamente la altura de los árboles, que es el factor más crítico en la competencia. Aquellos individuos más altos tendrán un mayor desarrollo de copas y por ende un mayor acceso a la luz. A su vez, los árboles más débiles comienzan a deformar y a disminuir su tamaño de copa, debido al sombreado de los árboles más altos, convirtiéndose progresivamente en árboles suprimidos, los que finalmente morirán.

Una de las más simples y útiles clasificaciones reconocidas y empleadas para describir diferentes estructuras de rodales es aquella utilizada para bosques coetáneos, que reconoce cuatro categorías o clases de copa:

Dominante: Árboles con copas que se extienden sobre el nivel general del dosel, tienen copas bien iluminadas hasta cierta profundidad, son ejemplares más grandes que el promedio, y con copas de desarrollo posiblemente algo mayor hacia los lados.

Codominante: Árboles un poco más bajos que los dominantes, con copas que forman el nivel general del dosel, recibiendo plena luz desde arriba, pero comparativamente poca desde los costados; sus copas son de tamaño promedio limitadas hacia los costados.

Intermedio: Árboles más pequeños que las dos clases predecesoras; la recepción de la luz directa es pequeña; normalmente con copas reducidas, considerablemente limitadas hacia los costados.

Suprimido: Árboles con copas completamente bajo el nivel general del rodal, sin ninguna recepción de luz directa, sólo algo de luz difusa. Por esta razón son débiles y de lento crecimiento.

La clasificación de copa es, por consiguiente, un medio muy útil para evaluar el potencial de crecimiento de los árboles de un rodal y es por lo tanto usada para describir los árboles a remover (o a favorecer) en los diferentes tipos de raleo. Puesto que el raleo acelera o modifica el curso de la "lucha por existir", la posición de las copas es un criterio importante y conveniente en la selección de árboles.

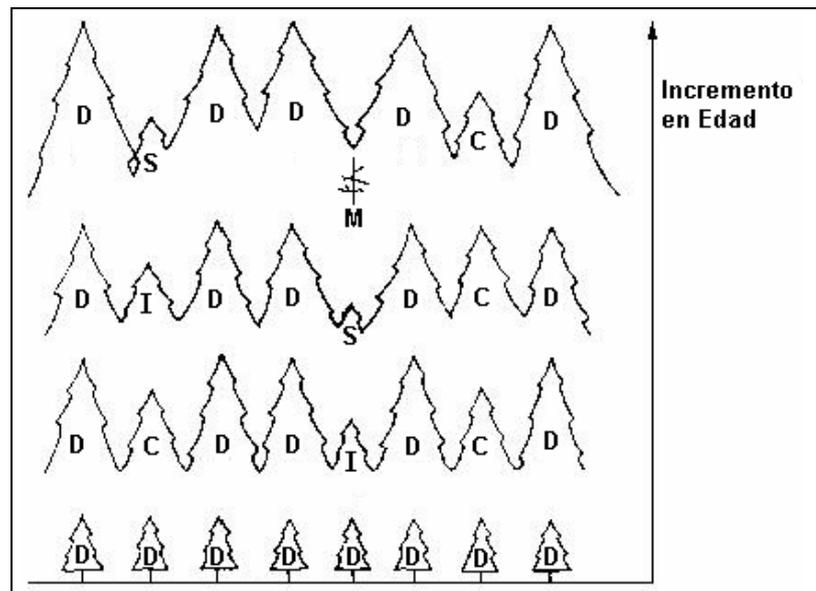


Figura 5.1. Diferenciación de árboles en clases de copa (D: dominantes; C: codominantes; I: intermedios; S: suprimidos; M: muertos) a medida que el rodal aumenta en edad (Fuente: Emmingham, 1983).

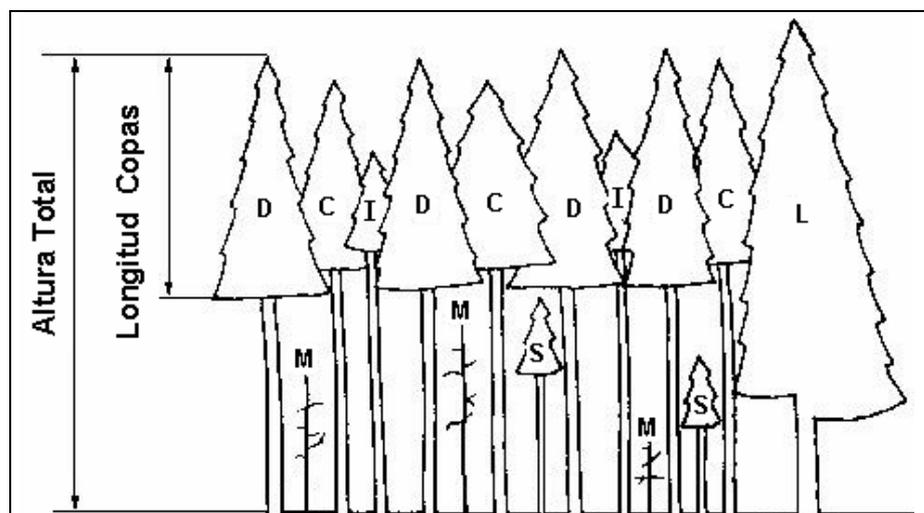


Figura 5.2. Clasificación de Copas de árboles de un rodal coetáneo D: dominantes; C: codominantes; I: intermedios; S: suprimidos; M: muertos; L: árbol lobo (Fuente: Emmingham, 1983).

El proceso de diferenciación en clases de copa es muy dinámico y ocurre a través de la vida de un rodal si los árboles están en competencia. Si el proceso de diferenciación que disipa la tensión competitiva no ocurre, se produce el fenómeno de **estagnación** (más probable en sitios pobres y en rodales de alta densidad).

El número de individuos distribuidos en cada clase de copa cambia con la edad. A mayor edad, árboles dominantes y codominantes requieren más espacio, por lo que su número tiende a disminuir (Figura 5.3). Eventualmente, algunos árboles suprimidos mueren. En plantaciones bien manejadas esto no debe suceder, pues se ralea antes que la supresión por competencia produzca mortalidad.

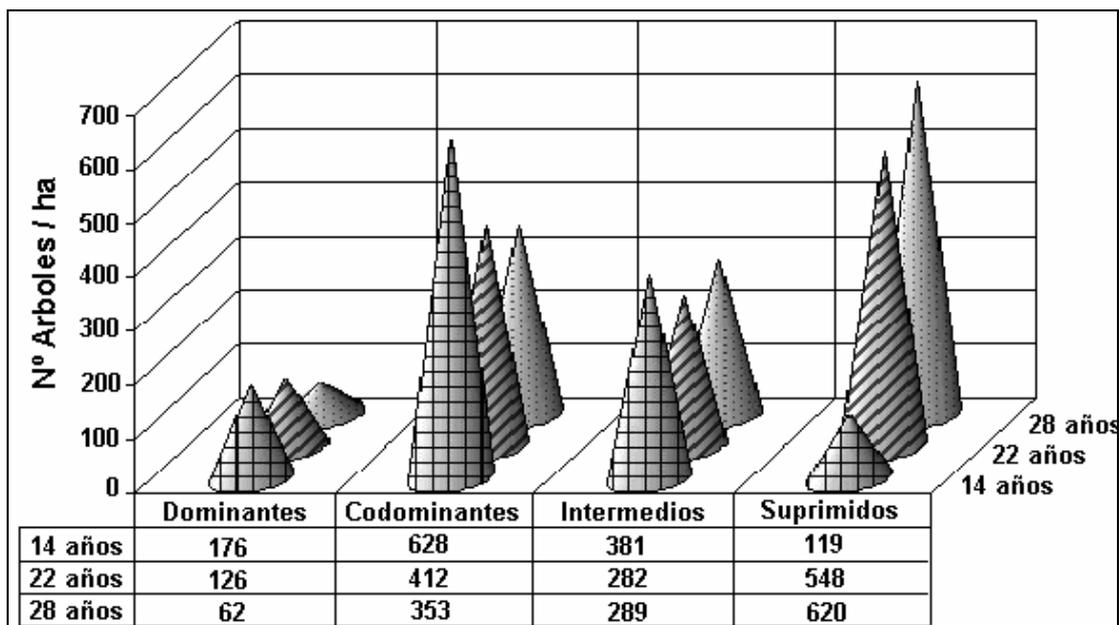


Figura 5.3. Variación del número de árboles por clase de copa y edad en dos plantaciones de *Pinus radiata* de similar calidad de sitio, en Australia (Fuente: Shepherd, 1986).

Muy pocos árboles pueden recuperar su posición dominante, luego que han caído por el efecto de diferenciación de copas. Una vez que la copa del árbol, ha sido reducida por la acción de árboles más fuertes (en términos de vigor) no se puede restituir su posición de dominante mediante un tratamiento silvicultural. Las políticas más comunes seguidas por el raleo es asegurar el crecimiento de los árboles principales y no tratar de revivir a los árboles que no cumplen con las características deseadas.

La competencia intraespecífica por el dosel de copas es claramente visible, no así la competencia que se produce por el espacio de crecimiento en el suelo, siendo ésta muy importante y excesivamente difícil de observar.

5.2.1. Mortalidad por competencia.

Al inicio de la vida de un rodal, si hay mortalidad no es causada por competencia (intraespecífica). A medida que se jerarquiza la dominancia, se desarrolla supresión y se produce mortalidad: se inicia el proceso de *raleo natural*.

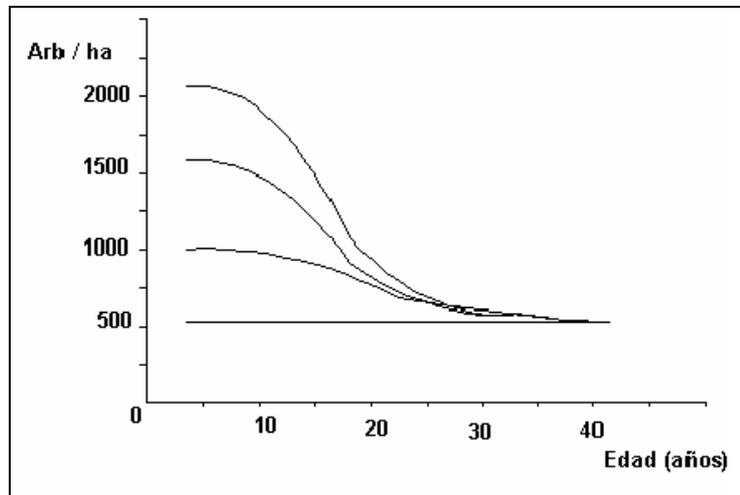


Figura 5.4. Representación de la mortalidad en *Pinus radiata* a diferentes densidades, en Isla del Norte, Nueva Zelanda (Fuente: Galbraith y Sewell, 1979, citados por Lavery, 1986).

Una vez que el raleo natural se inicia, la relación entre tamaño medio de las plantas y la densidad permanece tan regular que tiene el *estatus de una ley* (Perry, 1985). Esta ley establece que el tamaño medio de una planta es una función exponencial del número de plantas por unidad de superficie y que el exponente de esta función es $-3/2$.

Esta relación, establecida matemáticamente es:

$$\text{Log B} = a - x \text{ Log D}$$

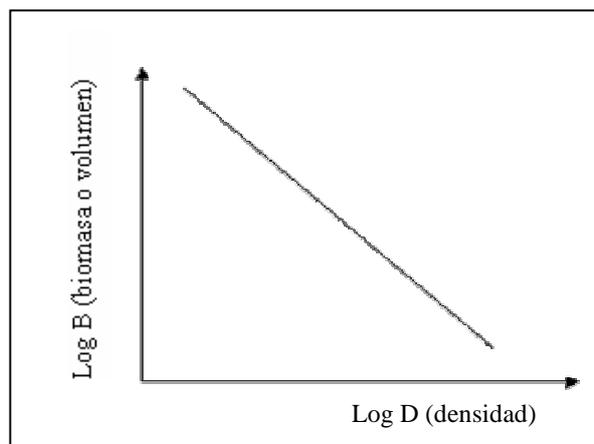


Figura 5.5. Relación biomasa – densidad del rodal (Perry, 1985).

De esta relación se desprende que un incremento en el tamaño de las plantas requiere necesariamente una disminución de la densidad del rodal. Esta relación ha sido utilizada para desarrollar guías de manejo de la densidad (raleo), la que consiste de tres líneas:

1. La línea de raleo natural o de máxima densidad.
2. La línea de inminente mortalidad por competencia.
3. La línea de cierre de copas.

Las líneas 2 y 3 se pueden expresar como un porcentaje constante de la línea 1. Luego, un concepto cuantitativo del crecimiento como función de la densidad puede establecerse.

Por ejemplo para Pino oregón, Drew y Flewelling (1972) determinaron:

- Cierre de copas ocurre a densidad relativa próxima a 0,15; a densidades menores, crecimiento por unidad de superficie es proporcional a la densidad.
- A densidades relativas entre 0,15 y 0,40 el crecimiento por unidad de superficie incrementa con la densidad (pero declina el crecimiento por árbol)
- A densidades relativas entre 0,40 y 0,55 el crecimiento por unidad de superficie no es afectado por la densidad
- A densidades relativas superiores a 0,55 se produce una inminente mortalidad por competencia

De lo expuesto se desprende:

- Que los rodales deberían manejarse en el rango de densidad relativa entre 0,15 y 0,55.
- Que la máxima producción bruta se obtendría a densidades relativas mayores a 0,40.
- Que entre 0,15 y 0,40 hay menor crecimiento por unidad de superficie, pero mayor crecimiento por árbol.

Nota: esta interpretación es muy similar a la propuesta de Langsaeter (Smith, 1986), pero *delimita* y *cuantifica* los tipos de densidad.

Una guía de manejo de la densidad en un rodal de red alder (*Alnus rubra*) se muestra en la Figura 5.6.

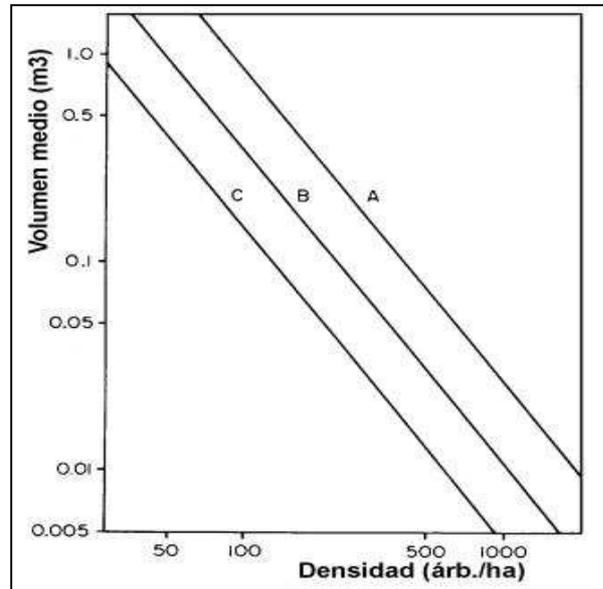


Figura 5.6. Guía de densidad de manejo de un rodal de red alder (*Alnus rubra*). Línea A representa raleo natural. Densidad debería mantenerse entre líneas B (55% densidad relativa) y C (33% densidad relativa) (Fuente: Hibbs, 1987).

La severidad del raleo natural está afectada por las condiciones del sitio:

- Es más rápida si la intensidad de luz es baja
- Es mayor en suelos de mejor calidad (mayor tasa de crecimiento, luego mayor estrés de densidad) (Figura 5.7.).

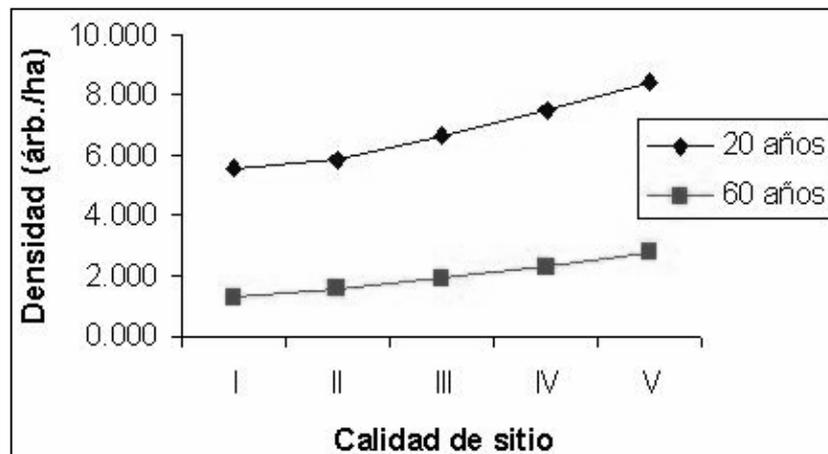


Figura 5.7. Variación de la densidad con la edad en bosques de *Abies* creciendo en suelos de diferente calidad (Fuente: Sukatschew, 1928 citado por Assmann, 1970).

5.2.2. ¿Qué sucede cuando algunos árboles de un rodal son removidos por raleo?

Una reducción del crecimiento por hectárea ocurre inmediatamente después del raleo, puesto que se disminuye el área foliar y los árboles remanentes no son capaces, en forma inmediata, de utilizar completamente el sitio (a menos que el raleo sea de muy baja intensidad). Posteriormente, los árboles liberados expanden copas y sistema radicular aprovechando en mejor forma los recursos del sitio, provocando un incremento en el diámetro de los árboles remanentes.

La capacidad de los árboles de responder a mayor disponibilidad de luz, nutrientes y agua, es definida por su vigor y éste a su vez está determinado por la condición de la copa (particularmente el ancho de copa viva), edad, especie, calidad de sitio y densidad del rodal.

El sistema radicular probablemente se expande más rápido que las copas ya que las raíces no requieren destinar recursos para soporte estructural. La rapidez de esta respuesta dependerá de:

- *Especie.*
- *Intensidad del raleo.*
- *Edad del rodal.*
- *Calidad del sitio.*
- *Clase de árboles liberados (e.g. dominantes, codominantes).*

En general, hay buena capacidad de recuperación del crecimiento después de un raleo fuerte en rodales jóvenes (Figura 5.8).

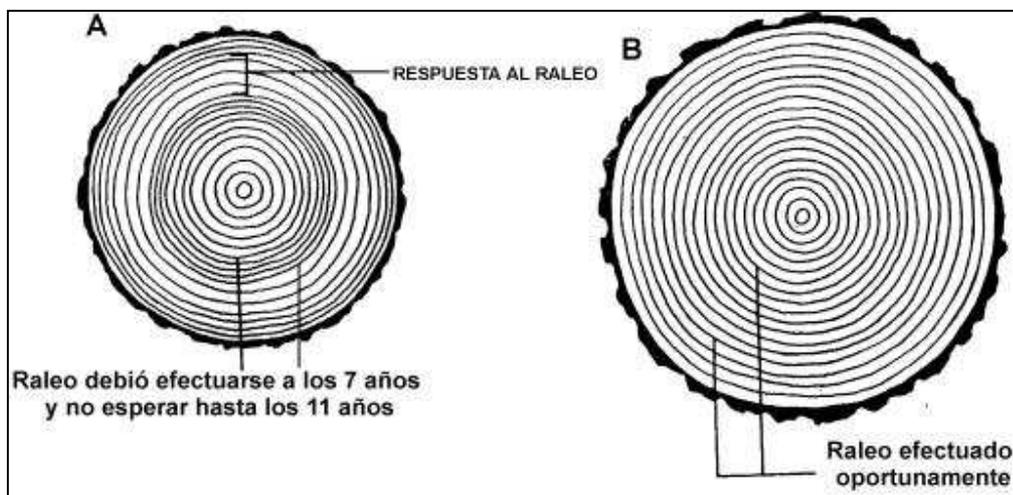


Figura 5.8. Efecto de un raleo oportuno (B) en comparación con un raleo tardío (A) en un rodal de Pino oregón de 21 años de edad (Fuente: Emmingham y Elwood, 1983).

El efecto del raleo en un sitio determinado, se ve afectado por la tolerancia relativa de las especies, referida a la capacidad relativa de los árboles a competir bajo condiciones de baja luz y alta competencia de raíces (Daniel *et al.*, 1979). Así, las especies tolerantes al tener una mayor copa viva (además de follaje más succulento y una mayor cantidad de ramas) que las especies intolerantes, responderán probablemente mejor al raleo de liberación. Esto, también sugiere que las clases inferiores de árboles intolerantes no puedan responder rápidamente a la liberación.

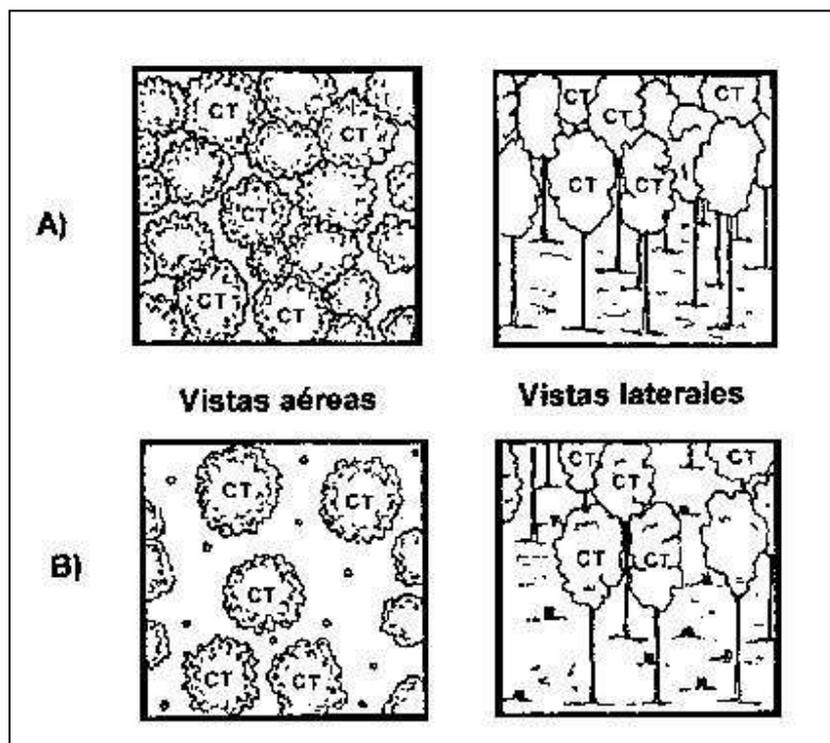


Figura 5.9. Vistas aéreas y laterales de un rodal antes (A) y después (B) de ser raleado (CT: árboles cosecha, *crop tree*).

Si el raleo no causa incremento en la tasa de crecimiento en los árboles remanentes (caso rodales jóvenes y densos), la reacción se conoce como **Shock de Raleo** (o shock de liberación), que es una incapacidad de los árboles para utilizar el espacio de crecimiento, luz y nutrientes, provocando una reducción en las tasas de crecimiento en altura o diámetro, clorosis en el follaje y mortalidad (Harrington y Reukema, 1983); ello ocurre usualmente en árboles con un pobre sistema radicular o con baja razón de copa viva (< 30%) y se debería a:

- Incremento en la tasa de fotosíntesis es menor que el incremento de la tasa de respiración de los árboles remanentes, expuestos repentinamente a la acción directa del Sol.

- Daños por insolación en árboles de corteza lisa y fina (corteza de los árboles en rodales densos es más delgada).
- Hojas de sombra no pueden controlar pérdida de agua al ser expuestas repentinamente al Sol.

Después de un raleo, es de esperar que los árboles remanentes crezcan más rápido, pero el rodal como un todo; ¿producirá más o menos biomasa (volumen)?



RELACION DE LANGSAETER

El crecimiento y rendimiento de un rodal está estrechamente relacionado con la densidad. Esta relación descrita por Langsaeter en 1941 (Smith, 1986), señala que el crecimiento en volumen incrementa a medida que aumenta la densidad hasta un punto donde se alcanza un "plateau", luego de lo cual el crecimiento disminuye con la densidad (Figura 5.10). Aunque los valores de la curva difieren según sitio, especie y edad, la forma de la curva es consistente para un sitio y edad particular.

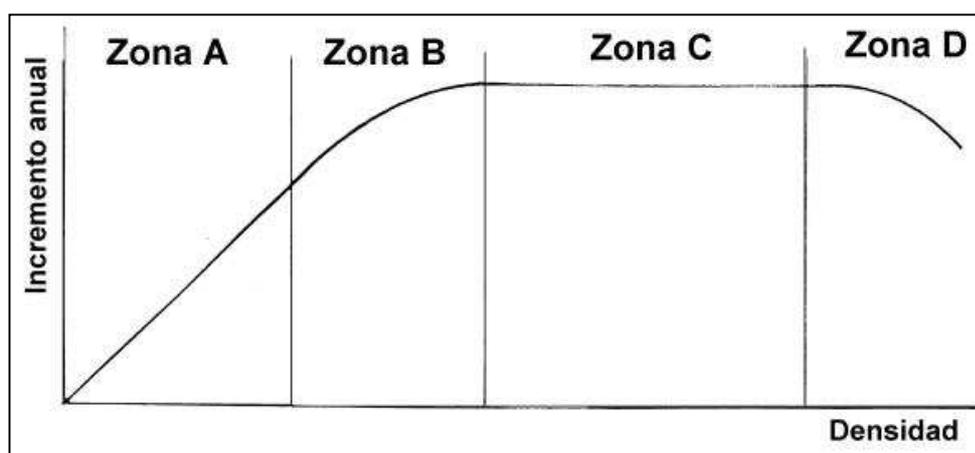


Figura 5.10. Relación entre densidad de un rodal y el crecimiento en volumen cúbico postulado por Langsaeter (Fuente: Langsaeter, 1941 según Smith, 1986).

Donde:

- Zona A:** árboles crecen libremente, sin competencia
- Zona B:** inicio de competencia entre árboles (crecimiento anual continua pero a tasas decrecientes)
- Zona C:** no hay efecto de la densidad en el crecimiento
- Zona D:** rodal muy denso, el crecimiento decrece con la competencia

La relación de Langsaeter expresa el crecimiento de rodales como una función de cuán cerca están de la línea de raleo natural: los rendimientos netos totales son relativamente constantes en un amplio rango de densidades (zona C):

- Si la densidad es muy baja (zona A) se pierde rendimiento porque el sitio está subutilizado
- Si la densidad es muy alta (zona D) se pierde rendimiento por mortalidad y/o estagnación

5.2.3. Efecto del raleo en el rendimiento total del rodal.

El volumen total de fibra madera que produce un rodal está determinada por las condiciones del sitio: no puede ser incrementado por los raleos. Sin embargo puede incrementar:

- El volumen aprovechable de un rodal.
- El valor de los árboles y del rodal.

Resultados generalizados en estudios de raleo indican que rendimiento bruto de un rodal no raleado es aproximadamente igualado por el de un rodal raleado (Figura 5.11.).

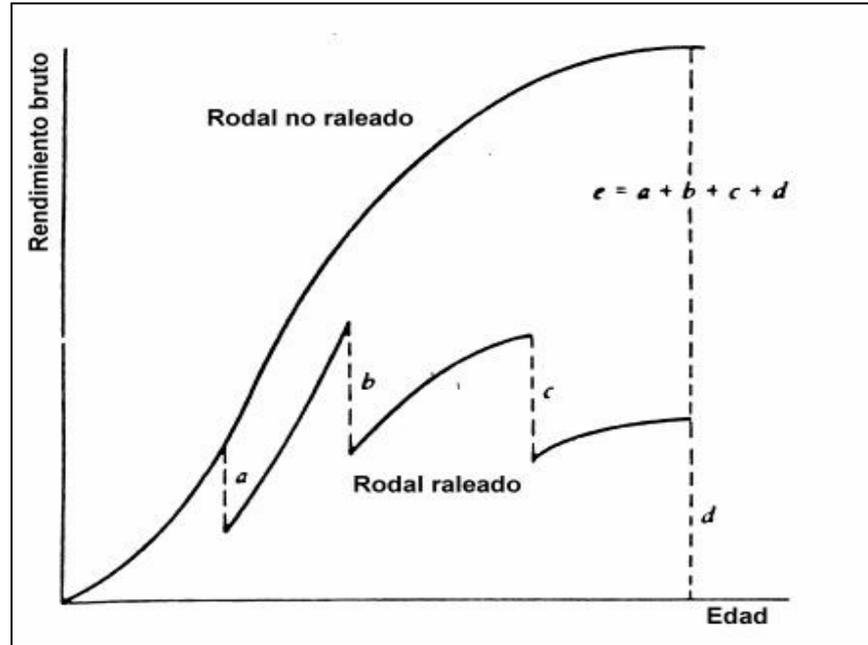


Figura 5.11. Curva de rendimiento bruto de un rodal coetáneo sin raleo y raleado (Fuente: Clutter *et al.*, 1983).

No obstante, hay también ejemplos que muestran que el raleo puede incrementar la producción de volumen cúbico bruto de un rodal:

- En sitios fríos en que proceso de descomposición es lento (zonas boreales).
- En rodales mixtos compuesto por especies de diferentes productividad.

La producción de un rodal también puede ser incrementada por fertilización, riego y a través del mejoramiento genético.

La Figura 5.12. muestra la relación (hipotética) entre la producción de un rodal (en volumen bruto comercial) después de un raleo y la densidad residual (para una misma especie, edad del rodal y calidad de sitio).

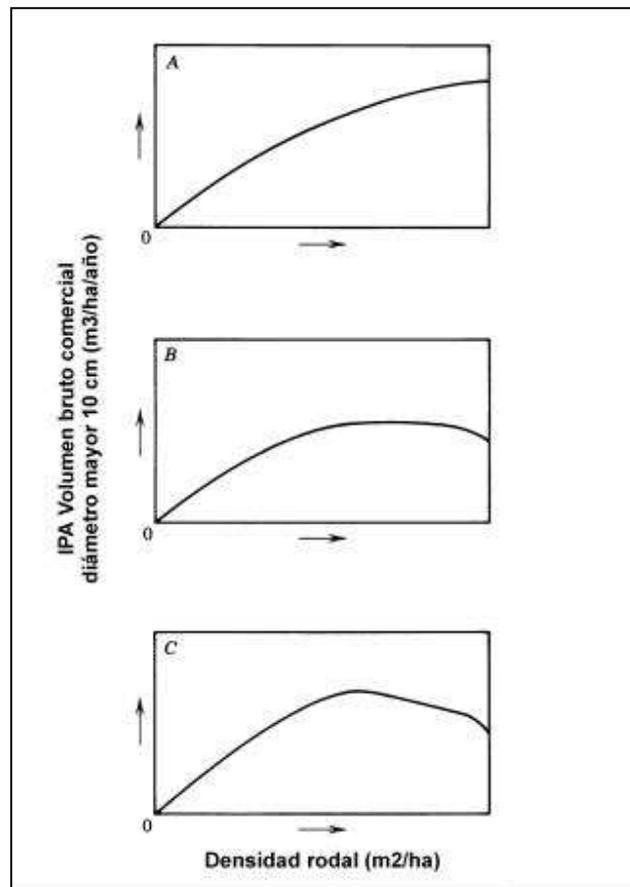


Figura 5.12. Relación entre la producción de un rodal y la densidad. A: Producción incrementa con la densidad; B: Producción permanece constante y óptima en un amplio rango de densidades y C: Producción tiende a decrecer sobre un determinado nivel de densidad (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

Observaciones en rodales raleados de *Pinus taeda* al sur de EE.UU. indican que en los mejores sitios la producción incrementa con el área basal. En sitios más pobres, factores del suelo limitan producción a altas densidades (Figura 5.13.).

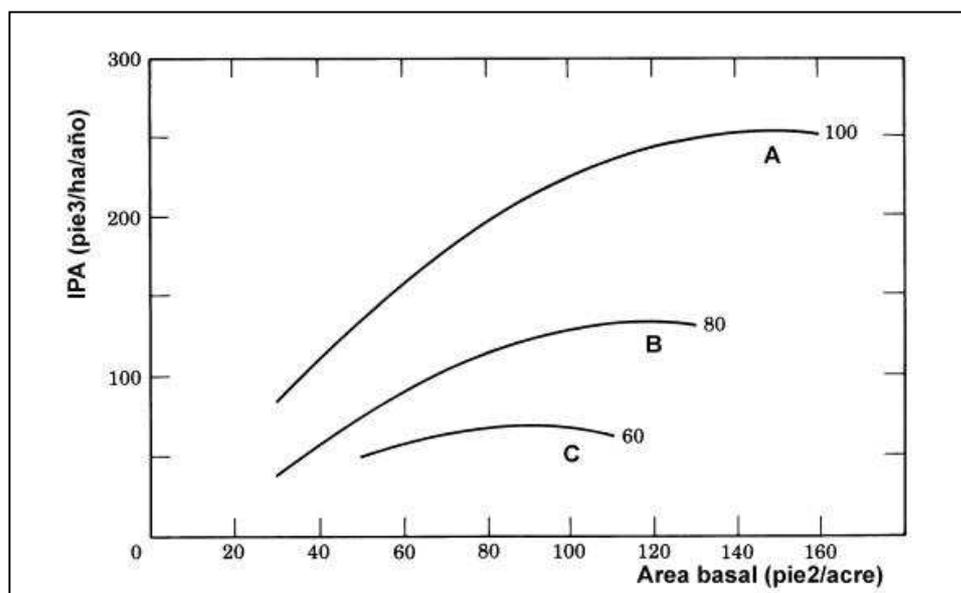


Figura 5.13. Relación incremento periódico anual – densidad (área basal) en rodales de *Pinus taeda* de 40 años de edad (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

Las Figuras 5.12. y 5.13. se diferencian en la longitud del periodo de crecimiento, presentando la figura 5.12. la menor longitud. A igual densidad, en sitios pobres se alcanza antes la culminación del crecimiento.

5.3. Métodos de raleo.

Una plantación puede ser raleada a diferentes niveles dependiendo de los objetivos del raleo. El número de árboles a remover puede ser pequeño o constituir una porción significativa del rodal.

El raleo puede aplicarse muy temprano en la vida de un rodal (raleo precomercial o a desecho) o esperar hasta que los árboles a remover sean comerciables. La frecuencia con que los raleos son llevados a cabo puede variar dependiendo de la especie, edad del rodal e intensidad del raleo.

La secuencia total de operaciones se conoce como **prescripción de raleo** o régimen de raleo el que puede ser descrito por:

- *La oportunidad del primer raleo.*
- *El tipo de raleo.*
- *La intensidad del raleo.*
- *El intervalo entre raleos sucesivos.*

Según su aprovechamiento, los raleos se pueden clasificar en precomerciales y comerciales (Walstad y Kuch, 1987).

Raleo Precomercial: Según Walstad y Kuch (1987), el raleo precomercial controla el espaciamiento de los árboles, incrementa su diámetro y en algunas especies el crecimiento en altura de rodales jóvenes.

Raleo Comercial: El raleo comercial, corresponde a la remoción de los fustes aprovechables para proveer ingresos y/o regular la estructura del rodal para proveerse de rendimientos futuros, hábitat para la vida silvestre, etc. (Daniel, 1986; Smith *et al.*, 1997).

Tipo de raleo comercial

Los silvicultores distinguen cinco métodos de raleo, los que se pueden diferenciar según el criterio usado para identificar los árboles a extraer (Tabla 5.1.).

Tabla 5.1. Métodos de raleo y criterio para identificar los árboles a extraer.

Método de raleo	Criterio de identificación árboles a extraer
Raleo bajo	Posición relativa de las copas
Raleo de copa	Posición relativa de las copas
Raleo de dominantes	Posición relativa de las copas
Raleo mecánico	Espaciamiento de los fustes
Raleo libre	Combinación de los anteriores

5.3.1. Raleo bajo (o por lo bajo).

Este método de raleo extrae principalmente árboles de posiciones subordinadas (clases de copa inferiores), siendo éstos los que poseen una mayor probabilidad de morir por supresión. Los ingresos son mínimos al igual que los efectos sobre los árboles de cosecha de mayores dimensiones. En general estos tratamientos tienen el carácter de conservadores (Figuras 5.15. y 5.16.). Se distinguen varios grados de raleo bajo (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Árboles removidos según intensidad de raleo bajo.

Intensidad de raleo	Árboles removidos
Muy ligero (A)	Suprimidos
Ligero (B)	Suprimidos e intermedios defectuosos
Moderado (C)	Suprimidos e intermedios
Fuerte (D)	Suprimidos, intermedios y muchos codominantes

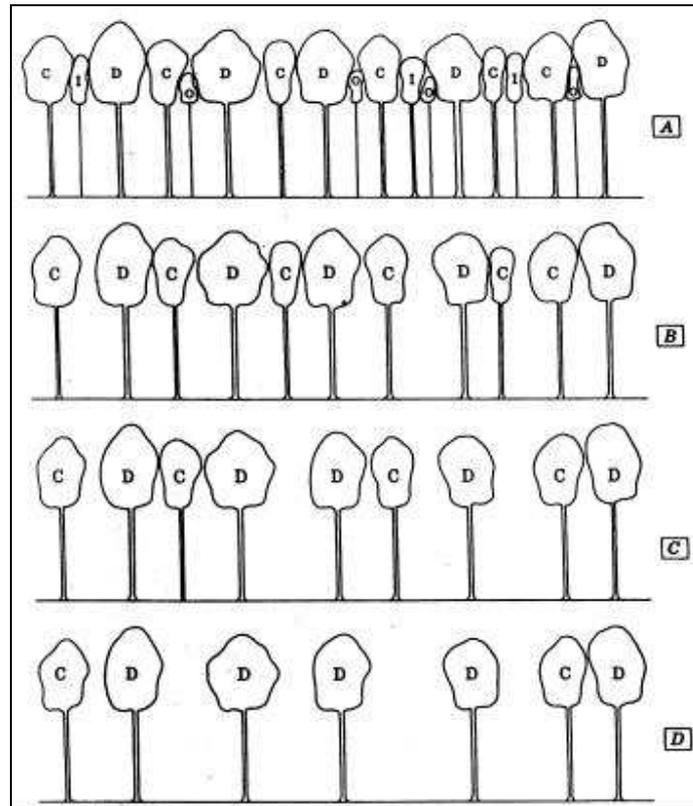


Figura 5.14. Diferentes grados de raleo bajo aplicado simultáneamente a un rodal de *Pinus taeda* de mediana edad (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

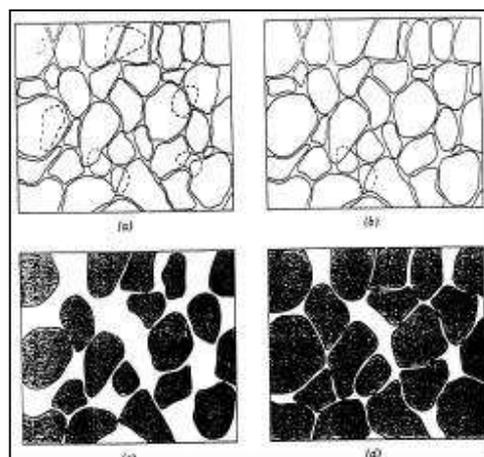


Figura 5.15. Vista aérea de un rodal de pino sometido a diferentes grados de raleo bajo; a) antes del raleo; b) después de un raleo suave; c) después de un raleo fuerte; d) 10 años después de un raleo fuerte (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

Ventajas del raleo bajo:

- Sigue curso natural del desarrollo de un rodal.
- Concentra el potencial de crecimiento del sitio en los árboles dominantes.
- Requiere un mínimo de habilidad y conocimiento.

Desventajas del raleo bajo:

- Se extraen (dependiendo de la intensidad del raleo) usualmente árboles de reducidas dimensiones, de escaso o nulo valor económico.
- Previene mortalidad, pero si su intensidad es baja, no reduce apreciablemente competencia de copas.

5.3.2. Raleo de copa (o por lo alto).

Remueve mayoritariamente árboles codominantes y en algunos casos dominantes de mala forma, favoreciendo el desarrollo de los árboles cosecha (árboles más promisorios de las clases dominante y codominante) otorgándole a sus copas espacio para expandirse. Es un raleo efectivo, porque un volumen substancial de madera puede ser removido, sin reducir fuertemente el volumen total de madera futura y su valor (Figura 5.16.).

Tabla 5.3. Contraste entre raleo por lo bajo y raleo por lo alto.

Raleo bajo:	Raleo de copa
Dosel permanece usualmente cerrado.	Dosel es abierto.
Se eliminan los árboles más débiles y de menores dimensiones.	Permanecen muchos árboles intermedios y suprimidos (pero sanos). Mantiene la estructura vertical del rodal Rodal residual queda conformado por dos pisos de una sola clase de edad (dosel inferior se elimina por mortalidad natural y raleos sucesivos).

Raleo por lo alto es más apropiado en:

- Rodales puros o mixtos de especies tolerantes (a la sombra) o con distintos grados de tolerancia.
- Método más flexible que raleo por lo bajo, pero requiere mayor habilidad y conocimientos.
- Estimula el crecimiento de árboles seleccionados para la cosecha (crop tree).

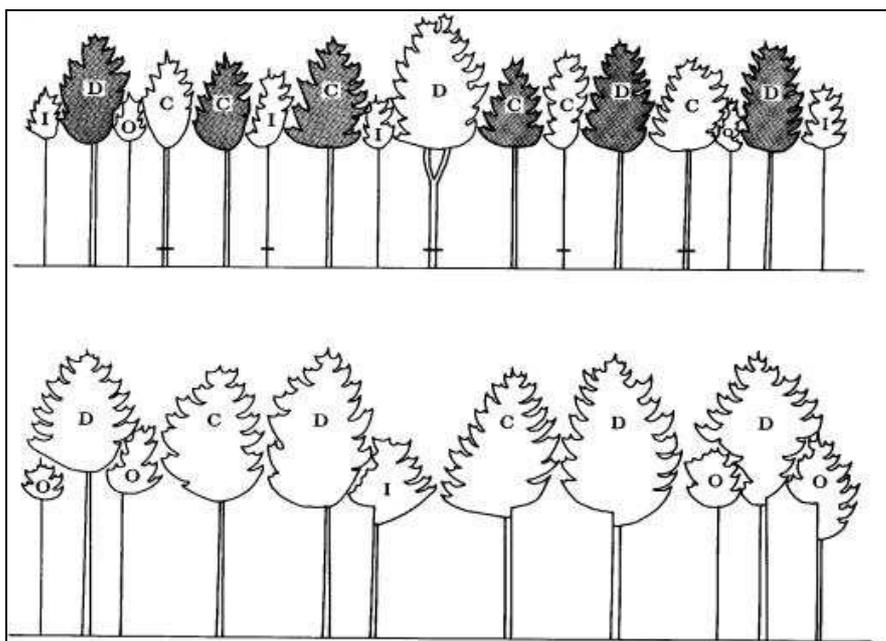


Figura 5.16. Rodal de coníferas inmediatamente después de un raleo de copa; (árboles a extraer se denotan por una línea horizontal; árboles de cosecha por achurado de copas) y el mismo rodal 20 años después (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

Una modalidad del raleo alto consiste en concentrar la corta alrededor de los árboles seleccionados, lo que se denomina “*raleo árbol cosecha*”. Los mejores árboles (los que potencialmente constituirán la cosecha final) son seleccionados eliminándose sus competidores más agresivos.

5.3.3. Raleo de dominantes (o de selección).

Libera las clases codominante e intermedia (que posteriormente se convertirán en los árboles cosecha) a través de la remoción de los árboles dominantes. Estimula el crecimiento de los árboles de clases de copa inferiores.

Difiere radicalmente de los anteriores:

- Árboles dominantes son removidos para estimular el crecimiento de árboles de clases de copa inferiores (Figura 5.18.). Generalmente se aplica removiendo árboles que han alcanzado un cierto diámetro (árboles de mayor valor económico).
- Árboles remanentes son aquellos usualmente removidos en raleo por lo bajo y por lo alto.
- Su aplicación se limita a situaciones especiales (por ejemplo, producción de árboles de tamaño medio para pulpa, postes, rodrigones, etc.).
- Inapropiado para especies de tolerancia baja o media (reducida capacidad para responder a raleos de selección repetidos).

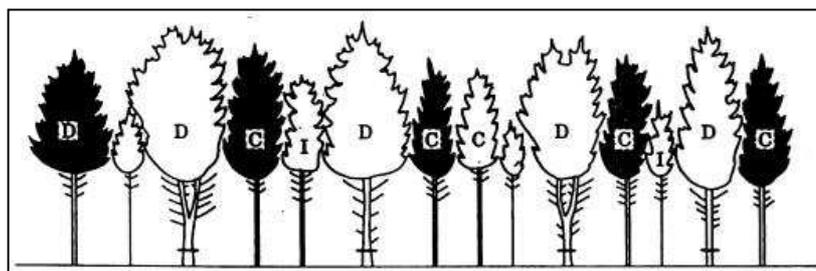


Figura 5.17. Rodal de coníferas marcado para raleo de selección (línea horizontal), dirigido fundamentalmente a eliminar árboles dominantes defectuosos (Fuente: Smith, 1986).

Desventajas:

- Tendencia a incrementar pérdidas por agentes bióticos y abióticos.
- Su aplicación puede conducir a un deterioro de la calidad genética de un rodal.

5.3.4. Raleo sistemático (o mecánico o geométrico).

La extracción de los árboles es estrictamente mecánica, sin consideración de las características de los individuos. Remueve árboles de todas las clases diamétricas. Si se trata de un raleo estrictamente en hileras, sólo las clases adyacentes a la hilera pueden responder. Generalmente, es efectivo en rodales jóvenes y densos, pudiendo ser usado como primer raleo para generar acceso dentro de un rodal. Existe la posibilidad de desarrollo de copas irregulares. Su aplicación es dificultosa en rodales con diferente: tamaño de árboles, densidad, especies, etc.

Se aplica en:

- Rodales jóvenes, densos, altamente uniformes.
- Rodales sin una clara diferenciación en clases de copa.

Usualmente se aplica sólo en el primer raleo de un rodal (generalmente en raleos pre - comerciales).

Dos modalidades de raleo sistemático:

Por espaciamiento:

- Raleo se aplica según distanciamiento preestablecido (por ejemplo: cada tres árboles).
- Aplicable a rodales con alta densidad, regenerados naturalmente.

Por hileras:

- Implica extracción de hileras completas de árboles (Figura 5.19.).
- Aplicable en plantaciones, rodales uniformes, densos, no raleados previamente.
- Utilizado también para facilitar acceso al rodal, seguido por otro método de raleo.

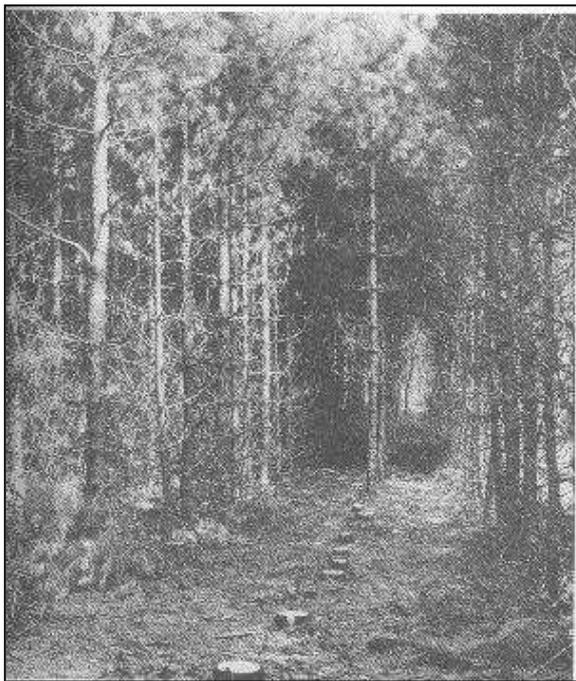


Figura 5.18. Rodal de coníferas sometido a raleo sistemático (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

Ventajas del raleo sistemático:

- Requiere mínimo de habilidad y conocimientos.
- Más barato que otros métodos (menor costo de mano de obra).

Desventajas del raleo sistemático:

- Árboles remanentes pueden ser defectuosos y de clases de copa inferiores.
- No sigue curso natural de desarrollo del rodal.

5.3.5. Raleo libre.

Su denominación proviene de que combina las principales características de los métodos de raleo descritos anteriormente, pero sin adherirse a ninguno de ellos en particular. Su aplicación se justificaría en rodales irregulares en edad, densidad y composición (situación más probable en bosques naturales). La aplicación de este método de raleo permite crear o mantener rodales con una alta diversidad. La Figura 5.19. muestra esquemáticamente la aplicación de los distintos métodos de raleo a un rodal de coníferas.

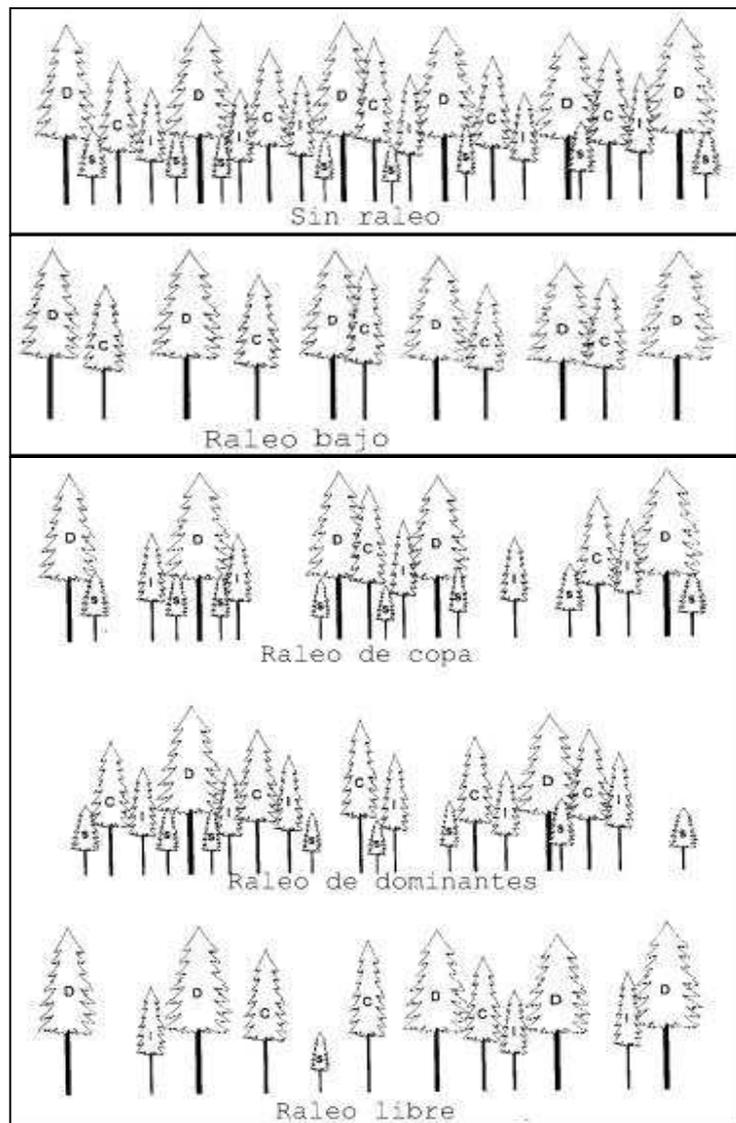


Figura 5.19. Rodal de coníferas que contiene una mezcla de árboles dominantes (D), codominantes (C), intermedios (I) y suprimidos (S), luego de la aplicación de un raleo bajo, de copas, de dominantes y libre (Fuente: Russell *et al.*, 1999).

Un resumen de las principales características de los métodos de raleo se presentan en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Características principales de los distintos tipos de raleo y cómo afectan al rodal.

Método de raleo	Efecto del raleo sobre:					Condición del rodal a aplicar
	Vuelo y DAP	Calidad	Estructura	Densidad	Volumen explotado	
Por lo bajo	Afecta las clases inferiores	Eleva la constitución de calidad del rodal residual	La simplifica bastante.	No influye mucho en la densidad total de los estratos superiores	Diámetros menores de baja calidad. Volumen extraído es reducido	Estructura simple. De preferencia rodales artificiales
Por lo alto	Afecta las clases superiores (codominantes)	Cambia en forma moderada la calidad del rodal residual Mal	La simplifica moderadamente	Aclara bastante los estratos superiores	Diámetros mayores de calidad reducida.	Rodaless puros (o mixtos). De especies tolerantes o con distintos grados de tolerancia
Selección	Afecta las clases superiores (dominantes)	aplicado disminuye la calidad del rodal residual	La altera moderadamente	Aclara el estrato superior	Diámetros mayores de calidad. Volumen extraído es alto	Estructura simple. Rodales con especies tolerantes (especialmente coníferas)
Mecánico	Afecta a todas las clases de copa	No cambia la calidad del rodal residual	No la cambia	Aclara uniformemente	Todas las clases de diámetro y de calidad. Volumen extraído es alto.	Artificiales de espaciamiento regular y estructura simple. Rodales regenerados naturalmente

La Figura 5.20. muestra las clases diamétricas extraídas según el método de raleo aplicado.

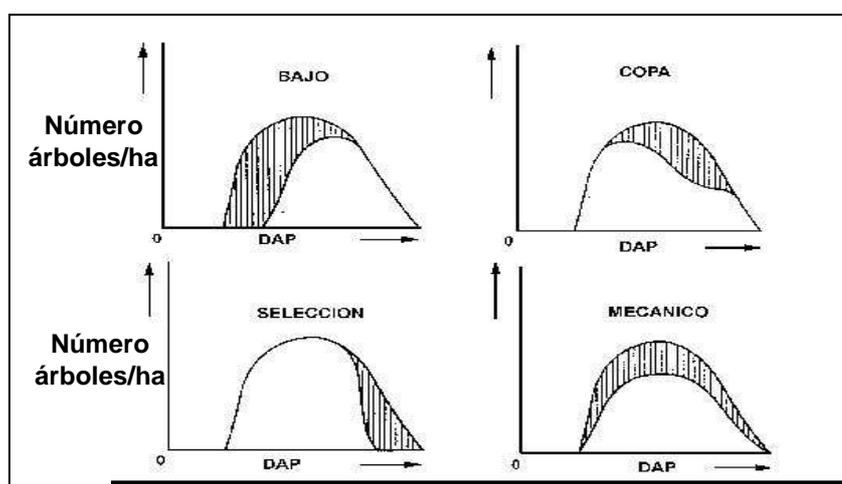


Figura 5.20. Distribución diamétrica de un rodal coetáneo puro según el método de raleo aplicado (área achurada corresponde a la porción removida del rodal) (Fuente: Smith *et al.*, 1997).

5.4. Faenas de raleo con maquinaria.

Los cambios tecnológicos en las faenas de cosecha de plantaciones han sufrido durante las últimas décadas profundos cambios. Es así como caballos y bueyes han sido remplazados por tractores y cosechadores.

5.4.1. Raleos comerciales mecanizados.

Los raleos comerciales pueden causar heridas en la copa, fuste y raíces de los árboles residuales; el daño varía según el equipo usado y la habilidad del operador de la máquina. Las heridas son fuentes potenciales de infección por organismos que causan descomposición del fuste, pudrición de raíces y canchales. La localización y el tamaño de la herida son importantes. Varios autores han reportado reducción del crecimiento en altura y diámetro en proporción al tamaño de la herida. También reducen la calidad de la madera. La habilidad o destreza del operador de la máquina es el factor más importante para evitar el daño.

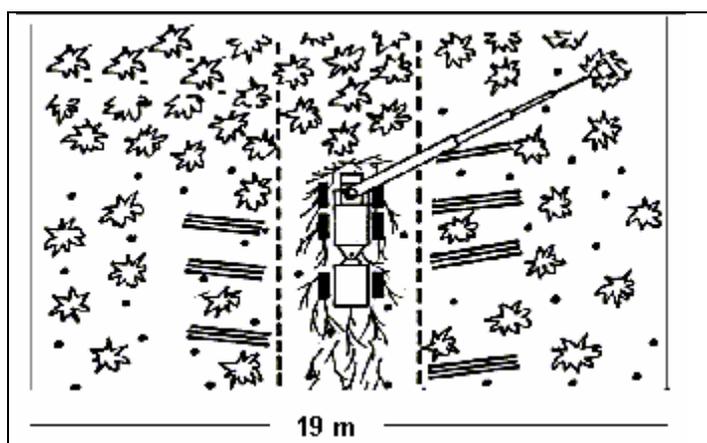


Figura 5.21. Raleo mecanizado, el ancho de la faja es de 4 m y la distancia entre fajas de 15 m (FMG Timberjack, 1992).

5.5. Prescripción del raleo.

Un medio propuesto para medir la intensidad del método de raleo aplicado es la **Razón de Raleo** (Eide y Langsaeter, 1941 según Braathe, 1957) que se define como:

$$\text{Razón de raleo} = d/D \quad \text{donde: } d = \text{diámetro medio árboles removidos} \\ D = \text{diámetro medio árboles residuales}$$

Varios autores (e.g. Smith, 1986) han definido la razón de raleo usando D como el diámetro promedio *antes* del raleo, el que se denota como d/D^* ; usando esta razón, los raleos pueden ser clasificados como sigue (Tabla 5.5.).

Tabla 5.5. Clasificación del raleo según la razón d/D^* .

Razón de raleo	Método de raleo
$0,65 < d/D^* < 0,75$	Raleo bajo
$0,75 < d/D^* < 0,90$	Raleo bajo alta intensidad o raleo de copa suave
$0,90 < d/D^* < 1,00$	Raleo de copa alta intensidad
$d/D^* > 1,00$	Raleo de dominantes

Raleos con una razón de 0,85 o menor son también conocidos como “raleo por lo bajo”; raleos con razón sobre 1 son también llamados “raleo por lo alto o de copa”.

5.6. Efectos del raleo en el ecosistema.

5.6.1. Sobre la diversidad biológica.

El raleo puede cambiar **diversidad vertical** alterando, en consecuencia, la riqueza de especies (Figura 5.22.):

- Raleo por lo bajo y de dominantes remueven elementos de la estructura vertical.
- Alteran hábitat de especies que viven en las partes más bajas de las copas de los árboles que prefieren posarse y anidar sobre o bajo dosel principal de copas.
- En plantaciones y rodales naturales de una sola especie, raleos de copa tempranos y frecuentes son aconsejables para mantener riqueza de especies y diversidad vertical, especialmente bajo sistemas de manejo coetáneo en cortas rotaciones que impiden a los rodales alcanzar copas fragmentadas, típicas de edades avanzadas.

5.6.2. Sobre el sotobosque.

Raleo reduce competencia y permite mayor entrada luz solar al piso del bosque:

- Especies del sotobosque pueden competir con los árboles por agua y nutrientes o pueden incrementar tasa del ciclo de nutrientes (o ambos efectos).
- Raleo de copa da origen a un dosel abierto (open canopy) estimulando el desarrollo de vegetación del sotobosque (hierbas y arbustos) y promoviendo el desarrollo de copas más grandes de los árboles cosecha (Figura 5.23.).
- Raleo de copa puede influenciar cantidad y calidad forraje sotobosque disponible para animales herbívoros (sin embargo, sombra reduciría digestibilidad forraje por alto contenido de celulosa, proteínas, Ca y P).

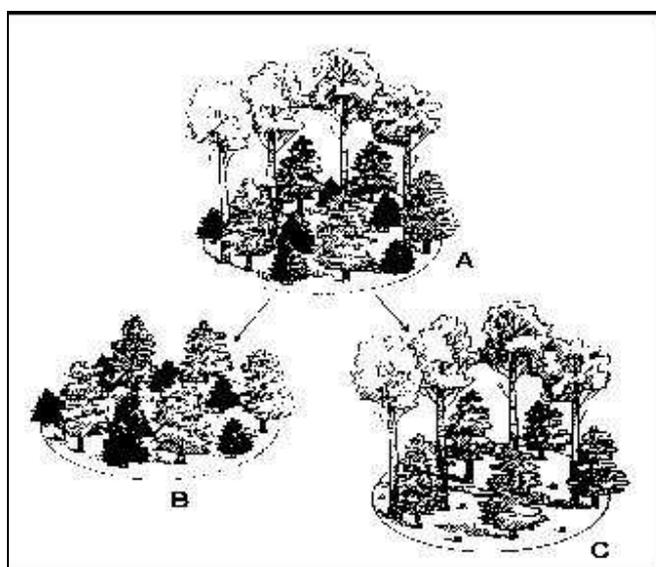


Figura 5.22. Raleo de dominantes (B) y raleo por lo bajo (C) reduce la estructura vertical de un rodal (A) (Fuente: Hunter, 1990).

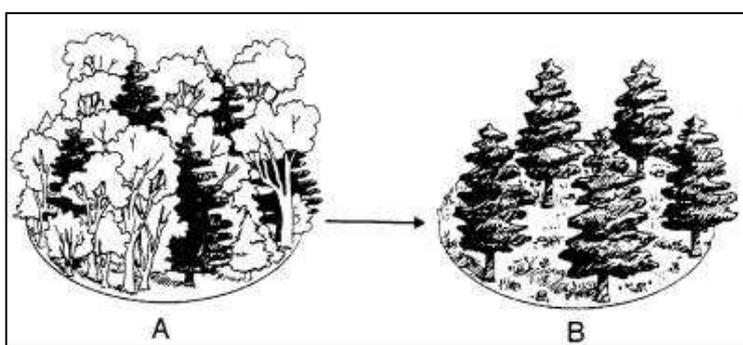


Figura 5.23. En un rodal (A) la aplicación de un raleo por lo alto crea un dosel abierto (B) (Fuente: Hunter, 1990).

El raleo puede también reducir la producción de forraje en el tiempo:

- Desarrollo de un estrato intermedio de especies tolerantes que interceptan más luz que las copas de dosel superior; el raleo puede incrementar la estructura vertical (que beneficia a las aves), pero también puede actuar en detrimento de los herbívoros terrestres.

Árboles de baja calidad removidos en un raleo pueden incrementar diversidad de hábitat:

- Remoción grupos de árboles de reducida calidad puede estimular mayor respuesta del sotobosque que la remoción de árboles individuales; también la muerte de árboles por anillado o aplicación de herbicidas proporcionará forraje y sitios de anidación para animales silvestres.

5.6.3. Sobre los animales del sotobosque.

Animales herbívoros pueden preferir cierto tipo de vegetación como alimento, lo que alteraría la composición de especies del sotobosque y quizás el modo en que el sotobosque influencia a los árboles.

Arañas, hormigas, ratones y pájaros que tienen su hogar en el sotobosque, consumen insectos que se alimentan del follaje de los árboles y contribuyen a prevenir incremento violento de poblaciones de insectos:

- Árboles individuales tienen más recursos después de un raleo, están en mejores condiciones para defenderse contra insectos y patógenos; si los árboles o el suelo son dañados durante el raleo, lo opuesto puede ocurrir.

Raleos de copa muy intensos pueden alterar significativamente el microclima dentro de un rodal:

- Causando estrés o muerte de especies o individuos sensibles a bajas temperaturas o nieve; copas de los árboles proveen reducida protección contra bajas temperaturas y nieve que se acumula en el piso del bosque, limitando el forraje para animales silvestres (e.g. ciervos, guanacos).

5.6.4. Sobre la tolerancia de las especies.

La respuesta al raleo no sólo está dada por la tasa de crecimiento característica de la especie, sino también por su tolerancia relativa:

- Ramas bajas de especies intolerantes mueren rápidamente al sombrearse.
- Especies tolerantes retienen sus ramas más bajas mientras sus hojas continúen activas a bajas intensidades de luz.
- Para un sitio dado, se espera que especies tolerantes tengan copas vivas más grandes que especies intolerantes.
- De lo que se desprende que tendrían una menor respuesta al raleo.
- También, que los árboles de especies intolerantes que han quedado rezagados no estarían en condiciones de responder rápidamente a la liberación.

5.7. Marcación de raleo.

5.7.1. Definición.

Se entiende por marcación de raleo la acción de seleccionar los árboles a **extraer** o a **dejar** en un rodal a través de señas visibles y normalizadas y de acuerdo a criterios técnicos predefinidos.

Usualmente los árboles a ser **extraídos** son marcados debido a que normalmente son menos numerosos que los que permanecen.

Sin embargo, si la mayoría de los árboles deben ser removidos, los árboles que queden deberán ser marcados:

- Ello permite centrar la atención del marcador en los árboles seleccionados.
- Si el costo de marcación es alto, siempre es mejor marcar aquella categoría de árboles que es minoría.

Sea cual sea la preferencia de marcación y si el objetivo del raleo es mejorar la calidad y maximizar el crecimiento del rodal residual, no debe olvidarse que los árboles seleccionados son los que permanecerán, aunque estos no sean físicamente marcados. En raleos mecanizados, usualmente se marcan los árboles a extraer; en raleo tradicional, los que permanecen.

5.7.2. Mecánica de marcación.

Las marcaciones deben ser:

- Claramente visibles.
- Difíciles de alterar.
- Duraderas.

En la selección de los medios de marcación debe considerarse:

- Facilidad de operación.
- Rapidez.
- Costo del trabajo.

Entre los utensilios usados se pueden mencionar:

- Marcadores de madera.
- Rociadores de pintura (pistolas; brochas).

La pintura con brochas es habitualmente usada ya que:

- No daña el árbol (importante si los árboles a marcar son los que se dejan).
- Son fáciles de usar.
- Reducen el tiempo de marcación.
- Las marcas son difíciles de adulterar.

Observación: No olvidar que el principal costo de marcación es el tiempo que demanda esta actividad, no el material usado.

Usualmente, dos marcas son colocadas en cada árbol seleccionado:

- A una altura del fuste fácilmente visible (altura del pecho o de los hombros del operario).
- En la base del fuste (tocón), lo que permite determinar si la extracción se realizó de acuerdo a la marcación.
- Esta última marca puede omitirse si existe plena confianza en que los trabajadores respetarán las señales o si los árboles marcados son los que permanecerán en pie.

Para marcar una plantación, se requiere (Figura 5.24.):

- Determinar claramente el área a marcar (usar como referencia caminos, calles de maderero, cortafuegos, etc.).
- Iniciar el marcaje en un extremo del área.
- Considerar una faja estrecha compuesta de tres hileras.
- Avanzar por el centro de esta faja.
- Orientar las marcas en una misma dirección, de cara a la faja no marcada contigua.

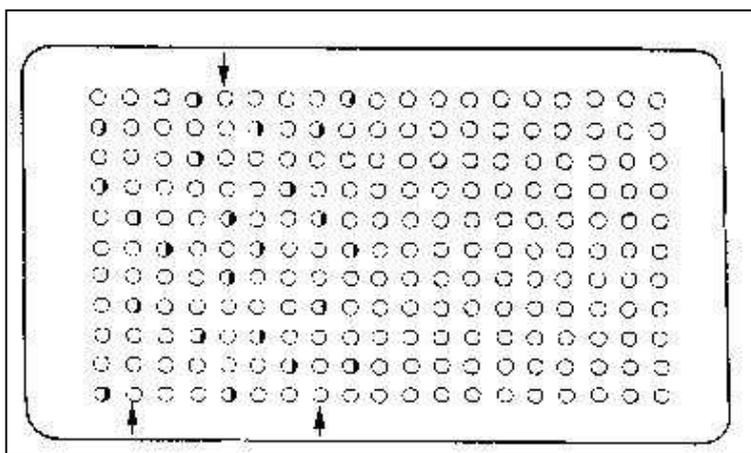


Figura 5.24. Representación esquemática del proceso de marcación de árboles para el raleo (las flechas indican la dirección de avance; el achurado el árbol seleccionado y orientación de la marca).

5.7.3. Rendimiento de marcación.

Los rendimientos de marcación (Tabla 5.6.) dependen de:

- Edad del rodal.
- Condición del rodal (natural o artificial).
- Calidad del rodal.
- Número de árboles a marcar.
- Topografía.
- Densidad del sotobosque.
- Destreza del marcador.
- Maquinaria a utilizar en el raleo.

Tabla 5.6. Rendimiento en marcación de árboles para raleo según edad.

Especie	Edad rodal (años)	Rendimiento hombre/día		Fuente
		(ha)	(n° arb)	
<i>Pinus radiata</i>	10	1,5	-	Chile Forestal (1981)
<i>Pinus radiata</i>	10 - 12	1,0	-	INFOR (1985)
<i>Pinus radiata</i>	16 - 18	2,5	-	INFOR (1985)
<i>Pinus radiata</i>	6	2.0		Bosques de Chile (2003)
Pino oregón	40	-	620	Worthigton y Staebler (1961)
Pino oregón	60	-	360	Berg (1970)

Tabla 5.7. Detalle de una faena de marcación y su respectivo raleo para una plantación de *Pinus radiata* con esquema de manejo para obtener madera para remanufactura.

Faena	Marcación de Raleo	Raleo a desecho
Edad (años)	6	7
Densidad remanente (arb/ha)	550	550
Rendimiento (jor/ha)	0,5	1,8
Costo (\$/ha)	8.000	24.000

(Fuente: Forestal Copihue, 2003).

5.7.4. Selección de árboles.

Los árboles de un rodal pueden ser segregados en tres categorías:

- Los árboles destinados a formar la cosecha final.
- Los árboles que serán removidos en raleos siguientes pero necesarios momentáneamente para utilizar el espacio de crecimiento que eventualmente será ocupado por árboles de cosecha final.
- Los árboles a remover en raleo próximo.

En un raleo se deben identificar los árboles más eficientes para la producción de volumen (madera), los cuales deben ser favorecidos; estos constituirán los **árboles de cosecha**.

Las principales características fenotípicas deseables de los árboles a favorecer son:

- Fuste recto.
- Reducida conicidad.
- Ramas pequeñas.
- Copa simétrica.
- Libres de sinuosidades, grano en espiral y otras malformaciones.
- Follaje sano.
- Ápice bien definido.

Las características señaladas deben buscarse entre los árboles de mayor vigor, aquellos que logran dimensiones superiores en un rodal, es decir:

- Dominantes.
- Codominantes.

Usualmente, hay una relación directa entre las dimensiones de los árboles (fuste y copa) y su posición en el dosel. La dominancia de los árboles puede mantenerse con raleos oportunos; las deformaciones del fuste son permanentes. Además del vigor y características fenotípicas deseables de los árboles a dejar en un raleo, se debe también considerar el espaciamiento entre ellos (Figura 5.25.).

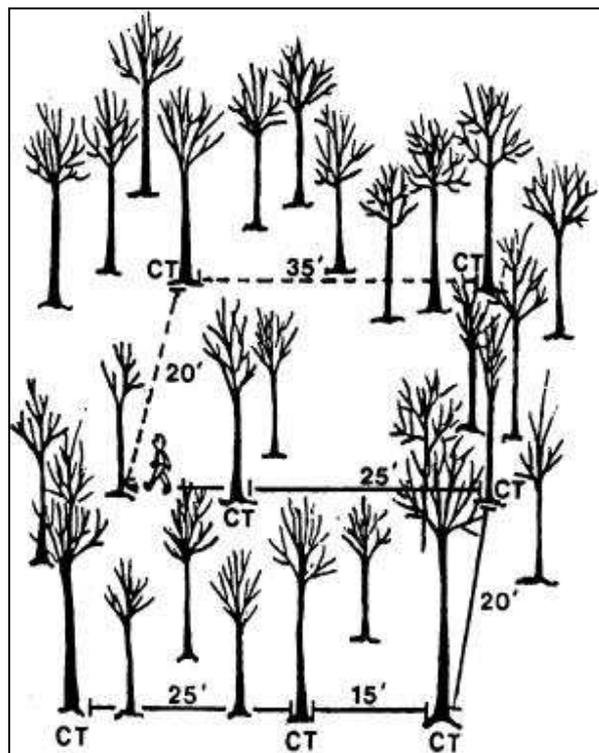


Figura 5.25. Espaciamiento entre árboles después de un raleo. Los árboles cosecha (CT) pueden estar espaciados entre 15 pies (5 m) y 35 pies (12 m) unos de otros.

5.7.5. Prioridades de selección.

Dependiendo del método de raleo a aplicar y de la edad del rodal, se pueden señalar las siguientes prioridades de selección de árboles a extraer:

- **Prioridad 1:** Árboles defectuosos y aquellos cuya tasa de crecimiento parece mínima comparada con el resto de los árboles de un rodal, deben ser primeramente marcados para remover
- **Prioridad 2:** Árboles dominantes y codominantes de mala forma cuya remoción liberará árboles de mejor forma y calidad de estas clases de copa
- **Prioridad 3:** Árboles de cualquier tipo, afectados por enfermedades no incluidos en ninguna de las dos primeras prioridades

5.7.6. Selección según esquema de manejo.

La edad a la cual se efectúa un raleo y el número de raleos programados está en relación con:

- Objetivo de producción del rodal.
- Espaciamiento inicial (densidad).
- Accesibilidad del rodal.
- Disponibilidad de mercados.
- Calidad del sitio.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Capacidad económica del propietario.

Dos esquemas de manejo pueden diferenciarse en plantaciones de pino radiata para la producción de madera aserrada:

- Aquellos que incluyen poda.
- Aquellos que no consideran poda.

En el primer caso, los árboles a favorecer serán los podados; si estos exceden el número indicado en la prescripción dada se seleccionará partiendo por aquellos más intensamente podados. Si el manejo no incluye poda, valen las mismas consideraciones de selección de árboles tratadas previamente.

5.7.7. Supervisión y control de calidad.

Supervisión: Una vez que el trabajo ha sido planificado y organizado y los marcadores capacitados, el éxito de la marcación dependerá fundamentalmente de una buena supervisión. El supervisor es responsable de controlar la calidad y cantidad del trabajo realizado.

Control de calidad: El rol del supervisor es la última etapa en el proceso de manejo llamado control: asegurarse que la marcación (en este caso) se realizó de acuerdo a lo especificado.

Algunos de los aspectos a observar son:

- Si se marcó el número de árboles especificados en la prescripción.
- Si las marcas en los árboles son claramente visibles.
- Si los árboles marcados corresponden a los criterios de calidad especificados.
- Si la distribución de los árboles guarda las normas contenidas en la prescripción.

El control de marcación se realiza usualmente mediante parcelas de muestreo de dimensiones y forma variables (Figura 5.26.).

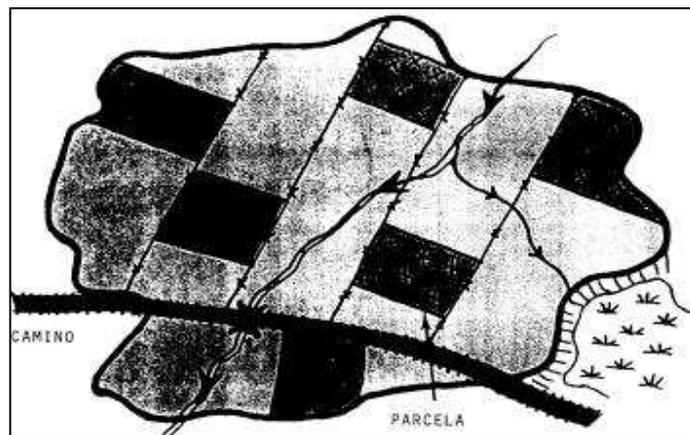


Figura 5.26. Ubicación de parcelas de control de marcación de raleo en trabajo en fajas.

5.9. Cuestionario.

Sobre la teoría del raleo:

- ¿Qué se entiende por raleo? ¿Cuáles son sus objetivos fundamentales?.
- ¿En qué fenómeno natural se sustenta la aplicación de los raleos?.
- ¿Cuáles son los efectos, en el crecimiento de un rodal, de la aplicación de un raleo?.
- ¿El sistema radicular o la copa de un árbol responde más prontamente al raleo?.
- ¿Es posible que un raleo no altere la tasa de crecimiento de los árboles remanentes? Si es así, ¿Por qué?.
- ¿De qué factores depende la rapidez con que un rodal responda al raleo?.
- ¿Cómo se compara la producción de un rodal coetáneo con y sin raleo?.
- ¿El raleo afecta la capacidad del sitio para la producción de madera?.

Sobre métodos de raleo:

- ¿Cuáles son los principales métodos de raleo que se conocen? ¿En qué factores se basa cada uno de los métodos de raleo para identificar los árboles a extraer (o a dejar)?
 - ¿De qué factores depende la intensidad, frecuencia y oportunidad con que se aplique un raleo?
 - ¿Qué se entiende como régimen de raleo?.
 - ¿Cuáles son las principales características de los métodos de raleo?.
 - ¿Cuáles son los supuestos en que se basa la aplicación de los diferentes métodos de raleo?.
 - ¿Qué tipo o clase de árboles se extraen en un raleo de intensidad baja, moderada y alta?
 - ¿Cuáles son las principales ventajas y desventajas de los métodos de raleo?
 - ¿En qué casos aplicaría cada uno de los métodos de raleo conocidos?
- Identifique el método de raleo que corresponde a cada una de estas sentencias:

Planteamiento	Método de raleo
Tiene un efecto mínimo sobre los árboles de cosecha	
Afecta principalmente las clases de copa inferiores	
Afecta las clases de copa superiores	
Incrementa la calidad del rodal residual	
No altera la calidad del rodal residual	
Simplifica moderadamente la estructura del rodal	
Altera moderadamente la estructura del rodal	
Aclara bastante el estrato superior de un rodal	
Aclara fundamentalmente el estrato superior de un rodal	
El volumen cosechado es de baja calidad	
El volumen cosechado es alto	
Se aplica preferentemente en rodales con especies de distinto grado de tolerancia (a la sombra)	
Se aplica preferentemente en rodales conformados por especies tolerantes (a la sombra)	
Disminuye la razón altura/diámetro	

Sobre efectos del raleo:

¿Qué elementos de la estructura vertical de un rodal son removidos por los diferentes métodos de raleo?

¿Cuál (es) de los diferentes métodos de raleo puede cambiar la diversidad vertical de un rodal alterando en consecuencia la riqueza de especies?

¿Cuál de los diferentes métodos de raleo sugeriría aplicar en rodales puros y coetáneos para mantener riqueza de especies y diversidad vertical?

¿Cuál de los diferentes métodos de raleo promueve en mayor medida la vegetación del sotobosque?

En relación con la tolerancia de las especies (a la sombra), ¿es de esperar una mayor respuesta al raleo de especies tolerantes o intolerantes?

Sobre marcación de raleo:

¿Los árboles a extraer o a dejar son marcados?

¿Cómo, dónde y con qué deben hacerse las marcas? ¿De qué factores depende el rendimiento de marcación?

¿Qué características fenotípicas deben reunir los árboles a favorecer en un raleo?

Dependiendo del método de raleo y de la edad del rodal, ¿cuáles son las prioridades de selección de árboles que establecería?

¿Qué factores tienen relación con la edad a la cual se efectúa un raleo y el número de raleos programados?

6. ¿Cuál es el rol del supervisor en una faena de marcación de raleo? ¿Qué aspectos o factores debe éste controlar? ¿Cómo se realiza el control de marcación?

CAPITULO VI



***PODA: DEFINICIÓN, OBJETIVOS, INTENSIDAD, FRECUENCIA,
ÉPOCA Y EJEMPLOS***

6.1. Definición y objetivos.

La poda se puede definir como “*la extracción de las ramas basales vivas o muertas de un árbol*”. Posee una gran diversidad de objetivos, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

- Facilitar el acceso al rodal en faenas de volteo y madereo.
- Reducir riesgo de incendio de copa (interrupción de la continuidad del fuego).
- Controlar la diseminación de enfermedades.
- Estimular, junto con el raleo, el crecimiento de la vegetación del sotobosque favoreciendo el hábitat para la vida silvestre.
- Controlar las dimensiones de ramas y la luz disponible para el crecimiento del pasto en un régimen agroforestal.
- Producir madera libre de nudos (clearwood).
- Favorecer la floración y fructificación.
- Manejar la forma del árbol (poda formativa).

Existen dos tipos de poda:

- Natural (depende de las especies, fases de desarrollo u otros factores que afectan proceso).
- Artificial (ramas secas, ramas vivas).

Los tratamientos silviculturales pueden producir tres tipos de productos, en diferente proporción, dependiendo del manejo que se ejecute o el objetivo que se quiera cumplir:

- Madera con nudos (e. g. pulpa, tableros); interesa el peso de la fibra.
- Madera con nudos (e. g. construcciones, postes, embalajes); interesa resistencia mecánica y estabilidad dimensional.
- Madera sin nudos (e. g. muebles, terminaciones); interesa apariencia y estabilidad dimensional.

¿Cuál de ellos favorecer? o ¿qué tipo de producto obtener a la cosecha?



Madera estructural: su producción no presenta ventajas comparativas (apreciables).



Madera sin nudos, opción de mayor rentabilidad

6.2. Factores de clasificación de las trozas podadas.

- Diámetro altura muñón o sobre muñón (DSM) o en inglés, diameter over stubs (DOS).
- Diámetro sobre oclusión (DSO) o en inglés, diameter over occlusions (DOO).
- Diámetro cilindro defectuoso (DCD) o en inglés, diameter defect core (DDC).

DOS: Es el diámetro máximo de un árbol medido sobre los muñones al efectuarse la poda (Figura 6.).

DOO: Diámetro máximo medido en la zona de oclusión (DSM más la profundidad de oclusión).

DDC: Es el cilindro que contiene el DSM mas los tejidos de cicatrización y cualquier irregularidad del fuste (sinuosidad) al momento de la poda.

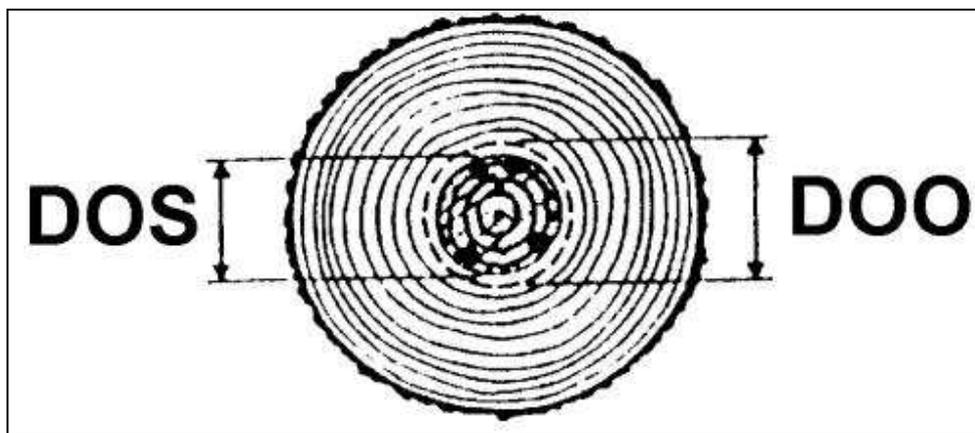


Figura 6.1. Corte transversal que muestra la relación entre el diámetro sobre muñón (DOS) y el diámetro de oclusión (DOO).

6.2.1. Relación entre DBH (DAP) y DOS.

El DOS puede ser estimado a través de distintas ecuaciones simples para una gran variedad de bosques y regímenes silviculturales. En un estudio llevado a cabo en Nueva Zelanda para predecir el DOS en rodales podados de *Pinus radiata* (Knowles *et al.*, 1987) se mostró que el DOS máximo puede ser predicho con una exactitud razonable para cualquier poda o combinación de levantes de poda, hasta una altura de DOS de hasta 11 metros desde el nivel del suelo. El DOS medio de un rodal para una poda en particular fue predicho a partir de los valores medios del Diámetro a la Altura del Pecho (*d.b.h.*), la altura total, la altura de DOS (DOS Ht) y el diámetro de rama máximo en el verticilo (*MAXBR*). La altura y DOS Ht son medidos en metros, *d.b.h* en centímetros y *MAXBR* en milímetros. Se chequearon tres ecuaciones, a partir de datos de

rodiales de todo el país. La ecuación que presentó los mejores resultados fue la siguiente:

$$\text{DOS} = 1.1731 + 0.935 \text{ DADOS} + 0.1351 \text{ MAXBR} - 0.0007031 \text{ MAXBR}^2 - 0.2513 \text{ DOS Ht} + 0.0451 \text{ DOS Ht}^2$$

Donde : DADOS = d.b.h. (Ht - DOS Ht) / (Ht - 1.4)

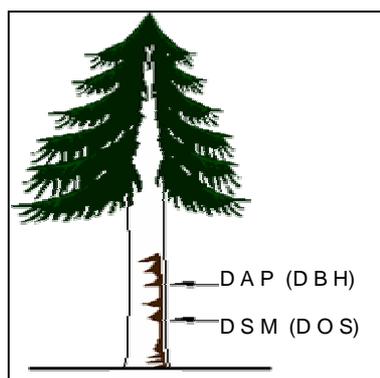


Figura 6.2. Ilustración de la ubicación del DOS en la primera poda.

La Figura 6.3 muestra el corte transversal de dos árboles de similar diámetro, uno sin poda y otro podado. En el primero el corazón defectuoso comprende la totalidad de la sección; en el segundo, el corazón defectuoso está restringido a una sección pequeña, correspondiendo la mayoría a madera libre de nudos.

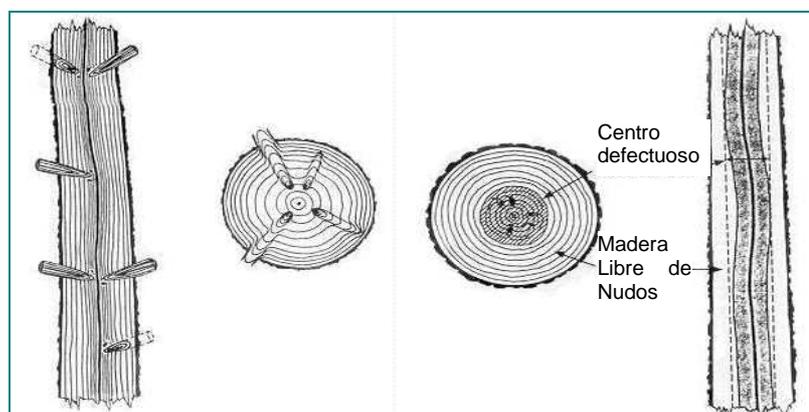


Figura 6.3. Corte transversal y longitudinal de un árbol sin poda (A) y un árbol podado (B), mostrando la capa de madera libre de nudos alrededor del corazón defectuoso (Fuente: Maclaren, 1993).

En general, para pino radiata: **DCD = DSM + 6 cm.**

En poda baja, altura DSM usualmente bajo altura DAP.

En podas posteriores, el DSM está próximo a la base de la copa viva remanente.

La importancia de mantener un mismo DOS en podas sucesivas se muestra en las Tablas 6.1 y 6.2.

Tabla 6.1. Evolución del DOS en podas sucesivas bianuales por zona de crecimiento: a) Concepción-Arauco (CA); b) Arenales (AR) y c) Malleco (MA).

Edad rodal (años)	Clase sitio (m)	Diferencia \bar{x} DOS (cm) podas sucesivas		
		CA	AR	MA
7	34	+5,4	+2,7	+3,6
8	31	+3,2	+2,6	+2,0
8	28	+4,2	+2,5	+2,5
9	25	+1,7	+2,3	+1,4

Tabla 6.2. Altura DOS de la 2ª poda y pérdida volumen libre de nudos (PVLN) por zona de crecimiento (CA, AR, MA).

Edad rodal (años)	Clase sitio (m)	Altura DOS 2ª poda (m)			PVLN (m ³ /árbol)		
		CA	AR	MA	CA	AR	MA
7	34	2,7	3,3	3,1	0,034	0,022	0,018
8	31	2,2	3,2	3,5	0,014	0,018	0,014
8	28	2,3	2,3	3,7	0,018	0,013	0,014
9	28	2,6	2,6	3,1	0,008	0,014	0,018

Cálculo económico pérdida madera libre nudos por efecto de la diferencia en DOS entre la 1ª y 2ª poda:

Si: N° árboles/ha al final rotación = 200
 Valor madera libre nudo en pie = US\$ 50/m³
 Se considera valor más bajo de PVLN = 0,008 m³/árbol

Luego: $200 * 0,008 = 1,6 \text{ m}^3/\text{ha} * 50 = \text{US\$ } 80/\text{ha}$ (mayor costo 1ª poda a US\$ 80/ha).

La segunda poda debe realizarse cuando se alcanza el diámetro de la primera poda, para mantener así un corazón nudosos uniforme (Figura 6.4).

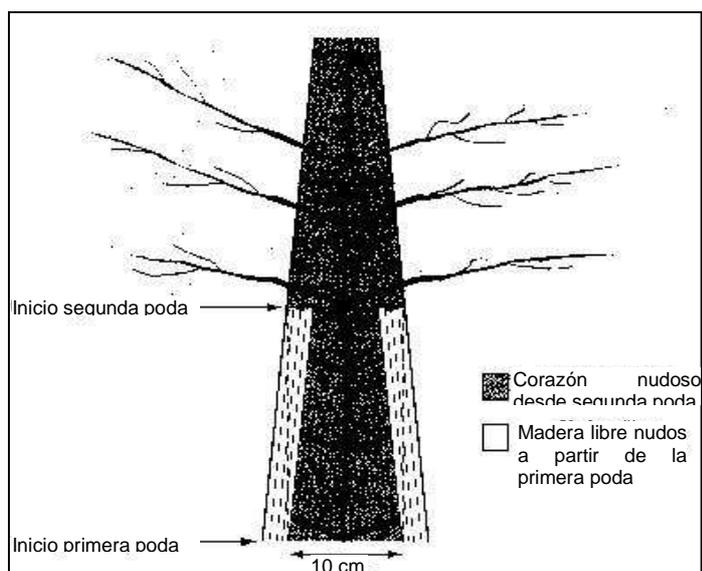


Figura 6.4. Sección longitudinal que muestra la relación entre el diámetro de oclusión (DOO) y el corazón defectuoso (DCD).

En Nueva Zelanda dilatar poda un (1) día, disminuye el valor del bosque al momento de cosechar en \$ 3,5/ha (Sutton, 1985).

En Nueva Zelanda el precio de trozas podadas es hasta cuatro (4) veces superior a las no podadas.

En noroeste de USA, dilatar poda pino oregón en siete (7) años, decrece VNP de US\$ 376/ha a sólo US\$ 40/ha (Reutebuch y Hartsough, 1994).

Dilatar la poda implica un aumento en las dimensiones de las ramas, un mayor costo de poda y un menor volumen de madera libre de nudos (a igual edad de rotación).

En rodales no podados, dilatar el raleo no es tan crítico como en rodales podados.

La oportunidad de poda tiene mayor impacto en los retornos financieros esperados que el costo de poda.

Madera libre de nudos tiene mayor valor debido a superior resistencia, propiedades uniformes de trabajabilidad y apariencia visual.

El efecto de una poda oportuna en la producción de madera libre de nudos se muestra en la Figuras 6.5 y 6.6. Las Figuras 6.7 y 6.8 y la Tabla 6.3, muestran la influencia del diámetro menor del trozo podado y del DOS en el valor y rendimiento de la madera libre de nudos, respectivamente.

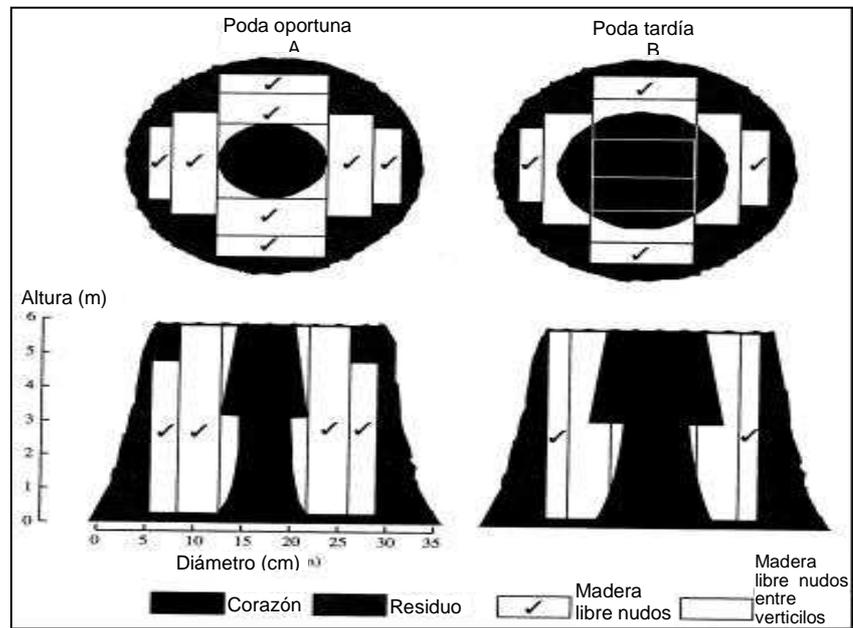


Figura 6.5. Distribución de madera libre de nudos en régimen de poda oportuno (A) y tardío (B).

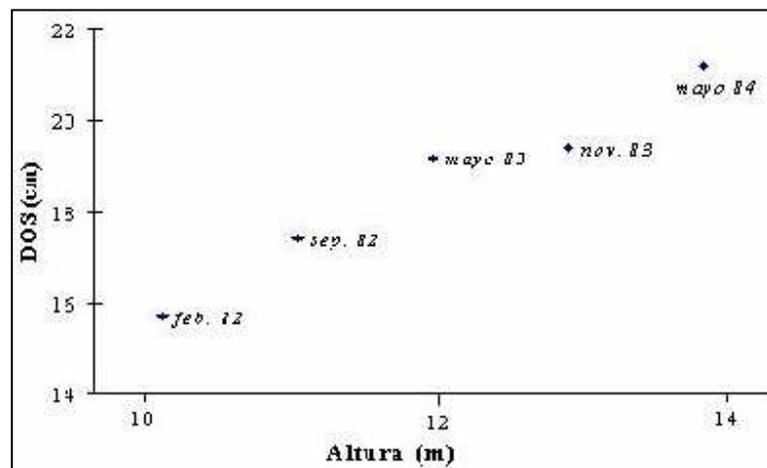


Figura 6.6. Efecto de la oportunidad de poda y su influencia en el DOS resultante (Kaingaroa, Nueva Zelanda, poda alta) (Fuente: Sutton, 1985).

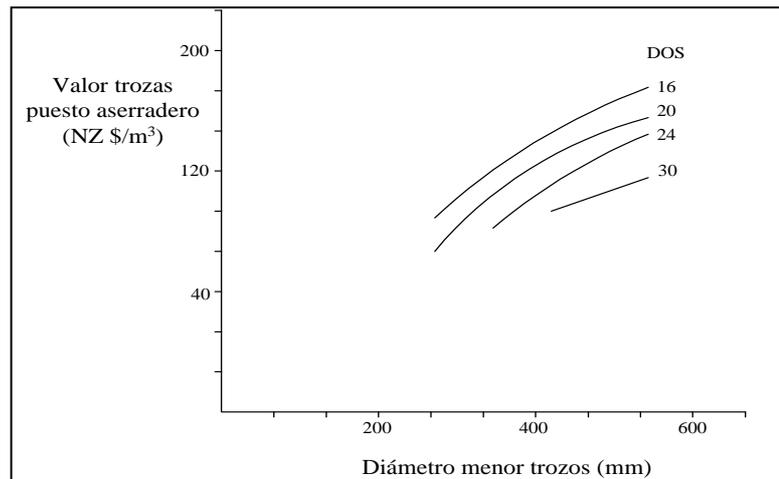


Figura 6.7. Influencia del diámetro menor del trozo y del DOS en el valor de los trozos puesto aserradero (Fuente: Sutton, 1985).

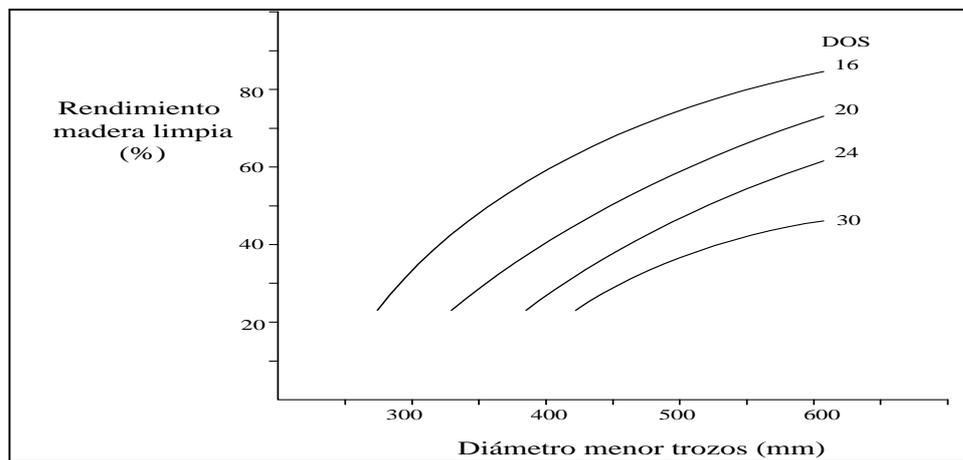


Figura 6.8. Influencia del diámetro menor del trozo y del DOS en el rendimiento de madera libre de nudos (Fuente: Sutton, 1985).

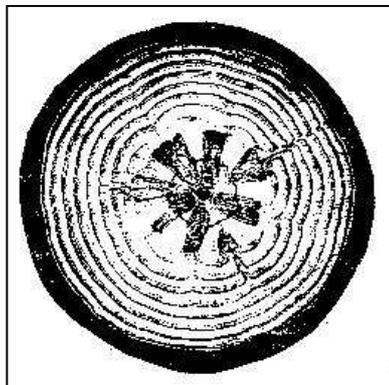


Figura 6.9. Corte transversal de una troza podada de *Pinus radiata*.

Tabla 6.3. Efecto del tamaño del trozo y del corazón defectuoso en el rendimiento de madera libre de nudos en árboles podados (% del total aserrado) de *Pinus radiata*.

Tamaño trozo (diámetro menor dentro corteza) (mm)	Dap equivalente (fuera corteza) (cm)	Corazón defectuoso (mm)						
		200	220	240	260	280	300	320
300	39	44	37	30	23	18	-	-
350	45	56	49	43	36	30	25	20
400	51	65	59	53	47	41	36	30
450	57	71	67	62	57	51	46	41
500	63	76	72	68	64	59	55	50
550	69	79	76	73	69	65	61	57
600	76	82	79	77	74	70	67	63

(Fuente: Cown, 1992).

El efecto del espaciamiento en el tamaño de los nudos en una plantación de pino resinosa se muestra en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Efecto del espaciamiento en el tamaño de los nudos: características de los árboles dominantes en una plantación de *Pinus resinosa* de 20 años de edad (índice de sitio 70) (plantas 2-1; luego edad total es de 23 años).

Características	Espaciamiento (m)			
	1,5	2,1	2,7	3,3
Altura total (m)	9,8	9,8	9,8	9,8
Altura hasta inicio copa viva (m)	4,6	4,6	4,0	3,6
Ramas vivas por árbol (nº)	48	48	54	66
Diámetro ramas vivas (2,7-5,2 m) (cm)	1,8	2,6	2,6	2,8
Ramas vivas > 4 años de edad (nº)	24	24	30	42
Diámetro ramas vivas > 4 años de edad (cm)	1,8	2,4	2,6	2,7
Ramas muertas por árbol (nº)	60	60	54	42
Diámetro ramas muertas sobre 2,4 m (cm)	1,8	2,3	2,4	2,9
Diámetro ramas muertas bajo 5,2 m (cm)	1,7	1,9	2,1	2,2
Superficie nudos bajo 5,2 m				
Media (cm)	9,6	12,4	14,2	15,2
Máximo (cm)	16,5	20,6	23,4	26,9

(Fuente: Laidley y Barse, 1979).

Tabla 6.5. Rendimiento promedio de volumen libre de nudos (VLN) y volumen aserrable libre de nudos (VALN) por troza, en rodal de *Pinus radiata* de 18 años con poda a 12 m de altura.

Variable	Rendimiento por troza	
	(m ³ ssc)	(%)
Vol. total troza	0,3042	100,0
Vol. del DCD	0,1510	49,6
Vol. libre de nudos	0,1531	50,0
Vol. aserrado	0,1494	49,1
Vol. aserrado sin nudos	0,0295	9,7

(Fuente: Beltrán, 1998).

Tabla 6.6. Proporción de VALN promedio por troza en rodal de *Pinus radiata* de 18 años con poda a 12 m de altura.

Troza	Madera aserrada libre de nudos
	(%)
Primera (basal)	46,0
Segunda	33,8
tercera	20,2

(Fuente: Beltrán, 1998).

Tabla 6.7. Comportamiento del diámetro del verticilo (DSM), diámetro de oclusión (DO) y profundidad de cicatrización (PC) a lo largo del fuste podado, en rodal de *Pinus radiata* de 18 años con poda a 3, 7 y 12 m, a los 5, 7 y 11 años de edad.

Poda	Verticilo (Nº)	Altura (m)	DSM (cm)	DO (cm)	PC (cm)
Primera	1	0,52	15,12	18,25	3,13
	2	1,35	13,63	15,93	2,30
	3	1,64	13,25	17,46	4,21
	4	2,40	12,26	15,81	3,55
Segunda	5	4,42	17,39	21,66	4,27
	6	7,39	14,45	17,56	3,11
Tercera	7	8,45	15,81	18,37	2,56
	8	10,90	12,27	16,56	4,29

(Fuente: Beltrán, 1998).

6.3. Intensidad de poda.

Debe establecerse un compromiso entre minimizar DOS y mantener crecimiento del árbol, puesto que la remoción de ramas verdes decrece el tejido fotosintético, pero también el tejido respiratorio. Desde el punto de vista de producción de madera, una excesiva copa verde removida afecta rendimiento: disminución crecimiento en altura y diámetro.

Tabla 6.8. Reducción del crecimiento en diámetro en *Pinus ponderosa* 16 años después de efectuada la poda.

Altura árbol con copa viva (%)	Copa viva removida (%)						
	10	20	30	40	50	60	70
50	10	21	28	32	37	46	54
60	6	11	16	22	25	38	49
70	1	2	7	14	16	30	40
80	0	0	0	5	8	23	33
90	0	0	0	0	1	14	28

(Fuente: Barret, 1968).

En *Pinus ponderosa*, la reducción en crecimiento en diámetro está en relación con porcentaje de copa removida y longitud de la copa viva antes de la poda.

Tabla 6.9. Incremento en altura y diámetro de *Pinus taeda* cuatro años después de efectuada la poda.

Incremento Medio Anual	Porcentaje copa viva removida			
	0	20	40	60
Altura (m)	1.10 (100%)	1.08 (98%)	1.08 (98%)	1.05 (95%)
Diámetro (cm)	0.73 (100%)	0.68 (93%)	0.60 (82%)	0.58 (79%)

(Fuente: Stohr *et al.*, 1987).

En Brasil, rodal de *Pinus taeda* podado a los 8 años, muestra, después de cuatro años, que no hay un efecto significativo de la intensidad de la poda en el crecimiento de los árboles. Remoción de 30 a 70 % de copa viva tuvo reducido efecto en el crecimiento de red pine y *Pinus contorta* (Kramer y Kozlowski, 1979) (Figura 6.10).

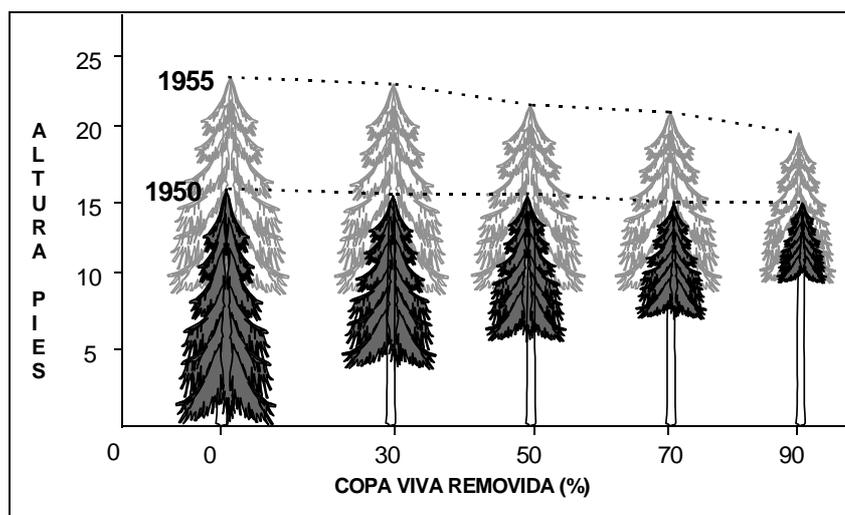


Figura 6.10. Efecto en el crecimiento en altura de red pine por la remoción de varios porcentajes de copa viva (Fuente: Kramer y Kozlowski, 1979).

- En Pino oregón, estudios indican que 1/3 de copa viva puede ser removida sin afectar el crecimiento en altura y diámetro (Cown *et al.*, 1992).
- Lehtpere (1957), citado por Cown *et al.*, (1992), detectó pérdidas significativas en crecimiento en diámetro de pino oregón un año después de remover el 32 % de copa viva (efecto desapareció al tercer año).
- Cown *et al.*, (1992) observaron un ligero incremento en crecimiento en altura y diámetro en Pino oregón con 25 % de copa removida.
- En Suecia, Arvidsson (1986) recomienda para *Pinus silvestris* no podar más de 1/3 longitud copa viva (Figuras 6.11 y 6.12).

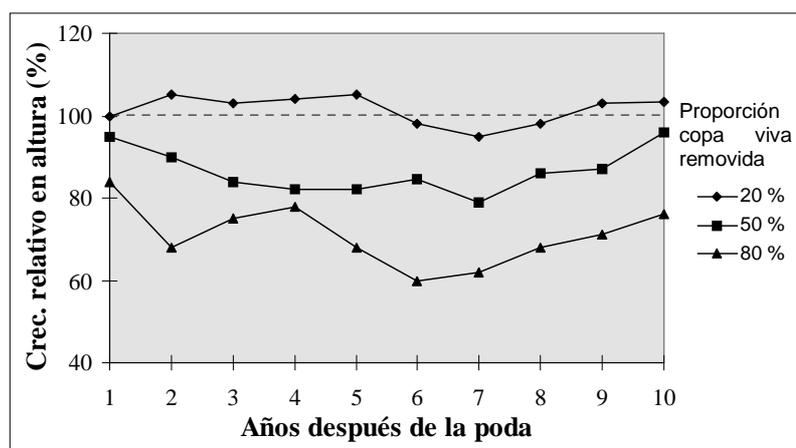


Figura 6.11. Reducción del crecimiento en altura según diferentes intensidades de poda, 10 años después de efectuar ésta (Fuente: Arvidsson, 1986).

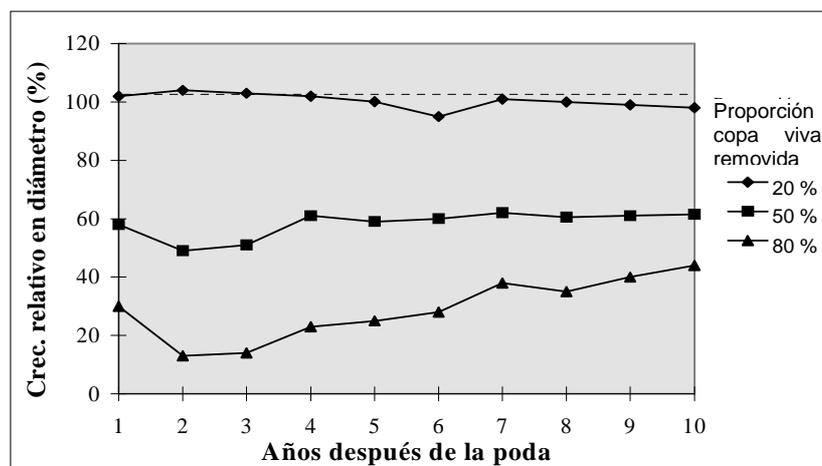


Figura 6.12. Reducción del crecimiento en diámetro según diferentes intensidades de poda, 10 años después de efectuar ésta (Fuente: Arvidsson, 1986).

6.4. Época de poda.

- Poda puede realizarse en cualquier época del año (ramas secas).
- Poda de ramas verdes es aconsejable en otoño (invierno) ya que:
 - Existe rápida cicatrización heridas en período crecimiento próximo.
 - Disminuye riesgo de ataque de hongos e insectos; y minimiza el desarrollo de ramas epicórmicas.
 - Adhesión de la corteza al árbol es mayor que durante estación de crecimiento.
- En especies del género *Pinus* se recomienda podar preferentemente en otoño, evitando condiciones climáticas que favorecen el crecimiento de hongos

Tabla 6.10. Resultados de estudios de época de poda en rodales de *Pinus radiata* establecidos en diferentes zonas de crecimiento de la 8ª y 9ª regiones.

Zona Crecimiento	Efecto raleo	Efecto poda	Efecto época poda	Distribución mensual crecimiento	
				Altura (m)	Dap (cm)
Concepción-Arauco	no	no	no	octubre	dic. y abril
Malleco	no	no	no	octubre	sep.-oct. y feb.
Precordillera	no	sí	sí ⁽¹⁾	octubre	oct. y enero
Arenales	no	no	no	octubre	sep. y febrero

() mediciones mensuales de altura y dap durante un año.

(¹) árboles podados en otoño (mayo) presentan diferencias significativas de crecimiento con respecto a árboles podados en restantes épocas del año.

(Fuente: Espinosa, 1991, 1992 a,b,c).

6.5. Ramas epicórmicas.

- Yemas durmientes del fuste o ramas del árbol son estimuladas por repentina exposición a la luz para producir ramas (o tallos) epicórmicos (también puede provocar daños por insolación).
- Reducen la calidad de la madera (incrementa los costos de poda).
- Más común en latifoliadas que en coníferas.
- Su producción varía según:
 - * Clases de copa de árboles (mayor en árboles suprimidos).
 - * Especie.
 - * Edad del árbol (mayor a menor edad).
 - * Grado de exposición (severidad de poda).
 - * Severidad del raleo.
 - * Mayor en los bordes del rodal.

En un experimento en Nueva Zelanda, un grupo de árboles se podó en primavera y otro en otoño, removiendo en algunos árboles el 40 % de su copa verde y en otros el 60 %. (Sutton y Crowe, 1975). Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Poda en otoño resultó en un menor número de árboles afectados (10 %).
- Poda 40 % sólo un 4 % desarrolló ramas epicórmicas.
- Poda en otoño y remoción 40 % copa verde tuvo efecto acumulativo; reducido desarrollo de ramas epicórmicas.
- A mayor intensidad poda, mayores pérdidas crecimiento en altura y diámetro:
 - * Al cabo de 3 años, los árboles eran 30 cm más pequeños y 2,5 cm menores en diámetro
 - * Época de poda no afectó el crecimiento (resultado similar al obtenido en dos rodales de *Pinus radiata* ubicados próximos a Concepción).
- Ramas epicórmicas se desarrollaron en algunos árboles, no en todos, de preferencia en exposición norte de los fustes.

En Sudáfrica, un estudio de poda con diferentes intensidades (Lange *et al.*, 1987) determinó que mientras más pequeño es el árbol y mayor el porcentaje de copa verde removida, mayor será la cantidad de brotes epicórmicos.

6.6. Frecuencia de poda (poda en una o más etapas).

6.6.1. Poda en una etapa.

- Reduce el porcentaje de madera libre de nudos (Figura 6.13).
- Incrementa la edad de rotación.
- Altera técnicas de trabajo en el bosque.
- Facilita selección árboles cosecha.
- Reduce costos de poda, por una sola entrada al rodal.
- Pero ramas son más gruesas.
- Raleo puede ser comercial.
- Alternativa si densidad es alta o vegetación competitiva es abundante (agresiva).
- Si se cuenta con material de plantación superior (menor DOS para una altura dada).

6.6.2. Poda en dos etapas.

- Valen aproximadamente las mismas consideraciones que en poda en una sola etapa.

6.6.3. Poda en tres o más etapas.

- Corazón nudoso reducido, incrementa porcentaje de madera libre de nudos (Figura 6.13).
- Requiere raleo precomercial.
- Acorta edad de rotación.
- Mayor problema selección árboles cosecha a temprana edad.
- Incrementa (maximiza) valor rodal, pero no-productividad física (volumen).
- Costo poda por entrada al rodal es menor (ramas más pequeñas).

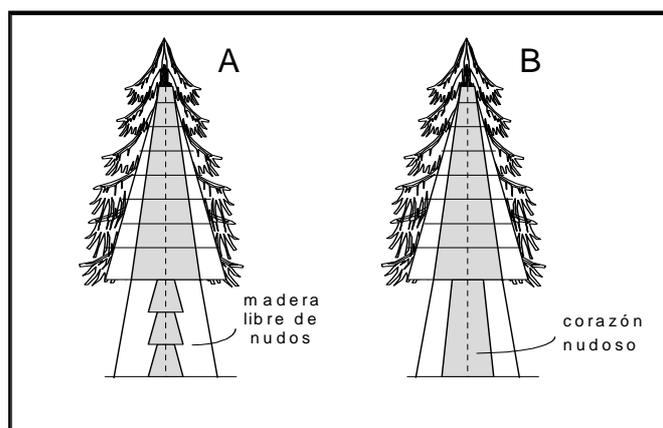


Figura 6.13. Poda en una (B) y en tres (A) etapas.

(A) Poda en varias etapas que da como resultado un cilindro nudoso uniforme bajo la madera limpia.

(B) Poda en una sola etapa, más tarde en la vida de un árbol en un rodal, deja corazón nudoso en forma cónica (mayor aprovechamiento madera limpia si los cortes son paralelos al cambium).

6.6.4. Comparación de rendimiento de poda en una o más etapas.

Tabla 6.11. Comparación de rendimiento en poda *Pinus radiata* en dos y tres etapas (valores promedios).

Esquema de poda	Altura poda (m)	Dap (cm)	Edad (años)	Tiempo/árbol (min.)
Dos etapas	0-3,5	12	7	9,5
	3,5-7,0	17	10	8,2 - 17,7
Tres etapas	0-2,5	12	7	4,8
	2,5-4,5	17	10	3,7
	4,5-7,0	17	10	5,1 - 13,6

(Fuente: Espinosa *et al.*, 1980).

Tabla 6.12. Rendimiento promedio poda en pino oregón en 1, 2 y 3 etapas

Esquema de poda	Altura poda (m)	Dap (cm)	Edad (años)	Tiempo/árbol (min.)
Una etapa	0-6,1	14	19	7,5
Dos etapas	0-4,0	11	15	6,6
	4,0-6,1	14	19	5,2 - 11,8
Tres etapas	0-2,1	9	11	3,5
	2,1-4,0	11	15	3,7
	4,0-6,1	14	19	5,2 - 12,4

(Fuente: Fennis, 1953, citado por Cahill *et al.*, 1986).

Comparación de volumen obtenido y del proceso de oclusión entre poda en una o más etapas (Tablas 6.13 y 6.14).

Tabla 6.13. Volumen medio por troza de cilindro defectuoso (CD) y libre de nudos (LN) para cuatro podas efectuadas a los 6, 7, 8-9 y 10 años, a una altura de 2,98, 4,65, 6,45 y 8,2 metros, respectivamente en un rodal de *Pinus radiata* de 13 años.

Etapa de poda	Volumen (m ³)			Proporción (%)	
	CD	LN	Total	CD	LN
1 ^a	0,081	0,058	0,139	58,3	41,7
2 ^a	0,049	0,008	0,057	86,0	14,0
3 ^a	0,056	0,003	0,059	95,4	4,6
4 ^a	0,052	0,000	0,052	99,9	0,1
Total	0,238	0,069	0,307	77,2	22,8

(Fuente: Palazuelos, 1995).

Tabla 6.14. Número de nudos ocluidos por etapa de poda y duración media del proceso de oclusión en un rodal de *Pinus radiata* de 13 años, con cuatro podas efectuadas a los 6, 7, 8-9 y 10 años, a una altura de 2,98, 4,65, 6,45 y 8,2 metros, respectivamente.

Etapa de poda	Nudos			Duración oclusión (años)
	Total	Cerrados	%	
1 ^a	137	133	97	3,5
2 ^a	88	70	80	3,1
3 ^a	88	49	56	3,0
4 ^a	125	18	16	2,8

(Fuente: Palazuelos, 1995).

6.6.5. Rendimiento de poda.

Los rendimientos de poda varían fundamentalmente según la altura a podar, la herramienta utilizada, la especie, la condición del rodal y el podador, entre otros.

Tabla 6.15. Rendimiento promedio de poda a 3,5 m en rodal de *Eucalyptus regnans* de 6 años con tijerón neozelandés y serrucho cola de zorro.

Herramienta	Rendimiento (arb/hora)	C.V. (%)	Tamaño muestra
Serrucho	33	24,7	97
Tijerón	24	28,9	100

(Fuente: Ramírez, 1999).

Tabla 6.16. Rendimiento según altura de poda en rodales de *Pinus radiata* de 5, 8 y 9 años con tijerón neozelandés.

Edad del rodal (años)	Altura de poda (m)	Rendimiento (arb/jornada)	Fuente
5	0-3	298	Albornoz, 1996
		269	Ravera, 1991
8	3-6	183	Albornoz, 1996
9	4-8	121	Albornoz, 1996

(Fuente: Albornoz, 1996).

Tabla 6.17. Rendimiento y costos según altura de poda en rodales de pino oregón en USA.

Altura de poda (m)	Rendimiento (arb/hora)	Costo de poda (US\$)
0-2	16,5-21,5	1,00-1,15
2-4	21,0-27,0	0,80-0,95
4-6	20,0-24,0	0,90-1,00

(Fuente: Reutebuch y Hartsough, 1994).

Tabla 6.18. Rendimientos y costos de poda con tijerón en rodales de *Pinus radiata* en Nueva Zelanda.

Altura de poda (m)	Árboles a podar (Nº/ha)	Rendimiento según condición			Costo de poda (NZ\$/arb)
		Fácil	Moderado (arb/hora)	Difícil	
0-3,5	76-125	15,0-25,0	8,6-14,2	6,7-11,1	0,70-1,10 0,90-1,20
	176-225	23,5-30,0	15,6-19,9	12,7-16,3	
	276-325	27,6-32,5	18,4-21,7	16,9-19,9	
	376-425	27,2-30,8	21,5-24,3	18,8-21,3	
> 3,5	26-75	10,4-30,0	6,8-19,7	5,2-15,0	1,00-1,70
	126-175	24,2-35,0	20,0-27,8	16,8-23,3	
	226-275	22,6-27,5	18,1-22,0	16,4-19,9	
	276-325	24,4-28,8	20,0-23,6	18,4-21,7	

(Fuente: Maclaren, 1993).

Tabla 6.19. Detalle de una faena de poda para un esquema de remanufactura en Pino insigne en Chile.

Edad (años)	10
Altura (m)	2,5
Herramientas	Tijerón o sierra
Rendimiento (jor/ha)	1,9
Costo (\$/ha)	32.000

(Fuente: Forestal Copihue, 2003).

6.7. Altura final de poda.

- Usualmente se poda primero 6 m del fuste.
- Poda a 8 m en los mejores sitios.
- Poda sobre 6 m están bajo discusión debido a:
 - * Mayores costos.
 - * Dificultad en controlar DOS.
 - * Pérdida de crecimiento.
 - * Dificultad determinar altura de poda al momento de la intervención.

La Figura 6.14 muestra la secuencia de poda en tres etapas hasta una altura de 6 m dejando en cada intervención 3 a 4 metros de copa viva.

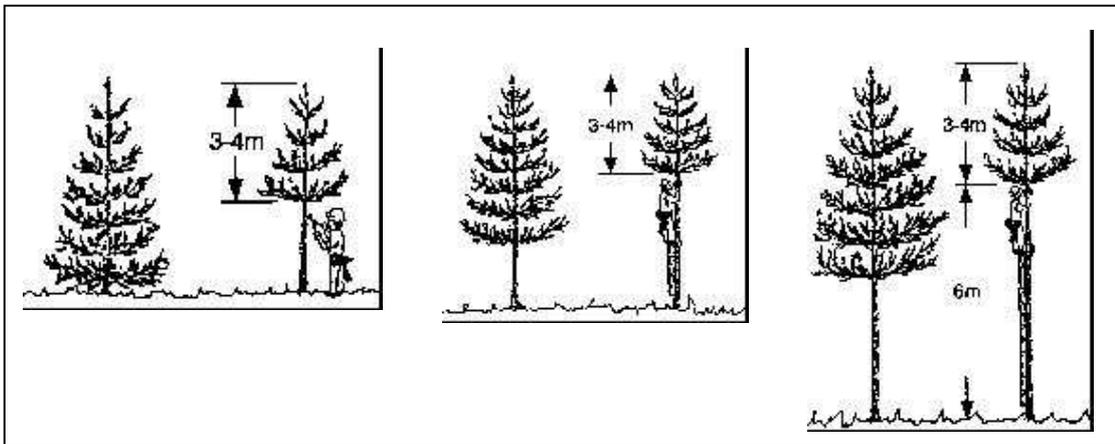


Figura 6.14. Secuencia de poda en tres etapas (Fuente Maclaren, 1993).

6.8. Factores a considerar para implementar un plan de podas.

Análisis previo debería ser realizado para determinar:

- Necesidad de poda.
- Rodales a podar (tipo; características; ubicación).
- Predecir el retorno esperado de la inversión.
- Predecir el incremento en volumen de madera sin nudos.
- Si poda es un factor efectivo sobre el control de enfermedades.
- Efecto de la poda en valores madereros.
- Impactos benéficos y adversos de la actividad.

Para determinar la ganancia potencial en valor y en volumen de madera libre de nudos se debe considerar:

- Altura de poda (longitud proyectada de la sección podada a la cosecha según requerimientos de mercado).
- Relación costo de poda con altura de poda (costo incremental de elevar altura de poda).
- Número de entradas al rodal para lograr la altura de poda deseada (poda en una o varias etapas).

Factores a considerar para determinar oportunidad de poda:

- Efecto de la poda en el crecimiento (intensidad de poda).
- Tamaño de ramas a podar (costo incrementa con dimensión rama; mayor riesgo pudrición; dilata proceso cicatrización).
- Relación edad poda con respecto a edad de cosecha (longitud inversión); oportunidad de poda tendría mayor impacto en retornos esperados que costo de poda.
- Relación con otras actividades silviculturales (poda antes/después raleo).
- Relación con época de poda (poda en otoño reduciría impacto potencial enfermedades en algunas especies; desarrollo ramas epicórmicas; daños por insolación).

Árboles a podar por hectárea:

- Selección de árboles a podar (los más grandes, de mejor forma y más rápido crecimiento).
- Número árboles a podar dependerá de la densidad final proyectada y la tasa de crecimiento.

Valor proyectado y ganancia en volumen por poda, se puede lograr mediante:

- Uso de simulador (pino y eucalipto).
- Requiere de serie de datos (e.g. edad cosecha; altura total de los árboles; altura de poda; diámetro ramas; número árboles a podar).

Análisis medio ambiental:

- Tratamientos de los desechos de poda (nivel de riesgo de incendio).
- Impacto potencial sobre la vida silvestre (animales mayores pueden dañar cambium sección podada fuste).
- Insectos y enfermedades pueden afectar el rodal podado (zona corte rama; riesgo incrementa con diámetro base rama; caso eucaliptos).

La prescripción silvicultural debería incluir información acerca de los criterios de selección de rodales y las especificaciones operacionales.

En cuanto a la selección de rodales a podar, es necesario tomar en cuenta:

- Niveles de densidad (densidades reducidas usualmente producen mayores retornos).

- Índice de sitio (sitios mejores producen mayor volumen de madera limpia por árbol podado).
- Altura hasta la base de copa viva (copa residual).
- Relación con otras actividades silviculturales (raleo).

Los siguientes factores influyen sobre las especificaciones operacionales:

- Altura de poda.
- Selección de árboles a podar (sanos, bien formados, los mejores de entre los probables dominantes y codominantes a la cosecha).
- Porcentaje o nivel de copa verde a remover o a dejar.
- Restricciones por daño al fuste (técnica de poda).
- Equipo e implementos de poda deseados.

La supervisión y control:

- Observación, medición, colección, registro y evaluación sistemática de datos para determinar efectos del (los) tratamiento (s).
- También proporciona información para determinar si retratamiento es necesario y si resultados están fuera de la tolerancia de la prescripción.
- Determina grado cumplimiento de los objetivos.
- Monitoreos posteriores pueden determinar si árboles podados mantienen tasa de crecimiento, supremacía sobre los no podados (si es el caso), si hay problemas con cicatrización heridas de poda, daños por insolación, daños por volteo/madereo por efecto raleos, entre otros.
- Afinamiento de las prescripciones futuras (e.g. contribuye a predecir en mejor forma la oportunidad poda; mejorar índices de construcción de modelos de crecimiento del rodal).

6.9. Poda en eucalipto.

6.9.1. Características generales de los eucaliptos.

- Copas son de tamaño moderado (restringida al tercio superior del árbol).
- Desarrollo apical bajo fuerte control endógeno; implica buena dominancia apical y por tanto, una buena forma fustal (excepción: *E. camaldulensis*).
- Ramas y yemas muy sensibles a la abrasión cuando copas se tocan unas a otras por efecto del viento, defoliación, nieve, fuego, o si al podar, copa verde se reduce en exceso, conduce al desarrollo de ramas epicórmicas.
- La mayoría de los eucaliptos de rápido crecimiento son intolerantes a la competencia (e.g. *E. regnans*, *E. nitens*, *E. delegatensis*, *E. grandis*).

- Alta sensibilidad al ataque de hongos de pudrición de la madera, que ingresan a través de heridas por poda o por daños en el fuste en faenas de volteo y madereo.
- Reducida capacidad de respuesta de los árboles que han quedado rezagados por efecto de competencia intraespecífica.
- Algunas especies de eucalipto no poseen (buena) poda natural (e.g. *E. nitens*, *E. Saligna* y *E. regnans*).

6.9.2. Poda natural en eucaliptos.

Se distinguen tres fases:

- a) A la muerte de la rama, se desarrolla *zona de fragilidad* cerca de la interfase rama-fuste.
- b) Fuste ejerce *presión mecánica* sobre la zona de fragilidad.
- c) Rama (o resto de ella) es expulsada por presión del crecimiento fustal a medida que *oclusión interna* ocurre sobre placa de fractura.

El éxito del proceso de la poda natural depende de:

- Tasa de crecimiento del fuste.
- Tamaño, ángulo y condición (viva o muerta) de la rama (parcialmente controlado por (o función del) sitio y densidad).
- Tiempo requerido para completar sombreadamiento (muerte) de ramas (función sitio y densidad).

La muerte y caída ramas dependerá también de:

- Diámetro rama (disminuye con ramas mayores a 2,5 cm).
- Diámetro fuste (disminuye con incremento de las dimensiones del fuste).
- Altura ramas sobre el piso (a mayor altura mayor diámetro ramas).
- Ángulo ramas (disminuye en ramas con ángulo muy agudo).
- Edad árbol (disminuye con la edad).

6.9.3. Poda artificial en eucaliptos.

- Si poda natural no cubre objetivos de manejo (e.g. madera aserrada, chapas), la poda artificial es requerida.
- En *E. grandis*, la remoción del 40% copa verde causó depresión temporal (dos años) de crecimiento en altura y diámetro (Luckhoff, 1967, citado por Glass, 1985).
- Schönau (1974) confirmó resultados de Luckhoff, agregando además que:
 - * Ramas muertas también deben ser removidas.
 - * En sitios de mala calidad no se justifica económicamente la poda artificial para *E. grandis*.

- Bredenkamp *et al.* (1980), sin embargo, no encontraron diferencias significativas de crecimiento en altura y diámetro removiendo hasta un 50% de copa verde en *E. grandis*.
- Maree (1979) recomienda para *E. grandis* podar en una sola intervención ramas vivas y muertas hasta una altura del fuste de siete metros (cuando la altura media del rodal es aproximadamente de 13 m; y el corazón nudoso de 13-19 cm)
- Glass (1985) estudiando el crecimiento y desarrollo de *E. saligna* en Nueva Zelanda, puro y en mezcla con pino radiata, determinó que:
 - * Control ramas por poda natural parece ser insuficiente en esta especie, por tanto, requiere poda artificial.
 - * Rápida tasa de crecimiento de *E. saligna* sugiere que la poda debe efectuarse con menor frecuencia que en *Pinus radiata* (una sola poda puede ser conveniente).
 - * Reducido número de podas acortan el período de exposición de heridas de poda a infección, reduciendo riesgo potencial de daños.
- Beadle *et al.* (1994) investigaron en plantaciones de *E. nitens* de tres años de edad factibilidad de podar a 6 m y de modificar el régimen de madera pulpable a aserrable (Tabla 6.20).

Tabla 6.20. Poda a 6 metros en dos etapas en *E. nitens* en diferentes condiciones de rodal.

Rodal	Altura(m)	Dap (cm)	Arboles podables (Nº/ha)
1	8.5	9.9	530
2	7.0	7.8	450
3	7.3	8.1	420
4	7.8	8.8	550

(Fuente: Beadle *et al.*, 1994).

Luego:

- * Mas de 400 árb/ha son apropiados para poda a 6 m.
- * Una primera poda a 3 m a los tres años resultará en una remoción promedio de longitud de copa entre 35% y 43% (longitud copa equivalente a altura total, ya que el cierre de copas aún no ha ocurrido).
- * Costo poda a 6 m en dos etapas de 3 m se estima en \$ 600-700/ha (agregar costo similar por efecto raleos hasta densidad final de 250/ha).

6.9.4. Época de Poda.

- Preferentemente durante el período de menor actividad cambial (otoño-invierno).
- Poda antes del inicio de crecimiento primaveral, disminuye riesgos de ataque de hongos (menor dispersión esporas).
- Corte ramas debe ser lo más vertical posible (pero sin dañar corteza), para evitar que se acumule humedad (agua); una solución para evitar el ataque de hongos puede ser el uso de fungicidas.
- Poda temprana asegura rápida oclusión de la herida de poda, disminuye riesgos de ataque de hongos, reduce corazón nudoso y evita o disminuye la incidencia de nudos sueltos.

6.9.5. Esquema de manejo en plantaciones de eucalipto.

Tabla 6.21. Algunos programas de poda aplicables a plantaciones de eucalipto.

País	Especie	Densidad		N° podas	Altura poda (m)	Edad (años)	
		Inicial	Final				
Nueva Zelanda (1)	<i>E. regnans</i>	625		1	0 – 4,5	4	
				2	4,5 – 6,0	5	
				1111	1	0 – 4,5	4
					2	4,5 – 6,0	5
				1	0 – 2,4	4	
				2	2,4 – 4,5	5	
		3	4,5 – 6,0	6			
		1250	600	1	5	3	
				2	9	6	
				3	13	8	
		Sudáfrica (2)	<i>E. grandis</i>		1	0 – 2,5	2 – 2,5
					2	2,5 – 5,0	2,5 - 3
3	5,0 – 7,5				3 – 3,5		

((1) Fuente: Deadman y Calderón, 1988).

((2) Fuente: Schönau, 1974).

Tabla 6.22. Esquema de manejo para la producción de madera aserrada en plantaciones de *Eucalyptus nitens* en Tasmania, Australia.

Edad (años)	Condiciones del rodal	Operaciones
0	Densidad inicial	1000 arb/ha (4 m x 2,5 m)
3 ó 4	300 árboles podables/ha; dap 8-10 cm; altura dominantes > 7m	Seleccionar y podar mejores 300 arb/ha hasta 2,5 m; raleo selectivamente a desecho árboles que compiten con los de cosecha final
4 ó 5	dap arb. podables 10-12 cm; altura dominantes >9,5 m	Podar 300/ha a 4,5 m
5 ó 6	dap arb. podables 11-13 cm; altura dominantes >12 m	Altura poda 6,4 m
10 a 12	volumen a ser raleado 70-100 m ³ /ha; tamaño medio árbol removido 0,2 m ³	Raleo comercial 250 arb/ha; esencial es minimizar daño árboles de cosecha finales
30 a 40	dap promedio para madera aserrada 50-60 cm	Tala rasa

(Fuente: Gerrand *et al.*, 1997).

6.10. Calidad de la poda y su potencial para producir madera libre de defectos.

6.10.1. Revisión del concepto PLI (Pruned Log Index).

Corresponde a una medida de calidad de los trozos podados para producir madera libre de defectos. No incluye defectos de ocurrencia aleatoria, como por ejemplo los bolsillos de resina.

Depende de:

- Tamaño del trozo.
- Forma del trozo.
- Tamaño del cilindro defectuoso.

Fórmula de cálculo:

$$PLI = ((D_{1.3} - DCD)/10)^{0.5} * (D_{1.3} / DCD) * (C_{VOL}/L_{VOL})^{1.6}$$

Donde:

- D_{1.3}: Diámetro sin corteza de la troza a 1.3 m del extremo mayor.
- DCD: Diámetro del cilindro defectuoso (DEFECT CORE).
- C_{VOL}: Volumen común a toda la troza
- L_{VOL}: Volumen total de la troza.

Medida de la Calidad Interna

$$PLI = ((D_{1.3} - DCD)/10)^{0.5} * (D_{1.3}/DCD) * (C_{vol}/L_{vol})^{1.6}$$

Medida del Tamaño del Trozo
Medida de la Forma

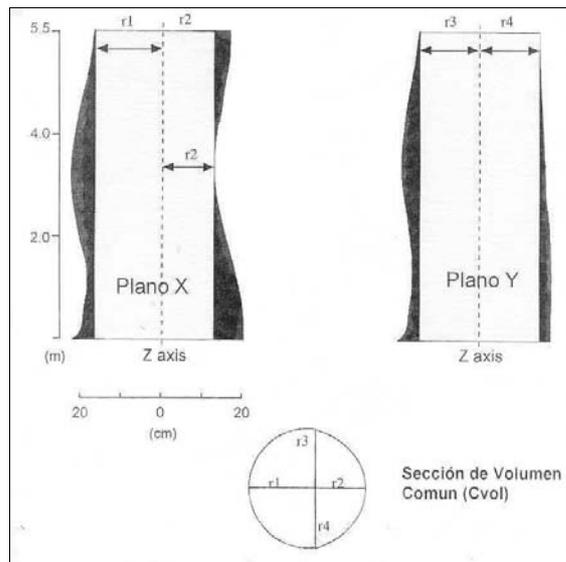


Figura 6.15. Cálculo de L_{vol} y C_{vol} (Fuente: Park, 1995).

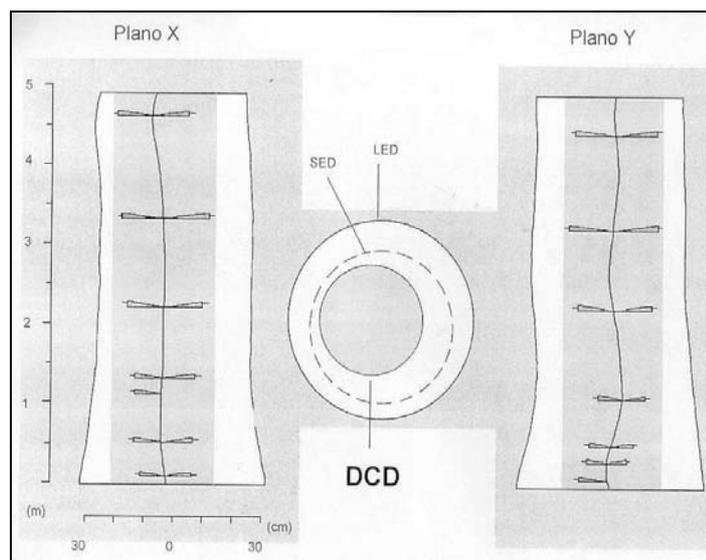


Figura 6.16. Cálculo de DCD (Fuente: Park, 1995).

Algunos estudios han mostrado que el retorno por producir trozas podadas está determinado por tres factores principales:

- El tamaño de la troza.
- El tamaño del cilindro central defectuoso.
- La eficiencia de conversión.

Los dos primeros son determinados por el tratamiento silvicultural y las tasas de crecimiento. El tamaño de la troza también depende de la longitud de la rotación y puede ser predicha a través de modelos de crecimiento o determinada mediante mediciones directas en la corta, pero en el caso del cilindro defectuoso, puesto que está oculto en el fuste, es más difícil de predecir o medir.

El cilindro central defectuoso está definido como aquél que contiene la médula, muñones y cicatrices de oclusión por corta de ramas. Incluye cualquier ensanchamiento debido a la sinuosidad del fuste, al momento de la poda.

Un método para medir el cilindro central defectuoso en trozas podadas fue obtenido en un estudio en Nueva Zelanda (Park, 1982) mediante la reconstrucción de las trozas después del aserrío. Se generaron regresiones entre el Diámetro Sobre Oclusión (DOO) y Cilindro Defectuoso, utilizando como variable independiente el Diámetro Sobre Muñón (DOS). Las relaciones fueron ensayadas en gran variedad de sitios, no encontrándose diferencias significativas en la relación. El resultado de este estudio arrojó una estrecha relación del DOO y del cilindro defectuoso, con el DOS.

Los tres componentes que determinan el tamaño del cilindro defectuoso son:

- El DOS máximo.
- El DOO máximo.
- La sinuosidad del fuste al momento de la poda.

El primero de ellos puede ser medido después de cada poda o puede ser predicho. De manera similar ocurre con la sinuosidad del fuste. En cambio, sobre el incremento del muñón debido a la cicatrización hay menos conocimiento.

Para determinar el DOO en el estudio citado se procedió de acuerdo a los siguientes 4 pasos principales (ver Figura 6.15):

- Medición de las trozas.
- Aserrío (incluyendo la identificación y registro de las tablas y modelo de aserrío).
- "Reconstrucción" de la troza a partir de las tablas y mapeo del cilindro defectuoso (esta es la fase que proveyó la información básica del estudio).
- Registro y graduación de la madera.

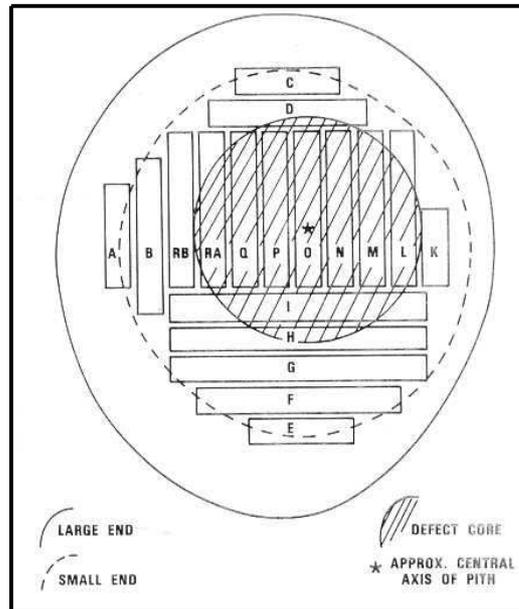


Figura 6.17. Reconstrucción de la troza a partir de las tablas aserradas (identificadas secuencialmente con letras al momento de la corta) y mapeo del cilindro defectuoso (Fuente: Park, 1995).

En la Figura 6.17. se muestra la posición y tamaño (ancho y grosor) de cada tabla, los diámetros mayor y menor de la troza, el cilindro central defectuoso y el eje central aproximado de la médula. Típicamente el extremo mayor no es redondo, lo mismo ocurre con el más pequeño pero en menor grado, debido a la compensación entre el ahusamiento de la troza y el modelo de aserrío. La médula y consecuentemente el cilindro defectuoso no están situados en el centro de la troza. Las tablas que son mostradas como siendo interceptadas por el extremo menor (small end), son necesariamente más cortas que la longitud de la troza, en tanto que aquellas mostradas como siendo interceptadas por el cilindro defectuoso o incluidas dentro de él, contienen defectos.

6.10.2. Relación entre DOS y DOO.

Tal como se señaló anteriormente, en el estudio efectuado para diversos sitios de Nueva Zelanda, se produjo una estrecha relación entre el diámetro sobre muñón (DOS) utilizado como variable independiente y el diámetro sobre oclusión (DOO), ello independiente de la longitud y malformación de la troza, alcanzando un $R^2 = 0.96$. A su vez, la relación entre DOS y el cilindro central defectuoso, estuvo limitada a trozas rectas de 4.9 a 5.5 m de longitud, condición para la cual alcanzó un R^2 de 0.88.

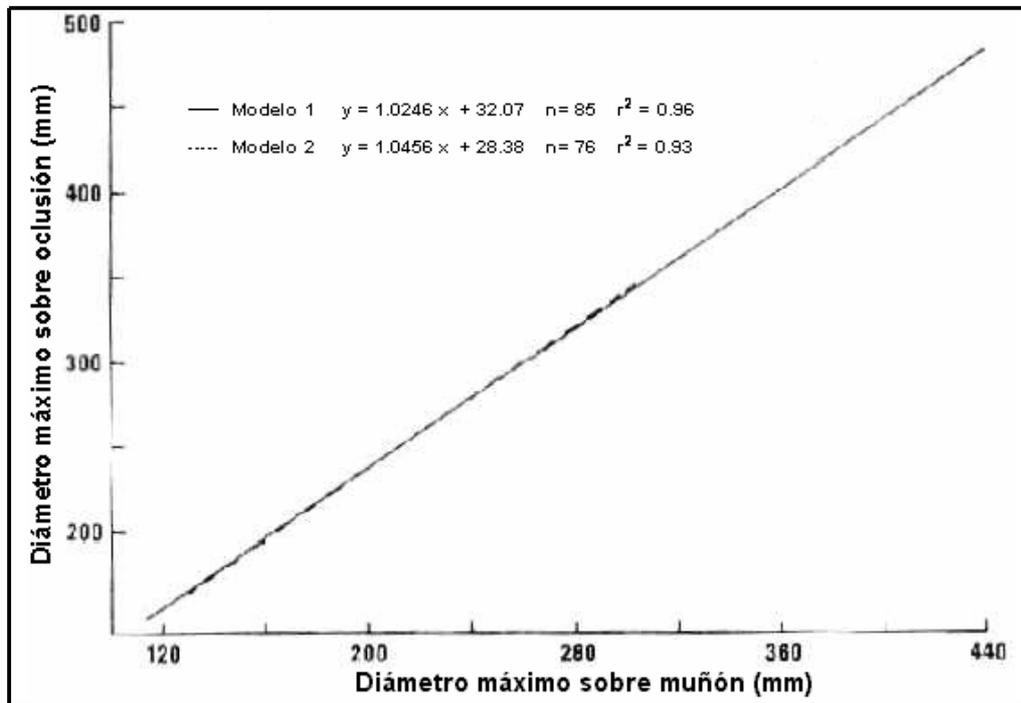


Figura 6.18. Relación entre diámetro sobre muñón y diámetro sobre oclusión, en N. Zelanda, para distintas localidades (modelos) (Fuente: Park, 1982).

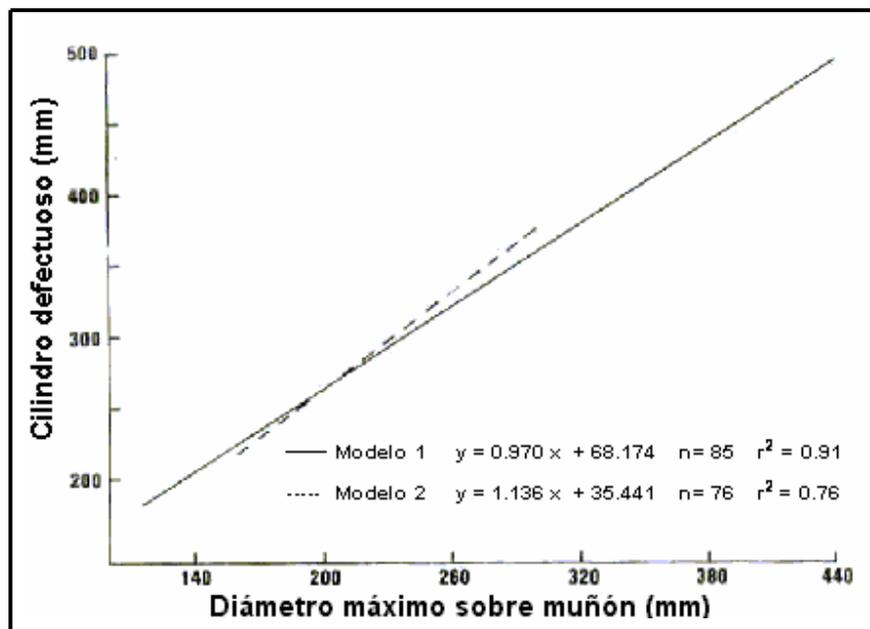


Figura 6.19. Relación entre Diámetro sobre muñón máximo de la troza y diámetro del cilindro defectuoso, para distintas localidades en N. Zelanda (Fuente: Park, 1982).

6.10.3. Aplicación del PLI (Pruned Log Index).

Tal como se señaló anteriormente, este índice corresponde a una medida de la calidad básica de los trozos podados para producir madera libre de defectos. En estos términos puede observarse que en la medida que este índice se incrementa, mayor es la proporción de madera libre de defectos que se puede alcanzar. En la Tabla 6.23. se ejemplifica lo dicho.

Tabla 6.23. Porcentaje de madera libre de defectos según PLI.

PLI	Porcentaje de Volumen Aserrable (a una tasa de conversión de un 58%)		
	Dos caras libres de defectos	Una cara libre de defectos	Total
4,00	18,3	23,0	41,3
4,25	21,2	23,0	44,2
4,50	23,9	23,0	46,9
4,75	26,6	22,9	49,5
5,00	29,1	22,7	51,8
5,25	31,6	22,5	54,1
5,50	34,0	22,3	56,3
5,75	36,4	22,0	58,4
6,00	38,7	21,7	60,4
6,25	40,9	21,4	62,3
6,50	43,0	21,1	64,1
6,75	45,1	20,7	65,8
7,00	47,1	20,3	67,4
7,25	49,1	19,9	69,0
7,50	50,9	19,4	70,3
7,75	52,8	19,0	71,8
8,00	54,6	18,5	73,1
8,25	56,3	18,1	74,4
8,50	58,0	17,6	75,6
8,75	59,6	17,1	76,7
9,00	61,2	16,6	77,8
9,25	62,7	16,1	78,8

(Fuente: Park, 1995).

Como se señaló, en la medida que se incrementa el PLI, aumenta también el porcentaje de madera total libre de defectos. De ésta, a su vez, se incrementa la madera libre de defectos en ambas caras, en tanto que el porcentaje de madera libre de defectos en sólo una cara va disminuyendo.

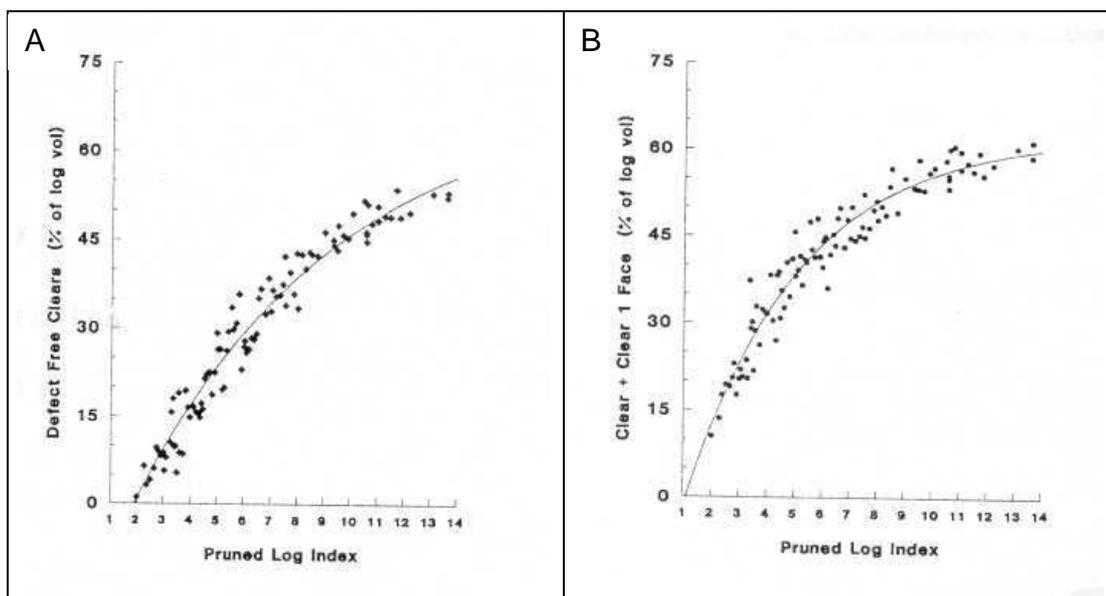


Figura 6.20 A. Relación entre el PLI y el porcentaje de madera libre de defectos (Fuente: Park, 1995).

Figura 6.20 B. Relación entre el PLI y el porcentaje de madera libre de defectos en una y dos caras (Fuente: Park, 1995).

Tabla 6.24. Madera libre de defectos en función del PLI y densidad.

Variables medias del rodal a partir de la densidad y de la clase de PLI																	
"Direct" Regimes - (41 stands)																	
Nº rodal	Clase de PLI	PLI del rodal	SED de poda		Índice de sitio	Edad (años)	Densidad final (árb/ha)	DAP medio (mm)	Area Basal (m ²)	Ultima poda (año)	Raleos			TRV (m ³)	Volumen podado (m ³)	Volumen Grado S (m ³)	Pm + S (%)
			Mínima (mm)	Media (mm)							Primero (año)	Ultimo (año)	Nº de raleos				
Alta densidad > 350																	
2	7+	7,2	300	385	28	28	428	448	67,4	8	9	9	1	687	166	312	70
1	6-6,9	6,2	350	411	31	34	400	432	58,6	10	7	14	2	738	110	488	81
4	5-5,9	5,2	344	405	30	31	398	443	61,3	9	8	10	1-2	674	113	398	76
2	4-4,9	4,6	338	386	26	26	375	427	54,0	11	8	13	2	488	208	174	78
Densidad media 250-350																	
1	7+	7,4	325	434	27	29	350	492	66,5	7	7	7	1	622	90	234	52
1	6-6,9	6,5	375	458	26	26	277	485	51,2	11	6	12	2	484	96	87	38
10	5-5,9	5,4	355	422	29	27	315	491	59,5	9	6	10	2	579	155	210	63
8	4-4,9	4,4	369	407	25	26	287	463	48,7	12	7	11	2	429	94	158	59
Baja densidad																	
1	7+	7,1	350	450	31	27	202	581	53,6	8	5	11	3	611	169	215	63
1	6-6,9	6,5	350	464	27	27	227	574	58,7	11	6	12	2	592	102	81	31
10	5-5,9	5,4	355	422	29	27	315	491	59,5	9	8	10	2-3	579	155	210	63
5	4-4,9	4,4	370	430	25	26	209	511	42,7	12	8	12	2-3	385	101	103	53

(Fuente: Park, 1995).

6.11. Certificación de la poda.

La calidad y consecuentemente el valor de trozas podadas puede tener amplia variación dependiendo del momento de la poda. Así, dos trozas que externamente se ven iguales, pueden entregar como resultado del aserrío proporciones de madera libre de nudos tan diferentes como un porcentaje sobre 80 % o un 0% (Somerville, 1991).

La efectividad de la poda es determinada en silvicultura sencillamente mediante mediciones de una muestra adecuada de los máximos diámetros sobre muñón. Es útil además la evaluación de la curvatura del fuste después del levante final. Ambas mediciones, junto al diámetro de la troza al momento de la cosecha indican la disponibilidad potencial de madera libre de nudos (esta evaluación no toma en consideración (a) el cilindro central nudoso, importante sobre todo para el debobinado, no tanto para el aserrado; y (b) los bolsillos de resina.

Propietarios y compradores de trozas tienen distinta percepción de la calidad del producto (cantidad de madera libre de nudos) al ver un rodal podado.

La evaluación del DOS en un rodal inmediatamente después de la poda es fidedigna. Es igualmente importante definir precisamente los límites del rodal para el cual estas medidas son aplicadas. Para que propietarios y compradores tengan una visión similar del producto a transar, en países como Nueva Zelanda, se considera mediciones de rodal aceptadas, aquellas autenticadas por una tercera entidad independiente y experta (distinta del vendedor y del comprador).

De esta manera al comprador le basta con conocer unos pocos aspectos muy simples, tales como:

- ¿Cuán efectiva fue la poda?.
- ¿Fue tratado todo el rodal de la misma forma?.

Por su parte el vendedor puede en forma rápida y barata proveer esta información mediante:

- La medición de una pequeña pero adecuada muestra de árboles podados para establecer el DOS de cada levante.
- Evaluando la curvatura del fuste en la zona podada.
- Delimitando los límites del rodal podado, después de cada levante, y
- teniendo esta información autenticada por un organismo experto independiente, de tal modo que sea creíble.

El certificado lleva información tal como:

- Fecha aproximada de cada poda o levante.
- Número de árboles podados en cada levante.
- Altura de poda en cada levante.
- DOS promedio en cada levante, con sus límites de confianza al 95%.
- Proporción de árboles con curvatura, después del último levante.
- La organización auditora y la fecha de la inspección.
- Además, un plano identificando el rodal.

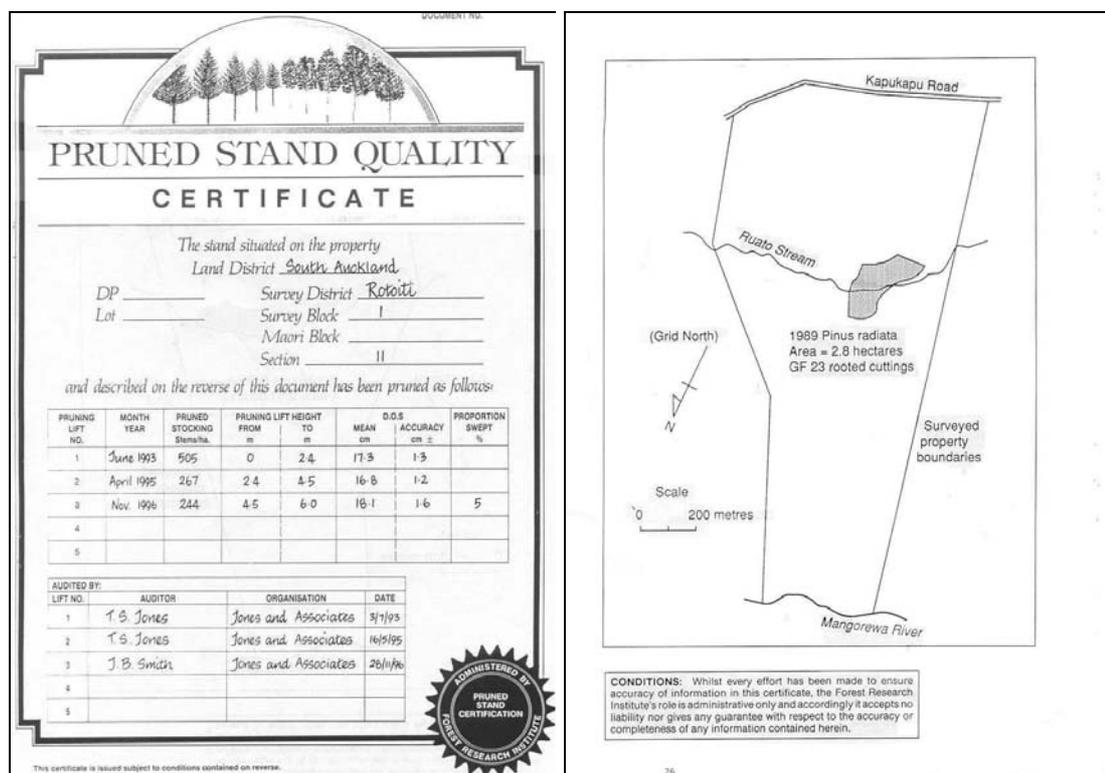


Figura 6.21. Presenta un ejemplo de certificado para acreditar la calidad de poda en un rodal en Nueva Zelanda, en anverso se proporciona la información de las podas y levantes, en tanto que en el reverso se proporciona el plano del predio y del rodal que se certifica (Fuente: Somerville, 1991).

6.12. Defectos técnicos más comunes en la faena de poda.

La calidad de la poda está dada en parte por la calidad del corte mismo. La siguiente figura presenta defectos técnicos habituales en la faena de poda.

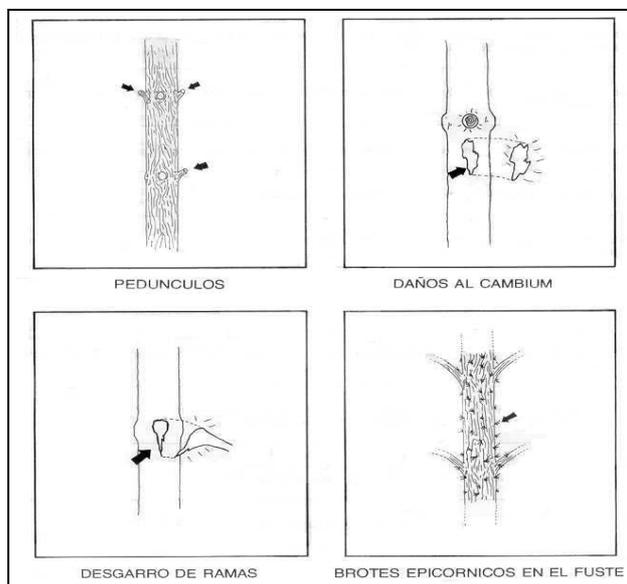


Figura 6.22. Defectos técnicos más comunes en la poda (Fuente: ACHS, 1994).

6.13. Herramientas e implementos de seguridad utilizados en la poda.

Diversas herramientas son utilizadas en las faenas de poda, para efectuar el corte de las ramas. Para la elección de la herramienta se debe considerar aspectos como: Densidad de ramas, tamaño de las ramas, altura de poda, topografía, rendimiento, costo y calidad del trabajo. La Figura 6.23. presenta algunas de las herramientas más comúnmente utilizadas. Del mismo modo, diversos implementos son utilizados para adaptarse a las condiciones de altura necesarias para ejecutar los levantes. La selección de estos elementos dependerá de factores como: Altura de poda, accesibilidad del rodal, costo, rendimiento, experiencia en su utilización. La Figura 6.24. presenta algunos de estos implementos.

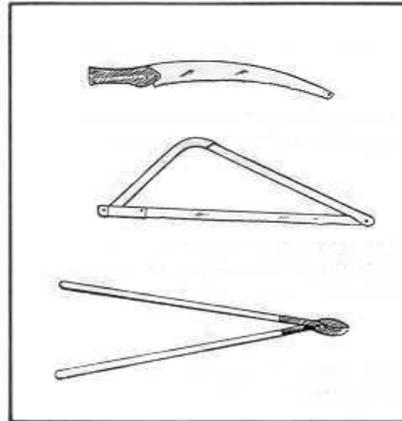


Figura 6.23. Herramientas más utilizadas en poda. En orden descendente en la figura: Serrucho cola de zorro, sierra de arco, Tijerón (con doble filo) (Fuente: ACHS, 1994).

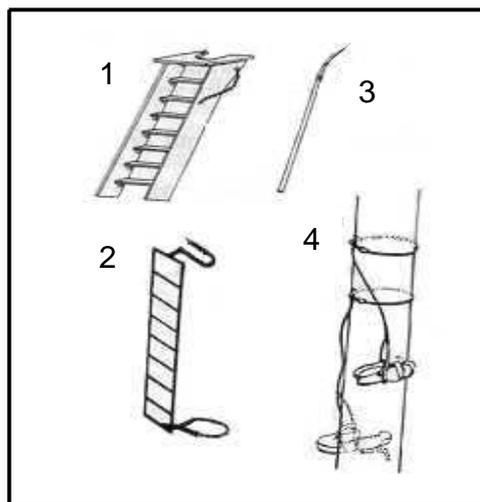


Figura 6.24. Implementos utilizados para adaptarse a la altura: 1. Escala de madera, 2. escala metálica de garra, 3. mangos fijos, 4. trepadores (Fuente: ACHS, 1994).

Para una mayor seguridad de los trabajadores, se utilizan distintos elementos de protección personal. Algunos ejemplos de ellos son entregados en la Figura 6.25.

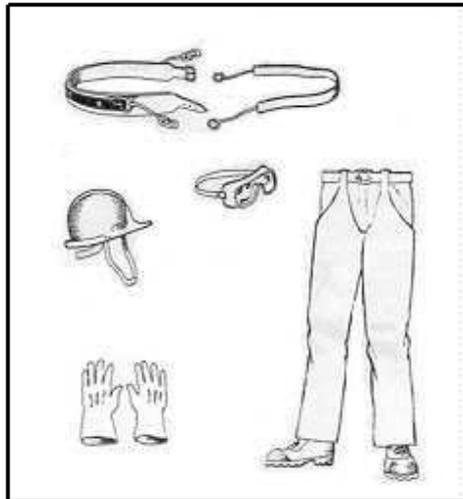


Figura 6.25. Implementos de protección personal: Cinturón de seguridad, casco con barbiquejo, protector visual, guantes de puño largo, pierneras de lona, zapatos de seguridad (Fuente: ACHS, 1994).

6.14. Cuestionario.

¿Por qué se poda? ¿Cuáles son los objetivos o razones de la poda?.

¿Raleo o poda primero?.

¿Cuáles son los principios biológicos y económicos de la poda?.

¿Cómo se puede obtener un cilindro nudoso reducido y mantener éste invariable entre podas sucesivas?.

¿De qué factores depende la oportunidad de poda?.

¿Qué factores se deben considerar para determinar la intensidad de poda?.

¿Cómo determinar la intensidad de poda óptima? ¿Qué efectos provoca la intensidad de poda en el crecimiento de los árboles de un rodal?.

¿Qué ventajas presenta la poda en varias etapas con respecto a la poda en una sola intervención?.

¿De qué factores depende la altura final de poda y la edad en que ésta se efectúa?.

Explique el proceso de cicatrización de la herida de poda.

¿Cuáles son los efectos positivos y negativos de la aplicación de un plan de podas en un rodal?.

¿Cuáles son los rendimientos de poda? ¿De qué factores depende el rendimiento y los costos de poda?.

¿Cuáles son los criterios que priman en la selección de los árboles a podar?.

Explique el proceso de poda natural. ¿De qué factores depende que el proceso de poda natural sea exitoso?.

¿Qué características ecológicas distinguen a las especies de eucalipto y que son importantes de considerar en su manejo, cuando se realiza poda?.

¿Cuándo justificaría la poda artificial de eucalipto?.

¿Qué elementos o especificaciones operacionales debiera incluir una prescripción de poda?

CAPITULO VII



REGIMENES DE MANEJO

Regímenes de manejo.

Algunos ejemplos de esquema de manejo de plantaciones en Chile, Nueva Zelanda y en Japón, bajo diferentes condiciones de sitio y objetivos de producción se muestran en las tablas 7.1 a 7.11.

7.1. En Chile.

Tabla 7.1. Esquema de una plantación de *Pinus radiata*, cuyo objetivo es madera para remanufactura.

Edad	Tipo de Faena	Faena
0	Establecimiento	Roce Picado desechos Fajeo Cortafuegos Quema Subsolado
0	Establecimiento	Control de malezas pre-plantación
0	Establecimiento	Plantación
0	Establecimiento	Fertilización
0	Establecimiento	Control de malezas post-plantación
1 - 3	Establecimiento	Control de malezas post-plantación Desbroce
6 - 7	Manejo	Marcación raleo
7	Manejo	Raleo
10 - 12	Manejo	Poda

(Fuente: Forestal Copihue, 2003).

Tabla 7.2. Régimen de manejo pulpable para *Pino radiata*, según índice de sitio.

Factor	Índice de Sitio				
	21	25	28	31	34
<i>Rendimiento estimado (Cosecha)</i>					
Edad de Rotación (años)	20	17	17	16	15
Volumen Total (m ³ /ha)	205	214	293	342	388
Vol. Aserrable Grueso (m ³ /ha) ¹	4	3	17	24	36
Vol. Aserrable Delgado (m ³ /ha) ²	53	51	98	120	145
Vol. Pulpable (m ³ /ha)	148	160	178	198	207

¹ : Diámetro >= 24 cm.

² : Diámetro 18 a < 24 cm

Tabla 7.3. Régimen de manejo *extensivo* para *Pinus radiata*, según índice de sitio.

Factor	Índice de Sitio			
	25	28	31	34
<i>Raleos Comerciales</i>				
• 1º Raleo Comercial				
Altura dominante (m)	16-17	16-17	16-17	16-17
Edad de referencia (años)	13	11,5	10,5	9
Densidad residual (nº/ha)	600	600	600	600
Volumen a extraer (m ³ /ha)	32	32	37	31
• 2º Raleo Comercial				
Edad de referencia (años)	16,5	15	13,5	12
Densidad residual (nº/ha)	400	400	400	400
Volumen a extraer (m ³ /ha)	39	42	44	45
<i>Cosecha Final</i>				
Edad de referencia (años)	27	25	25	23
Densidad residual (nº/ha)	400	400	400	400
<i>Rendimiento estimado</i>				
Volumen Total (m ³ /ha)	390	435	552	606
Vol. Aserrable grueso (m ³ /ha)	214	262	386	443
Vol. Aserrable Delgado (m ³ /ha)	111	111	103	98
Vol. Pulpable (m ³ /ha)	65	62	63	65

Tabla 7.4 Régimen de manejo *intensivo* para *Pinus radiata*, según índice de sitio.

Factor	Índice de Sitio		
	27-29	30-32	33 y +
Altura árboles inicio poda (m) ¹	6	6	6
Edad de referencia (años)	5,75	5,25	4,5
DOS objetivo (cm)	14,5	15,0	15,0
Número de podas	3	3	3
<i>Copa viva residual (m):</i>			
• poda 1	3,5	3,5	3,5
• poda 2 y 3	4,0	4,0	4,0
• poda 4 y 5	-	-	-
Periodicidad podas (meses)	12	12-9	9
Altura final poda (m)	5,5	5,5	7,9
<i>Árboles podados (nº):</i>			
• primera poda ²	700	700	700
• podas posteriores	400	400	400
Edad raleo comercial (años)	12	11	10
Densidad final (arb/ha)	300	300	300
Volumen extraído (m ³ /ha)	35	42	44
Edad de rotación (años)	25	23	23
<i>Rendimiento a la cosecha:</i>			
Vol. Total (m ³ /ha)	445	478	588
Vol. Aserrable c/poda (m ³ /ha)	136	151	185
Vol. Aserrable s/poda (m ³ /ha)	249	263	345
Vol. Pulpable (m ³ /ha)	60	64	58

¹Promedio de los 400 árboles más altos; ²Árboles en exceso son eliminados.

Tabla 7.5. Esquemas de manejo de *Pinus radiata* utilizados en Chile para diferentes calidades de sitio.

<i>Factor</i>	Calidad de sitio				
	1	1*	2	2*	3
Densidad inicial	1000-1250	1000	1250	1000	1000
<i>Poda 1</i>					
Altura árboles dominantes (m)	7,5	7,5	-	-	-
Porcentaje de poda (%)	30	30	-	-	-
Altura de poda (m)	2,3	2,3	-	-	-
Longitud copa viva (m)	5	5	-	-	-
Nº árboles/ha	750	800	-	-	-
Edad (años)	5-6	5-6	-	-	-
<i>Poda 2</i>					
Altura árboles dominantes (m)	10	10	-	-	-
Porcentaje de poda (%)	35	35	-	-	-
Altura de poda (m)	3,5	3,5	-	-	-
Longitud copa viva (m)	6,5	6,5	-	-	-
Nº árboles/ha	450-500	450-500	-	-	-
Edad (años)	6-7	6-7	-	-	-
<i>Poda 3</i>					
Altura árboles dominantes (m)	12	12	-	-	-
Porcentaje de poda (%)	44	44	-	-	-
Altura de poda (m)	5,3	5,3	-	-	-
Longitud copa viva (m)	6,7	6,7	-	-	-
Nº árboles/ha	350	350	-	-	-
Edad (años)	7-8	7-8	-	-	-
<i>Raleo 1</i>					
Altura árboles dominantes (m)	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Nº árboles/ha	750	800	750	750	500
Edad (años)	5-6	5-6	6	6	8
<i>Raleo 2 (desecho)</i>					
Altura árboles dominantes (m)	12-18	12-18	12-18	12	-
Nº árboles/ha	300-400	300-400	400	400	-
Edad (años)	7-8	7-8	7-9	7-9	-
<i>Raleo 2 (comercial)</i>					
Edad (años)	9-11	9-11	10-12	-	-
<i>Cosecha final</i>					
Edad (años)	26-28	26-28	23	23	22

*: Terrenos con difícil acceso y topografía.

Tabla 7.6. Esquemas de manejo tipo para *Pinus radiata* utilizados en Chile para diferentes índices de sitio y objetivo de manejo.

Factor		Índice de sitio				
		≥ 30	27 – 29,9	26 – 27	26 – 27	< 26
Objetivo manejo		Madera libre de nudos	Madera libre de nudos (trozo corto)	Madera libre de nudos (debobinable) alternativa 1	Madera libre de nudos (debobinable) alternativa 2	Madera aserrable
Densidad inicial (arb/ha)		1100 – 1250	1100 – 1250	1100 – 1250	1100 – 1250	1100 – 1250
Estructura de Podas	Poda 1	Edad (años)	5	6	6	Máx. 9
		Altura media (m)	6,5 – 7,5	6,5 – 7,5	6,5 – 7,5	8
		Altura de poda (30%)	2 m	2 m	2 m	3 m
		Nº arb podar (arb/ha)	680	680	680	400
		DSM objetivo	18	18	18	18
	Poda 2	Edad (años)	7	8	8	--
		Altura media (m)	10	10	10	--
		Altura de poda (40%)	4 m	4 m	4 m	--
		Nº arb podar (arb/ha)	400	400	400	--
		DSM objetivo	Mantener DSM anterior	18	18	--
	Poda 3	Edad (años)	8	--	--	--
		Altura media (m)	11	--	--	--
		Altura de poda (50%)	5,5 m	--	--	--
		Nº arb podar (arb/ha)	400	--	--	--
		DSM objetivo	Mantener DSM anterior	--	--	--
Raleos	Desecho	Oportunidad	Antes poda 1			7 – 9 m
		Intensidad	680 (arb/ha)			700 (arb/ha)
	Comercial	Oportunidad	11 – 15 m			11 – 15 m
		Intensidad	400 (arb/ha)			400 (arb/ha)

Tabla 7.7. Parámetros de un esquema de manejo tipo para *Pinus radiata* según productividad de sitio utilizado en Chile.

FAENAS	Esquema objetivo	Unidad	V.D.O.	V.D.S.	MLN	MLN
					Poda 5,5 m	Poda 3,5 m
	Zona Aplicación				Alta productividad	Productividad media - baja
	Densidad plantación	(arb/ha)			1250 - 1600	1250
	Edad rotación	(años)			25	25
Poda 1	Edad	(años)			6 a 7	6 a 8
	Altura (de los 400 mejores)	(m)	x		9	9
	Arboles a podar	(arb/ha)			700	700
	Altura de poda	(%)			22	22
	Altura de poda	(m)			2	2
	Largo de copa a dejar	(m)		x	> = 7	> = 7
Poda 2	Edad	(años)			7 a 8	8 a 10
	Altura (de los 400 mejores)	(m)	x		11 - 12	12
	Arboles a podar	(arb/ha)			400	700
	Altura de poda	(%)			< 30	< 30
	Altura de poda	(m)			min 3,5	min 3,5
	Diámetro sobre muñon	(cm)			4	
	Largo de copa a dejar	(m)		x	> = 7	> = 7
Poda 3	Edad	(años)			> 8	
	Altura (de los 400 mejores)	(m)			15	
	Arboles a podar	(arb/ha)			400	
	Altura de poda	(%)			36	
	Altura de poda	(m)			min 5,5	
	Diámetro sobre muñon	(cm)				
	Largo de copa a dejar	(m)			> 9	
Raleo 1 (productivo)	Edad	(años)			8 a 9	8 a 10
	Altura (de los 400 mejores)	(m)	x		15	12 - 13
	Arboles a dejar	(arb/ha)		x	700 - 800	700
Raleo 2 (productivo)	Edad	(años)			10 - 12	
	Altura (de los 400 mejores)	(m)	x		18	
	Arboles a dejar	(arb/ha)		x	400	

Donde:

V.D.O.: Variable de decisión según objetivo

V.D.S.: Variable de decisión sugerida

Los costos promedio de las faenas de poda y raleo a desecho para la VIII de acuerdo a estimaciones entregadas por contratistas se presentan en la Tabla 7.8.

Tabla 7.8. Costos de poda y de raleo a desecho a 1999.

Actividad	Costo (US\$/ha)
Poda 1	80-95
Poda 2	60-62
Poda 3	56-58
Poda 4	45-58
Raleo 1	46-42
Raleo 2	52-54



Figura 7.1. Proceso de poda alta en *Pinus radiata*.

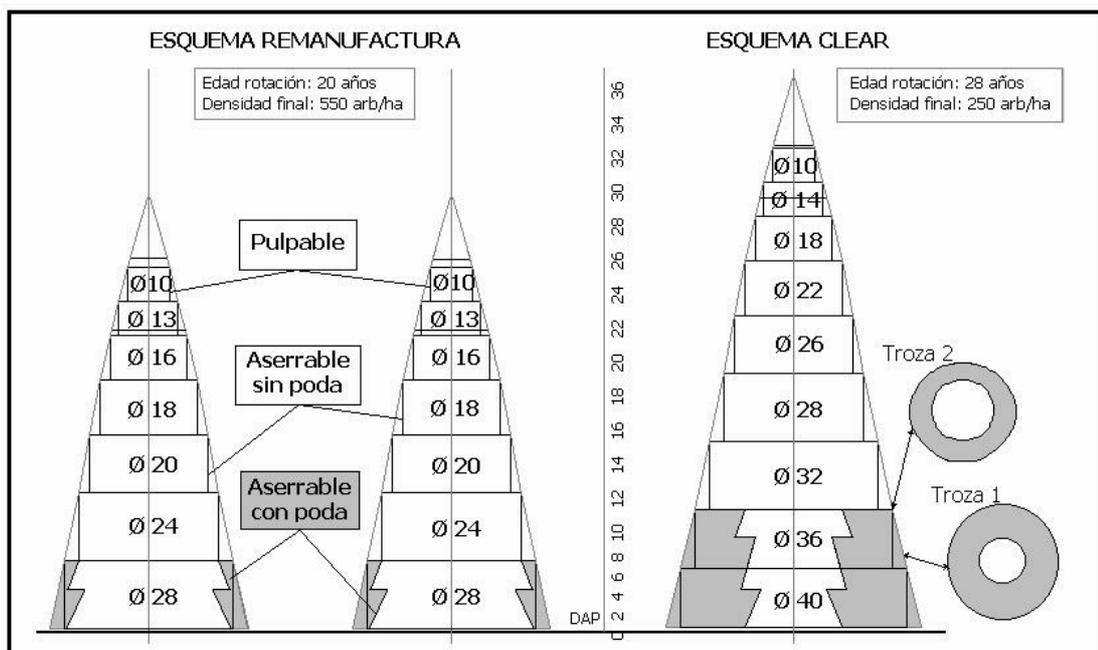


Figura 7.2. Diagrama de los distintos productos obtenidos en el árbol según dos esquemas de manejo (Fuente: Forestal Copihue, 2003).

7.2. En Nueva Zelanda.

Tabla 7.9. Esquema de manejo para *Pinus radiata* en sitios fértiles.

Factor	Mínimo	Promedio	Máximo
Densidad inicial (arb/ha)	400	800	1000
DOS objetivo (cm)	16	18	20
Edad 1ª poda (años)	3	5	7
Edad última poda (años) (6 m)	6	8	12
Copa viva remanente (m)	3	3,5	4,5
Edad primer raleo (años)	3	5	7
Edad último raleo (años)	6	8	12
Densidad final (arb/ha)	200	300	400
Edad rotación (años)	25	28	35
<i>Rendimiento típico para el régimen:</i>			
Volumen total (m ³ /ha)	560	740	1040
Volumen comercial (m ³ /ha)	450	600	840
Volumen podado (m ³ /ha)	170	200	240
Dap promedio a la cosecha (cm)	60	55	54

(Fuente: Maclaren, 1993).

Tabla 7.10. Esquema de manejo para *Pinus radiata* en sitios de menor fertilidad.

Factor	Mínimo	Promedio	Máximo
Densidad inicial (arb/ha)	800	1000	1500
DOS objetivo (cm)	14	16	18
Edad 1ª poda (años)	4	5	7
Edad última poda (años) (6 m)	7	9	12
Copa viva remanente (m)	3,5	4	5
Edad primer raleo (años)	4	5	7
Edad último raleo (años)	7	9	12
Densidad final (arb/ha)	200	250	350
Edad rotación (años)	25	28	35
<i>Rendimiento típico para el régimen:</i>			
Volumen total (m ³ /ha)	490	640	940
Volumen comercial (m ³ /ha)	400	510	750
Volumen podado (m ³ /ha)	150	180	230
Dap promedio a la cosecha (cm)	53	52	51

(Fuente: Maclaren, 1993).

Tabla 7.11. Régimen de raleo productivo para *Pinus radiata* en sitios fértiles

Factor	Mínimo	Promedio	Máximo
Densidad inicial (arb/ha)	600	800	1200
DOS objetivo (cm)	15	17	19
Edad 1ª poda (años)	3	5	7
Edad última poda (años) (6 m)	7	9	12
Copa viva remanente (m)	2,5	3,5	4,5
Edad primer raleo (años)	3	5	7
Edad último raleo (años)	10	14	18
Densidad final (arb/ha)	150	200	250
Edad rotación (años)	28	32	38
<i>Rendimiento típico para el régimen:</i>			
Volumen total (m ³ /ha)	550	700	860
Volumen comercial (m ³ /ha)	420	540	670
Volumen podado (m ³ /ha)	150	180	190
Dap promedio a la cosecha (cm)	61	58	55
Volumen raleo (m ³ /ha)	200	260	330
Dap raleo (cm)	32	35	37

(Fuente: Maclaren, 1993).

La figura 7.3 muestra los productos a obtener en un rodal de pino radiata para la producción de madera aserrada en una rotación de 30 años.

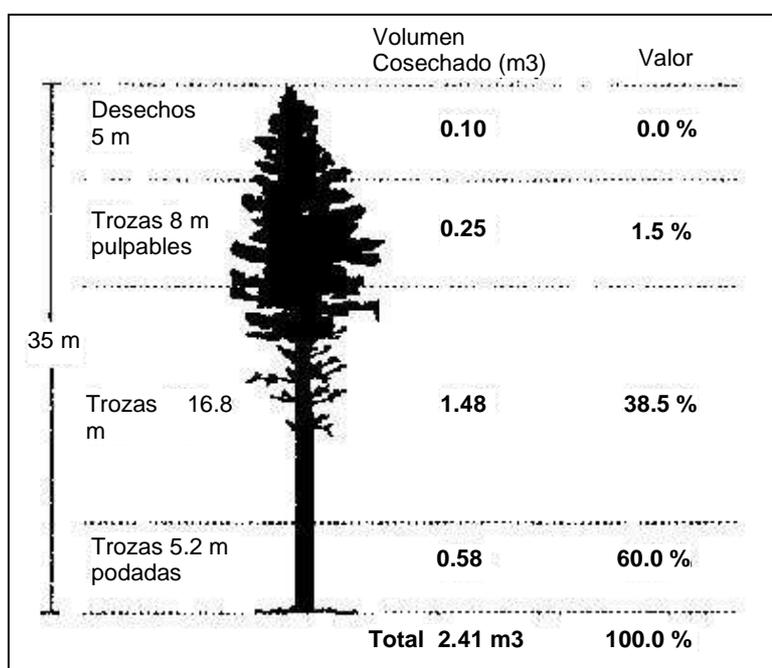


Figura 7.3. Características de los productos a obtener en un régimen aserrable en rodales de *Pinus radiata* en Nueva Zelanda con rotación de 30 años.

7.3. En Japón.

Tabla 7.12. Esquema de manejo para obtener diferentes tipos de productos.

Objetivo de producción	Especie	Densidad inicial (árb/ha)	Densidad final (árb/ha)	Rotación (años)	Oportunidad (años)	Frecuencia Raleo	Poda (veces)
Madera alta calidad construcción	<i>Cryptomeria japónica</i> , <i>Chamaecyparis obtusa</i> o mixto	6000-10000	800-900	60-80	Primero 7 segundo 12	Inicio 18 años, 4-8 veces en intervalos de 5-10 años	2-4
Madera pilares ornamentales	<i>Cryptomeria japónica</i>	5000-8000	2500-2800	25-35	Dos a los 7 Segundo 10	Inicio 15 años, 4 veces con intervalos de 4 años	6
Madera alta calidad construcción	<i>Cryptomeria japónica</i>	4000-6000	1600-2000	35-45	Una a los 8	Inicio 16 años, 2-3 veces con intervalos de 10 años	2-4
Madera común construcción	<i>Cryptomeria japónica</i>	3000-4000	700-800	40-50	Dos a los 10 Segundo a los 14	Inicio 20 años, 2-3 veces con intervalos de 10 años	0-2
	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	3000-5000	800-900	50-55	Dos a los 10 Segundo a los 14	Inicio 20 años, 2-3 veces con intervalos de 10 años	2-4
Madera construcción barcos y casas	<i>Cryptomeria japónica</i>	1500-2500	400-600	40-50	Uno o dos a los 15 y 25	Inicio 30 años, 2 veces con intervalos de 10 años	0

CAPITULO VIII



CALIDAD DE LA MADERA

8.1. Calidad de la madera y tratamientos silviculturales.

El manejo de bosques, entre otros objetivos, busca la forma de poder mejorar los retornos económicos, mediante el logro de incrementos en los rendimientos, reducción de los costos de producción o, mejorando la calidad de los productos.

Las prácticas del manejo en general son de dos tipos (Brazier, 1977):

- Aquellas que modifican el sitio, apuntando a mejorar su calidad, tales como fertilización, tratamientos del suelo, riego, drenaje, etc., actuando sobre el cultivo.
- Aquellas que actúan directamente sobre los árboles seleccionados, tales como espaciamientos iniciales, raleos y podas, que influyen en los crecimientos de árboles individuales o grupos de ellos.

Ambos grupos de prácticas influyen en las características de la madera y por lo tanto en su aceptación comercial. En general, puede definirse calidad de la madera como una medida de las características de la misma que influyen en las propiedades de sus productos derivados. Por lo mismo, la calidad no puede ser considerada en términos absolutos, pues características de la madera importantes o deseables para un producto, pueden no serlo para otro.

La calidad de la madera puede ser medida considerando distintos elementos tales como: *densidad, uniformidad de los anillos de crecimiento, porcentaje de madera libre de nudos, proporción de madera de verano, producción de celulosa* y otros.

Entonces, la calidad de la madera es una clasificación arbitraria de las variaciones (tipo, número, tamaño, forma, estructura física, composición química) en los elementos de la madera, cuando ellos son contados, medidos, pesados, analizados o evaluados para algún propósito específico.

Las distintas estrategias de manejo de plantaciones que por un lado mejoran los resultados económicos, al permitir rápidas tasas de crecimiento (por ejemplo debidas a fuertes raleos y amplios espaciamientos), pueden generar una pérdida de calidad de la madera, por ejemplo la madera de crecimiento rápido posee una menor densidad y por consiguiente una baja firmeza. Las propiedades de la madera juvenil de *Pinus radiata* es “de anillos más amplios, fibra más corta, baja densidad, granos espiralado, con baja contracción transversal y alta contracción longitudinal” (Bluskova *et al.*, 1999). Es aceptado que las propiedades de la madera de coníferas cambian progresivamente desde la médula hacia la corteza. La médula es menos densa, más frágil y posee traqueidas más cortas que la madera externa, más madura (Shepherd, 1986).

La densidad de la madera puede también variar con la latitud (*P. radiata* es más denso en bajas latitudes en Nueva Zelandia), también con la altitud, por ejemplo (*P. caribea* es más denso en altitudes más bajas), también con el suelo, el clima que afecta el ancho de anillos y la proporción de madera temprana y tardía (Shepherd, 1986).

De este modo las propiedades de la madera de una plantación está determinada por un complejo de factores edáficos y climáticos Shepherd (1986) y por las prácticas silvícolas que los alteren.

Las practicas silviculturales que pueden provocar cambios significantes en la densidad de la madera incluyen la **fertilización**, la **poda** de ramas vivas y el **raleo** (Brazier, 1977). Todas tienen el potencial para alterar las tasas de crecimiento. Un repentino incremento del crecimiento del diámetro fustal resultado de un marcado incremento de las divisiones anticlinales en el cambium y un suave decrecimiento en el largo medio de las traqueidas, produce también un desequilibrio en el balance entre producción de madera temprana y tardía llevando a un cambio en la densidad media de los anillos de crecimiento; lo que produce un incremento en la madera temprana.

Sin embargo, en sitios donde los veranos secos limitan la producción de madera tardía cualquier mejora en el balance de agua en el sitio, puede incrementar el crecimiento de madera tardía y con ello la densidad media. Esto último permite que otra práctica silvícola, el **riego** tenga notoria influencia en las propiedades de la madera. Los raleos pueden provocar un efecto similar en estas condiciones de sitio.

8.1.1. La Poda.

La poda en algunas especies acelera el cambio desde madera juvenil de bajo valor a madera madura de alto valor (normalmente de mayor densidad) y reduce el ahusamiento del tronco (CODE, 1995).

El efecto inmediato de una poda excesiva es una considerable reducción en el ancho de anillos y un marcado cambio en las calidades de la madera en aspectos como densidad, que se incrementa como resultado del aumento en el porcentaje de madera tardía, un incremento del largo de la fibra y una disminución en la espiralidad, que en el caso particular de madera juvenil equivale a una mejora en la calidad en todos estos aspectos (Gerischer y De Villiers, 1963; Shepherd, 1986).

8.1.2. El Raleo y espaciamiento inicial.

El espaciamiento inicial tendrá una influencia en las propiedades de la madera, a causa del efecto en la copa viva. En espaciamientos iniciales más cerrados, la supresión entre árboles adyacentes comenzará mucho más rápido que en plantaciones espaciadas, por lo que las ramas bajas morirán más pronto y subirá la base de la copa viva más rápidamente que en rodales ampliamente espaciados. En virtud de lo anterior, el cambio de médula a madera madura, tendrá lugar más rápidamente en la zona baja del fuste en rodales cerrados que en abiertos (Shepherd, 1986).

La razón principal para raleo es mantener tasas rápidas de crecimiento en los árboles de cosecha final, de modo que puedan ser cosechados más pronto. En general, el resultado de estas rotaciones más cortas será una mayor proporción de madera juvenil comparada con la madera madura, por lo tanto una densidad básica menor, que la que se produce en árboles creciendo en densidades mayores o rotaciones más largas. La excesiva y repentina estimulación del crecimiento del fuste como resultado de raleos muy fuertes, reducen el porcentaje de madera de verano, la densidad y el largo de fibra, en tanto que incrementan la espiralidad de la misma y en consecuencia, la tendencia de la madera a torcerse durante el secado (Gerischer y De Villiers 1963, Shepherd 1986).

Las prácticas silviculturales no sólo tienen efecto en las propiedades de la madera sólida, sino también en las propiedades de la pulpa. La densidad de la madera afecta la producción de pulpa. Nelson *et al.* (1980) efectuaron una revisión al respecto, señalando que la fertilización y los raleos producen resultados variados, pero en general los resultados en las propiedades de la pulpa fueron menores en comparación con los grandes cambios en la producción de madera que puede ser obtenida. Los cambios debido al raleo fueron relativamente menores en intensidades modestas (77 % de área basal remanente). Raleos fuertes (46 % de área basal remanente) redujeron la producción de madera para pulpa y el índice de rasgado, en tanto que el consumo de madera por tonelada de pulpa creció levemente.

Denne *et al.* (1999) evaluaron espaciamientos iniciales y raleos para una plantación de *Nothofagus alpina* creciendo en el Reino Unido. Determinaron que estas prácticas incrementaban levemente la densidad, junto con el incremento del ancho de anillo, tanto para madera juvenil, como para madera madura, concluyendo, por lo mismo, que era poco probable que prácticas silviculturales tales como las referidas tuviesen un efecto sustancial en la densidad de la madera de Raulí.

8.1.3. Fertilización.

La disponibilidad de nutrientes es un factor que es modificable en forma rápida, a fin de incrementar la productividad vegetal. La disponibilidad de nutrientes puede ser modificada ya sea en forma directa, mediante la aplicación de fertilizantes, o bien en forma indirecta, mediante distintas prácticas forestales.

La Fertilización tiene como objetivo mejorar la producción, principalmente en volumen, mediante el incremento del diámetro y la altura. Produce efectos en la calidad de la madera a través de dos vías, una directa y otra indirecta. En forma indirecta, la fertilización puede modificar la susceptibilidad de los árboles a las distintas plagas y patógenos. El vigor de las plantas puede aumentar después de una fertilización, lo cual permite producir una mayor cantidad de compuestos de defensa (Landsberg y Gower, 1997). En otras palabras, la fertilización puede impedir que se disminuya la calidad de la madera por la acción de agentes patógenos. En forma directa, afecta al incrementar el desarrollo del fuste, provoca una mayor velocidad de crecimiento, que a su vez modifica diversas propiedades de la madera.

Los efectos de la fertilización son variados y en ocasiones contradictorios. Así por ejemplo, en *Pinus radiata* en sitio de baja calidad la tendencia es que la densidad de la madera se reduzca al fertilizar con Fósforo, por disminución del porcentaje de la madera de verano. No ocurre lo mismo en sitios de mejor calidad. También se producen decrementos al fertilizar con potasio. En otras especies de coníferas y latifoliadas también la tendencia es una disminución de la densidad al fertilizar con P, K o N (*Pseudotsuga menziessii*, *Pinus taeda*, *Pinus elliotii*, *Picea sitchensis*, *Pinus pinaster*, híbridos de álamo, *Eucalyptus regnans*, *Eucalyptus grandis*).

En un ensayo silvopastoral en que se determinó el efecto de la fertilización sobre la densidad básica en *Pinus radiata*, al fertilizar la pradera con nitrógeno y fósforo, se determinó una disminución de la densidad en la mitad inferior del árbol, en los sectores fertilizados (Figura 8.1.).

Al comparar la proporción de madera tardía en el mismo ensayo, se genera un resultado similar para la mitad inferior del árbol (Figura 8.2.).

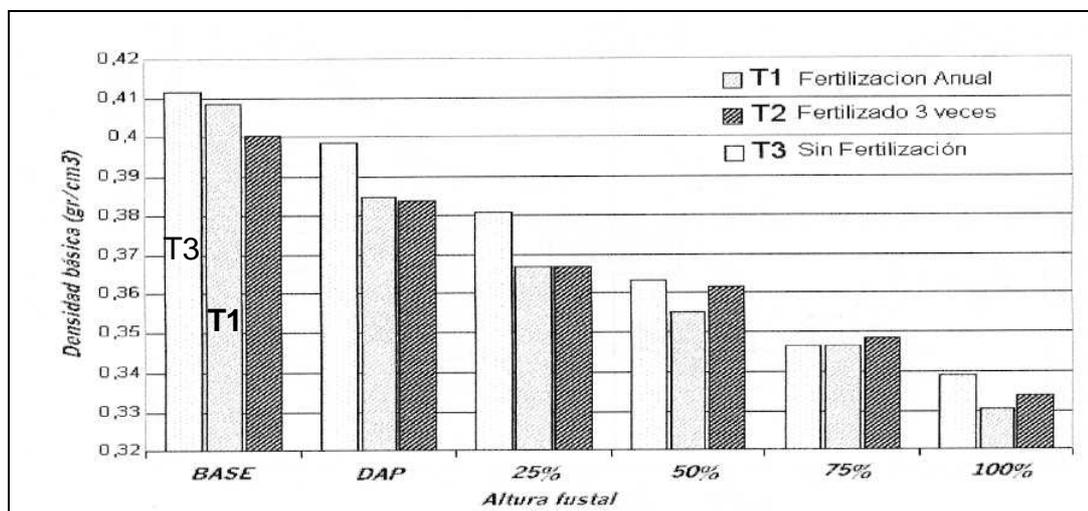


Figura 8.1. Variación de la densidad básica según la altura del fuste, por tratamiento (Salazar, 1999).

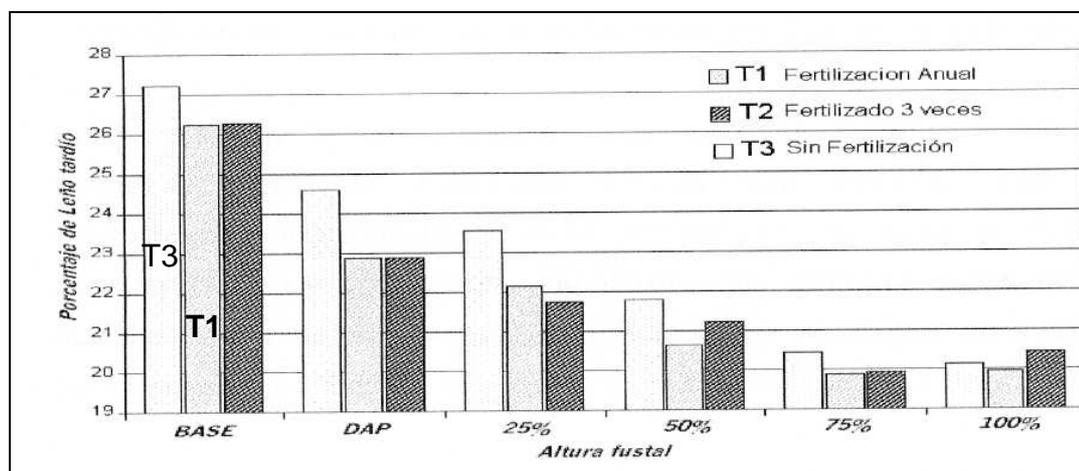


Figura 8.2. Variación del porcentaje de leño tardío según altura del fuste, por tratamiento (Salazar, 1999).

A diferencia de lo que ocurre normalmente, en un ensayo que analizó la influencia de tratamientos silviculturales en el crecimiento y densidad de *Eucalyptus grandis*, creciendo en Australia - New South Wales (Wilkins, 1990), la fertilización junto con incrementar el crecimiento, aumentó la densidad básica.

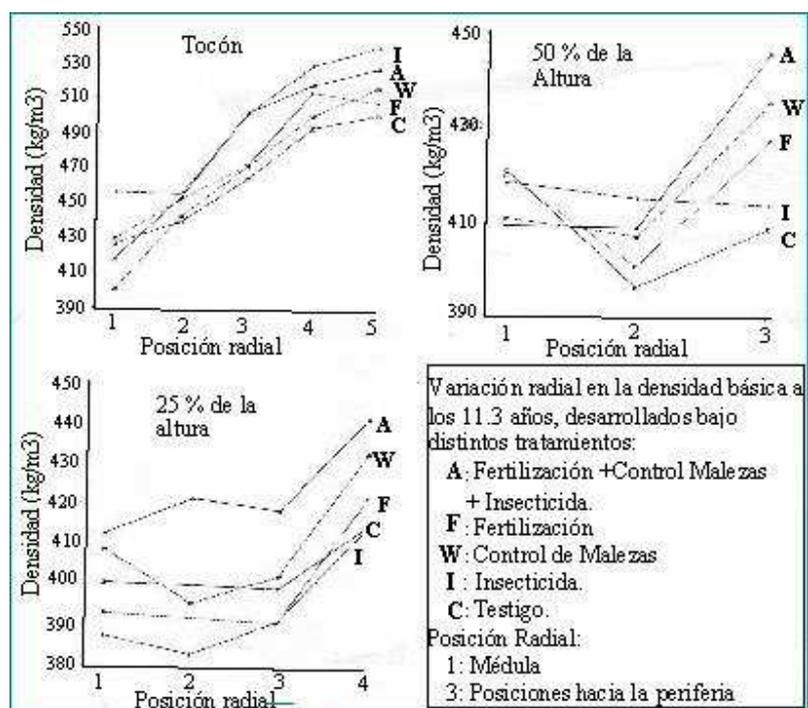


Figura 8.3. Respuesta de la densidad de la madera ante tratamiento de fertilización. Incremento en las tasas de crecimiento y densidad básica. Las mayores respuestas las arrojó la combinación de tratamientos.

En otro estudio que analizó la respuesta en crecimiento y propiedades de pulpa y madera a la fertilización en *Eucalyptus grandis* (Cromer *et al.*, 1998) en Australia, se concluyó que la fertilización no sólo incrementó la densidad básica de la madera (en un 6 %), sino que además se incrementó la producción de pulpa.

Tabla 8.1. Incremento sustancial del crecimiento de los árboles.

Fertilización (Kg/ha)		Densidad Básica Kg/m3	Productividad Madera Pulpa (kg pulpa/m3 madera)
Nitrog.	Fósf.		
0	0	0	194
200	60	200	199
400	120	400	212
800	240	800	217
1600	480	1600	214

Según tabla , la mejor respuesta se obtuvo al aplicar 800 kg/ha de N y 60 kg/ha P (N3P1). Producción volumétrica a los 5-6 años casi se duplicó, desde 76 m3/ha en el testigo a 145 en el mejor tratamiento. Se incrementó la densidad básica (6%) y la producción de pulpa (Tratamiento N3P3).

Nelson *et al.* (1980), determinaron el efecto de la fertilización (y raleo) en la producción de pasta Kraft en *Pinus radiata* en Australia. En esta experiencia se concluyó que la fertilización produjo un gran incremento en la producción de madera, con efectos relativamente pequeños en las propiedades pulpables. La de mayor importancia es una pequeña disminución en el índice de rasgado. Pequeños cambios en la densidad básica y en la producción de pulpa, debido a la fertilización, pueden causar un pequeño incremento o una disminución en el consumo de madera por tonelada de pulpa.

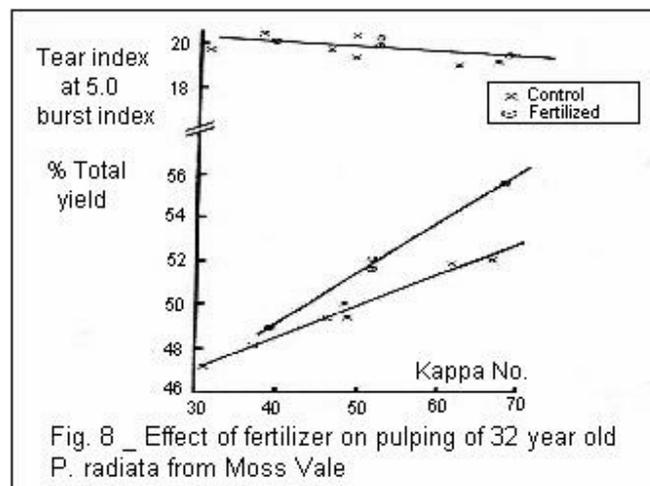


Figura 8.4. Se puede observar en las gráficas una pequeña disminución en los índices de rasgado (Tear index) y de explosión (Burst index) cuando se aplicó fertilización.

Los efectos de la fertilización sobre la calidad de la madera no siempre son los mismos y en ocasiones son contrarios, pues la relación existente entre la producción o rendimiento y la nutrición no siempre sigue una misma tendencia. La respuesta a la fertilización dependerá o interactuará, lo mismo que las otras prácticas silvícolas, con otros aspectos como el sitio, la especie, posición en el rodal, estado de desarrollo y dosis (o intensidad). Normalmente el efecto de una fertilización es inmediato y se prolonga por unos 3 a 5 años.

8.1.4. El Riego.

Cuando las condiciones son favorables y los crecimientos vigorosos, hay abundancia de fotosintatos para las distintas partes del fuste, pero en momentos de estrés hídrico hay una disminución en el traslado de fotosintatos en el árbol. La zona inferior del fuste tiene una mayor deficiencia de fotosintatos pues se encuentra más alejada de la fuente de los mismos (la copa). El regar

una plantación contribuye a revertir esta situación, siendo justamente la zona inferior del fuste la que tendría la respuesta al riego más pronunciada, dado que ha sido más seriamente afectada por condiciones de estrés hídrico previas.

Howe (1970) informó que el riego aplicado en *Pinus ponderosa* maduros creciendo en un área relativamente seca en el Este de Washington, incrementó significativamente el número total de traqueidas, el porcentaje de madera tardía, el peso específico, el número de traqueidas no aplastadas (aquellas con dimensión radial mayor que la mitad de la dimensión tangencial) de madera tardía, el ancho de anillos anuales, el número de traqueidas de madera tardía y el ancho del incremento de madera tardía. Las tres últimas características variaron, además, con la altura a lo largo del fuste. Debido a que en *Pinus ponderosa* el incremento en el ancho de la madera temprana no se afectó significativamente por el riego, a diferencia de la madera de verano, resultó un incremento del porcentaje de madera tardía y del **peso específico** (Howe, 1968).

En otro ensayo presentado por Murphey *et al.* (1973), se evaluaron 6 árboles de *Quercus rubra* (red oak) que fueron regados semanalmente por 5 años. El tratamiento produjo diferencias en características como crecimiento, peso específico y porcentaje de madera tardía, los que aumentaron significativamente. También se produjeron incrementos en los largos de vasos y fibras de madera tardía y temprana, con pequeños cambios en el grosor de la pared celular. El incremento del peso específico, es atribuido a un aumento en el porcentaje de madera tardía en los anillos de crecimiento de los árboles tratados.

Red oak responde al riego de una manera que mejora su utilidad como especie pulpable. Generalmente la razón entre el largo y el grosor de la pared celular (L/T) creció. El incremento de la razón L/T es considerado un atributo deseable para la pulpa, además, aumenta la cosecha de madera para pulpa. El riego incrementó el crecimiento y el peso específico. Estos incrementos se produjeron en la madera tardía de los anillos de crecimiento. Por consiguiente, una masa adicional es producida como resultado del riego. Otro beneficio fue la reducción en la variabilidad del tamaño de elementos de célula, un factor que produciría mejor pulpa.

El volumen adicional de fibra y la longitud, el pequeño diámetro de los vasos en madera tardía, proporcionan una pulpa más aceptable. También, un incremento de la relación largo de célula grosor de pared celular (L/T) es considerado ventajoso, pues puede hacerla más resistente y mejorar las cualidades de impresión. Una reducción en la variación de la mayoría de las propiedades es resultado de la fertilización.

Cregg *et al.* (1988) señalan que en un año con una alta precipitación de verano se produjo madera con un mayor porcentaje de madera de verano y un

mayor peso específico que la producida en otro año con menor precipitación de verano, para rodales de *Pinus taeda*, en Oklahoma.

Tabla 8.2. Cuadro resumen con las estrategias de aprovechamiento y silviculturales según condición de la madera y del bosque para un esquema de manejo para la obtención de madera para remanufactura.

Origen	Variable	Condición en la madera	Estrategia de aprovechamiento	Estrategia Silvicultural
Condición de la madera	Nudo	Debe ser firme (vivo), se exige su presencia, excepto molduras	Se aprovecha todos los nudos firmes menores a 1"; Orientación y/o reparación de piezas en el mueble	Podas que eviten nudo muerto
	Peca	Leve	Total aprovechamiento	Podas y limpieza de acículas en el fuste
		Media a fuerte	Orientación y/o reparación de piezas en el mueble	
	Hoyos de conos	En proporciones adecuadas	Orientación y/o reparación de piezas en el mueble	Limpieza fuste, selección genética
	Bolsillo de resina	En proporciones adecuadas	Orientación y/o reparación de piezas en el mueble	Evitar daños en el fuste
Condición del Bosque	Diámetros rollizos no deben ser mayores (entre 22 y 30 cm)	Anchos de las piezas menores y variables	Total aprovechamiento	Esquema manejo
		Largo de las piezas menores y variables	Total aprovechamiento	Esquema manejo, selección genética

(Fuente: Forestal Copihue, 2003).

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFIA CITADA

ACHS, 1994. Técnicas y prevención de riesgos en la poda de pino insigne. Asociación Chilena de Seguridad. Santiago. Chile.

Albornoz, C. 1996. Estudio de tiempos y rendimientos en tres alturas de poda de *Pinus radiata* D. Don con tijerón neozelandés. Memoria de Título, Ing. For. U. de Concepción. Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Arvidsson, A. 1986. Pruning for quality. *Small Scale Forestry* 1:1-7.

Assmann, E. 1970. Growth and yield of the stands. Pergamon Press. Oxford, England.

Barret, J. 1968. Pruning of ponderosa pine. Effect on growth. U.S.D.A. For. Serv. Res. Paper PNW68. Portland, Oregon.

Beadle, C., C. Turnbull and R. McLeod. 1994. An assesment of growth and form for pruning to six meters an *Eucalyptus nitens* plantations. *Tasforests* 6: 1-6.

Beltrán, C. 1998. Producción de madera aserrada libre de nudos en un rodal de *Pinus radiata* D. don de 18 años de edad con poda a 12 metros de altura. Memoria de título Ingeniería Forestal. Universidad de Concepción, Fac. de Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Bosques de Chile, 2003. Encuentro Plantaciones Forestales: Mercado y Tecnología. Exposición Avances en el establecimiento y manejo de plantaciones. Concepción, 22 de Abril de 2003.

Boyle, J., J. Winjum, K. Kavanagh and E. Jensen. 1999. Planted forests: Contributions to the Quest for sustainable societies. Ed. Kluwer academic Publishers. Netherlands.

Braathe, P. 1957. Thinnings in even-aged stands: A summary of european literature. Faculty of Forestry, University of New Brunswick. Fredericton, Canada.

Bredenkamp, B., F. Malan and W. Conradie. 1980. Some effects of pruning on growth and timber quality of *Eucalyptus grandis* in Zululand. *South African Forestry Journal* 114:29-34.

Brown, A.G., E. K. S. Nambiar y C. Cossalter. 1997. Plantations for the tropics-their role, extent and nature. p. 1-24 In: E. K. Nambiar and A. G. Brown ed. *Managements of soil, nutrients and water in tropical plantation forests*. CSIRO. Canberra, Australia.

Cahill, J., T. Snellgrove and T. Fahey. 1986. The case for pruning young-growth stands of Douglas-fir. p 123-131 In Oliver, Ch., D. Hanley and J. Johnson ed. Douglas-fir: Stand management for the future. College of Forest Resources. University of Washington. Seattle, Washington.

Clutter, J., J. Fortson, L. Pienarr, G. Brister and R. Bailey. 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons. New York, USA.

CONAF - CONAMA. 1999. Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Corporación Nacional Forestal, Comisión Nacional del Medio Ambiente. Santiago, Chile.

Cown, D. 1992. New Zealand radiata pine and Douglas fir: suitability for processing. FRI Bulletin N° 168. Ministry of Forestry. For. Res. Inst. Rotorua, New Zealand.

Chile Forestal. 1990. Boletín de Mercado Forestal N° 110. Santiago, Chile.

Daniel, T., J. Helms y F. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Mc. Graw-Hill. México.

Deadman, H. and S. Calderón. 1988. Pruning eucalyptus in New Zealand. Proceedings of the AFDI International Forestry Conference for the Australian Bicentenary. Albury, New South Wales, Australia.

Emmingham, W. 1983. Managing woodlands in the coastal fog belt. Ext. Serv. Circ. EC 1131. Oregon State University. Corvallis, Oregon, USA.

Espinosa, M., G. Medina, E. Arrué y G. Parada. 1980. Estudio de rendimiento y costo de poda en pino insigne (*Pinus radiata* D. Don). I, Arauco. U. de Concepción. Fac. de Cs. Agr. y Forestales. Chillán, Chile.

Espinosa, M. 1991. Efecto de la época de poda en el crecimiento de un rodal de pino radiata creciendo en la zona de Malleco. Univ. de Concepción. Escuela de Ciencias Forestales/Forestal Mininco S.A. Chillán, Chile.

Espinosa, M. 1992a. Efecto de la época de poda en el crecimiento de un rodal de pino radiata creciendo en la precordillera de los Andes. Univ. de Concepción. Escuela de Ciencias Forestales/Forestal Mininco S.A. Chillán, Chile.

Espinosa, M. 1992b. Efecto de la época de poda en el crecimiento de un rodal de pino radiata creciendo en la zona de Arenales. Univ. de Concepción. Escuela de Ciencias Forestales/Forestal Mininco S.A. Chillán, Chile.

Espinosa, M. 1992c. Efecto de la época de poda en el crecimiento de un rodal de pino radiata creciendo en la zona Concepción-Arauco. Univ. de Concepción. Escuela de Ciencias Forestales/Forestal Mininco S.A. Chillán, Chile.

- FAO. 1991. Madera y productos de madera. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO. 1995. Situación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO, 2001. Situación de los Bosques del mundo. 2001.
- FAO, 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Informe principal. Estudio FAO MONTES 140.
- FMG Timberjack, 1992. Trozado al largo. Raleo Mecanizado. Manual de Referencia. Ontario. Canadá.
- Forestal Copihue, 2003. Exposición Avances en el Establecimiento y Manejo de Plantaciones. Encuentro Plantaciones Forestales: Mercado y Tecnología.
- Gerrand, A., J. Medhurst and W. Nielsen. 1997. Thinning and pruning Eucalyptus plantation for sawlog productions in Tasmania. *Tasforest* 9: 15-34.
- Glass, B. 1985. Some factors affecting branch control and defect core in *Eucalyptus saligna*. FRI Bulletin 87. Forest Research Institute. New Zealand Forest Service. Rotorua, New Zealand.
- Hibbs, D. 1987. The self-thinning and red alder management. *Forest Ecology and Management*, 18 (1987) 273-281.
- Hunter, M. 1990. Wildlife, forests and forestry: Principles of managing forests for biological diversity. Regents/Prentice Hall. New Jersey, USA.
- INFOR, 2001. Estadísticas Forestales. Boletín Estadístico 79. Santiago. Chile.
- Kramer, P. and T. Kozlowski. 1979. Physiology of woody plants. Academic Press. New York.
- Kulp, J. L. 1986. Projections for the year 2020 in the Douglas-fir region. p 3-7 In Oliver, Ch., D. Hanley and J. Johnson ed. Douglas-fir: Stand management for the future. College of Forest Resources. University of Washington. Seattle, Washington.
- Landley, P. and R. Barse. 1979. Spacing affects knot surface in red pine plantations. Research Note NC-246. North Central Forest Experiment Station. U.S.D.A. Forest Service. St. Paul, Mn.
- Lange, P., C. de Ronde and B. Bredenkamp. 1987. The effects of different intensities of pruning on the growth of *Pinus radiata* in South Africa. *South African Forestry Journal* 143:30-36.

Lavery, P. 1986. Plantation forestry with *Pinus radiata*. Review Papers N° 12. School of Forestry. University of Canterbury. Christchurch, New Zealand.

Maclaren, J. 1993. Radiata pine grower's manual. FRI. Bulletin 184. New Zealand Forest Research Institute. Rotorua, New Zealand.

Maree, H. 1979. The development of a pruning policy for the fast growing eucalyptus species in state forests. South African Forestry Journal 109:32-37.

Mead, D. 1992. Biología y silvicultura de *Pinus radiata*. Segundo simposio de Pino insignie. Octubre 27 a 30. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Nilsson, S. 1996. "Do we have enough forests?" IUFRO Occasional Paper N° 5. Hillebrand Nyomda KFT. Hungary.

Palazuelos, R. 1995. Análisis del diámetro de cilindro defectuoso en árboles podados de *Pinus radiata* en la precordillera andina de la VIII región. Memoria de Título Ing. For. U. de Chile. Fac. Cs. Agrarias y Forestales. Escuela de Cs. Forestales. Santiago, Chile.

Park, J. 1982. Occlusion and the defect core in pruned radiata pine. FRI Bulletin N°2. N. Z. For. Serv. For. Res. Inst. Rotorua, New Zealand.

Park, J. 1995. Pruned log evaluation and conversion developments in New Zealand. VI Silvotecna. Chile.

Ramírez, R. 1999. Estudio de tiempo y rendimiento en poda de *Eucalyptus regnans* con tijerón neozelandés y serrucho cola de zorro. Memoria de Título Ing. For. U. de Concepción, Fac. de Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Ravera, F. 1991. Estudio de tiempo y rendimiento en poda con tijerón podador neozelandés en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don, de Concepción. Tesis de grado. U. de Chile, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales, Depto. de Manejo de Recursos Forestales. Santiago, Chile.

Reutebuch S. and B. Hartsough. 1994. Manual equipment for early pruning of Douglas-fir. Proceedings of the Meeting on Advanced Technology in Forest Operations: Applied Ecology in Action. July 24-29, 1994. J. Sessions and L. Kellog ed. Department of Forest Engineering, Oregon State University. Portland/Corvallis, Oregon, U.S.A.

Salazar, F. 1999. Efecto de la fertilización en un ensayo silvopastoral sobre la densidad básica y el porcentaje de madera tardía en árboles residuales de *Pinus radiata* D. Don, de 16 años de edad. Memoria. Universidad de Concepción.

Schönau, A. 1974. The effect of planting, espacement and pruning on growth, yield and timber density of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal 88:16-23.

Sharma, N., R. Rowe, K. Openshaw and M. Jacobsen. 1992. World forests in perspective. pp 17-31 In: Sharma, N. ed. Managing the world's forests. Looking for balance between conservation and development. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa, U.S.A.

Shepherd, K. 1986. Plantation Silviculture. Martinus Nijhoff. Dordrecht.

Smith, D. 1986. The practice of Silviculture. 8th ed. John Wiley and Sons. New York, USA.

Smith, D., B. Larson, M. Kelty and P. Ashton. 1997. The practice of silviculture. Applied forest ecology. 9th ed. John Wiley and Sons. New York, USA.

Somerville, A. 1991. Manual for pruned stand certification. FRI Bulletin N°. 167. New Zealand Forest Service.

Stabler, G. 1963. Growth along the stems of full crowned Douglas-fir trees after pruning to specified heights. Journal of Forestry 61:124-127.

Stöhr, G., D. Emerenciano and J. Faber. 1987. Gree pruning of *Pinus taeda* and its influence on growth in Parana-Brazil. En: Simposio sobre silvicultura y mejoramiento genético de especies forestales. 6-10 de abril, 1987. CIEF. Buenos Aires, Argentina.

Sutton, W. 1985. Pino radiata: sus excepcionales perspectivas en el comercio mundial de productos forestales. Publicación Técnica N° 17. Fundación Chile, Depto. Forestal. Santiago, Chile.

Sutton, W. 1999. Does the world need planted forests?. Paper presented at the "Intersessional expert meeting on the role of planted forests", Santiago, Chile. 6-9th April 1999.

Sutton, W. and J. Crowe. 1975. Selective pruning of radiata pine. N. Z. J. For. Sci. 5(2): 171-195.

Wilson, B. 1970. The growing tree. Univ. Massachusetts Press. Amherst, MA, USA.

Zasada, J., K. Van Cleve, R. Werner, J. McQueen and E. Nyland. 1977. Forest biology and management in high-latitude north american forests. Reproduced from North american forest lands at latitudes north of 60 degrees, proceeding of a symposium held at the University of Alaska, Fairbanks.

CAPITULO X

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

Burdon, R. and J. Miller (Ed.). 1992. Introduced forest trees in New Zealand: recognition, role, and seed source. 12 Radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). FRI Bulletin 124. New Zealand Forest Research Institute. Rotorua, New Zealand.

Cancino, J., M. Espinosa y B. Avilés. 1990. Modelo simulador de poda para pino radiata: una proposición. *Agro-Ciencia* 6: 47-54.

Carrasco, R. 1991. Estudio de rendimiento y costos de poda en pino radiata, en predios de la VIII y IX regiones. Memoria de título, Ing. For. U. de Concepción. Fac. Cs. Agron., Veter. y Forestales, Depto. Cs. Forestales. Chillán, Chile.

Espinosa, M., R. Escobar y F. Drake. 1990. Silvicultura de las plantaciones forestales en Chile: pasado, presente y futuro. *Agro-Ciencia* 6(2): 131-144.

Espinosa, M., J. García y O. Valeria. 1994. Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. *Bosque* 15: 55-65.

Feest, E. 1995. Estudio ergonómico y rendimiento en segunda poda con tizerón neozelandés. Memoria de título, Ing. Forestal. Universidad de Concepción. Fac. Cs. Forestales. Concepción, Chile.

Hawley, R. y D. Smith. 1972. Silvicultura práctica. Omega. Barcelona.

Hernández, M. 1992. Efecto de poda y raleo en el crecimiento de rodales jóvenes de *Pinus radiata* D. Don en las zonas de Arauco, Los Angeles y Temuco. Memoria de título, Ing. For. U. de Concepción. Fac. Cs. Agron., Veter. y Forestales, Depto. Cs. Forestales. Chillán, Chile.

Hingston, R. A. 1990. Chemical control of epicormic shoots on 4 year old *Pinus radiata* D. Don. *Australian Forestry* 53: 3-6.

Huber, A. and H. Peredo. 1988. Stem sunscald after thinning and pruning young *Pinus radiata* in the sandy soil region of Chile. *N. Z. J. For. Sci.* 18: 9-14.

Inglis, C. and M. Cleland. 1982. Predicting final branch size in thinned radiata pine stands. FRI Bulletin N° 3. N. Z. For. Serv. For. Res. Inst. Rotorua, New Zealand.

James, R. and G. Tarlton (Ed.). 1990. New approaches to spacing and thinning in plantation Forestry. Proceedings of a IUFRO Symposium Held at FRI. Rotorua, New Zealand.

Jobet, P. 1996. Efecto del espaciamiento y arreglo de plantación sobre el crecimiento inicial (tres años) de *Eucalyptus nitens* en suelo trumao. Memoria de título, Ing. For. U. de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Kininmonth, J. and L. Whitehouse (ed.).1991. Properties and uses of New Zealand Radiata pine . Volume one-wood properties. N. Z. Ministry of Forestry, Forest Research Institute. Rotorua, New Zealand.

Koehler, A. 1984. Variable-lift pruning of radiata pine. FRI Bulletin N° 78. N. Z. For. Serv. For. Res. Inst. Rotorua, New Zealand.

Lewis, N. and I. Ferguson. 1993. Management of radiata pine. Inkata Press. Melbourne, Australia.

Nova, J. 1996. Daño a los árboles y compactación de suelo en raleo por volteo y sistema de extracción animal en rodal de *Eucalyptus regnans* F. Muell. Memoria de título, Ing. For. U. de Concepción, Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Pinilla, J. 1995. Primeros resultados en un ensayo de espaciamiento, poda y raleo con *Eucalyptus glóbulus* en Constitución (VII Región). Ciencia e Investigación Forestal 9(2): 191-212.

Pritchett, W. 1979. Properties and management of forest soils. John Wiley and Sons. New York.

Puentes, G. 1996. Efectos de la fertilización y dos regímenes de raleo obre el incremento en área basal y algunas propiedades físicas y químicas de la madera de *Pinus radiata* D. Don. Memoria de título, Ing. For. U. De Concepción. Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Pyne, S. 1984. Introduction to wildland fire. John Wiley and Sons. New York.

Revell, D. 1981. Silviculture of *Eucalyptus*: New Zealand experience. For. Res. Inst. Rotorua, New Zealand.

Salas, C. 1996. Evaluación de la calidad de trozos provenientes de la sección no podada del fuste de *Pinus radiata* D. Don. Memoria de título, Ing. For. U. de Concepción. Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Shönau, A. and J. Coetzee. 1989. Inicial spacing, stand density and thinning in *Eucalyptus* plantations. For. Ecol. Manag. 29(4): 245-266.

Spur, S. And B. Barnes. 1980. Forest ecology. John Wiley and Sons. New York.

Stöckle, M. 1996. Efecto inicial de poda y raleo en el crecimiento de un rodal de *Eucalyptus nitens* de seis años de edad. Memoria de título, Ing. For. U. de Concepción. Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Concepción, Chile.

Sutton, W. 1973. Changes in tree dominance and form in a young radiata pine stand. N. Z. J. For. Sci. 3(3): 323-330.

Walstad, J., S. Radosevich and D. Sandberg (Eds.). 1990. Natural and prescribed fire in Pacific Northwest Forests. Oregon State University Press. Corvallis, Oregon.

West, G., G. Knowles and A. Koehler. 1982. Model to predict the effects of pruning and early thinning on the growth of radiata pine. FRI Bulletin N°5. N. Z. For. Serv. For. Res. Inst. Rotorua, New Zealand.

West, G. and G. Osler. 1995. Growth response to thinning and its relation to site resources in *Eucalyptus regnans*. Can. J. For. Res. 25: 69-80.

Zobel, B. and J. Talbert. 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley and Sons. New York.

Zobel, B., G. Van Wyk and P. Stahl. 1987. Growing exotic forests. John Wiley and Sons. New York.