

MANEJO Y RENDIMIENTO DE PLANTACIONES

Juan Carlos Pinilla S.

4.1 ESQUEMAS DE MANEJO UTILIZADOS EN *E. nitens* EN CHILE Y EN OTROS PAÍSES

4.1.1 Antecedentes generales

La ciencia actual reconoce que la variabilidad exhibida entre y dentro de las poblaciones de árboles silvestres, como en cualquier organismo, ha surgido en forma natural por efecto de la evolución y especialización durante el transcurso de miles de años. Sin embargo utilizando apropiados esquemas de selección y un manejo forestal adecuado, el hombre es capaz de producir, en forma relativamente rápida, los cambios que le sean convenientes, es decir tender a domesticar dichas especies.

En este sentido, el objetivo de un programa de manejo forestal es optimizar y aumentar las ganancias por unidad de superficie plantada, en donde el factor tiempo es clave. Hasta el momento, la mayoría de las empresas forestales ha establecido las plantaciones de *E. nitens* con el fin de producir madera pulpable, en rotaciones cortas, (7 a 10 años) por lo que no han sido sometidas a esquemas de manejo que incluyan podas o raleos. Los rendimientos pulpables y densidad básica están dentro de lo esperado, y en algunos casos, por sobre lo que se estimaba. Los nuevos resultados son crecientemente optimistas en la medida que se investiga la forma correcta de procesar la madera y se usan bosques por sobre los 12 años para la fabricación de celulosa.

Con el fin de aprovechar el notable crecimiento que presenta la especie, se hace necesario iniciar estudios tendientes a conocer la respuesta de *E. nitens* frente a tratamientos silviculturales orientados a la producción de madera aserrable y chapas.

El manejo de las plantaciones de *E. nitens* para obtención de productos distintos a la celulosa es un tema que en el último tiempo se ha empezado a estudiar en el país. La Empresa Forestal y Agrícola Monteaguila (CMPC), ha desarrollado la tecnología para aprovechar esta especie como madera aserrada, en tanto que otras empresas han establecido algunos ensayos. En todo caso, la información y resultados son utilizados en forma reservada. Los medianos y pequeños propietarios, especialmente de la IX y X Regiones, no tienen acceso a esta información.

El efecto de raleos precomerciales o comerciales y podas en especies del género *Eucalyptus* está escasamente documentado en la literatura. Usualmente las plantaciones se han destinado a la producción de pulpa, por lo que su manejo se concentra, esencialmente, en el establecimiento. En Chile son escasos los antecedentes publicados respecto a la aplicación de podas y raleos y su efecto en el crecimiento en plantaciones de *E. nitens*.

Por su parte, el Instituto Forestal, a partir de la década de los ochenta, realiza un gran esfuerzo de investigación en relación a las especies del género *Eucalyptus*, marcando fuertemente el desarrollo nacional en esta área del conocimiento.

Dicho esfuerzo se inició en 1962 con el programa de introducción de especies, que luego, en 1988, se transformó en el programa de introducción de procedencias y progenies, para desembocar formalmente en el programa de mejora genética de especies del género *Eucalyptus* de interés económico (Infante, Ipinza y Prado, 1991). Sobre la base de esta información y con la colaboración del sector privado se pusieron en marcha los proyectos “Mejora Genética de *Eucalyptus* en Chile” y “Antecedentes Biométricos y Modelos de Apoyo a la Gestión del Eucalipto”, financiados por FONDEF en 1992 y 1993, respectivamente. Paralelamente, INFOR desarrolló importante investigación en materias relacionadas con el establecimiento de plantaciones, entregando los primeros resultados de establecimiento intensivo en 1988, lo cual originó el gran interés por la forestación con estas especies.

Aun cuando el manejo para producir madera aserrada u otros productos de mayor valor en Chile es todavía incipiente, se puede mencionar que en la X Región existen alrededor de 700 ha podadas (Agrícola y Forestal Los Lirios Ltda.) y hay antecedentes de otros propietarios que están podando sus plantaciones.

Considerando la escasa información disponible en Chile, no es posible recomendar esquemas de manejo para distintos objetivos de producción, sin embargo se recomiendan algunos esquemas en aplicación en otros países que pueden servir de guía.

Si el objetivo final de la plantación es la producción de pulpa o energía, no se recomienda la realización de podas ni raleos.

4.1.2 Espaciamiento inicial

La densidad de establecimiento dependerá de la calidad de sitio y del objetivo productivo de la plantación. No obstante ésta debiera fluctuar en el rango de las 600 a 1650 plantas/ha.

TABLA 21
EFFECTO DEL ESPACIAMIENTO INICIAL SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO
DE *Eucalyptus nitens* PLANTADO EN SUELO VOLCÁNICO.

Espaciamiento (m)	Densidad Nominal (arb/ha)	Densidad Real (arb/ha)	DAP 7 años (cm)	Altura Dominante (m)	AB m ² /ha	Vol Iu 10 cm [*] (m ³ /ha)
1,8	3.086	2.895	12,3	24,2	34,4	155
2,0	2.500	2.344	13,2	24,4	31,1	160
2,3	1.890	1.796	15,1	25,1	32,4	197
2,5	1.600	1.514	15,7	24,8	28,5	177
2,8	1.275	1.215	17,5	25,0	27,3	184
3,0	1.111	1.076	18,1	24,8	25,4	175
3,3	918	871	18,9	24,7	25,5	179
3,5	816	794	20,2	25,2	24,9	184
3,8	692	676	21,4	24,2	24,2	176
4,0	625	613	22,2	24,0	22,0	162

*: Iu: Volumen a un diámetro límite de utilización

Jobet (1999) aborda el tema del espaciamiento inicial en plantaciones de *Eucalyptus nitens*, establecidas en suelos volcánicos, con el fin de conocer el efecto del espaciamiento sobre el crecimiento de los árboles. El estado del rodal estudiado, a los 7 años de edad, se presenta en el Tabla 21.

Las principales conclusiones de este estudio son:

- El DAP se incrementa con el aumento del espaciamiento y las diferencias entre tratamientos tienden a aumentar con la edad.
- La altura media dominante no presenta tendencias que puedan ser asociadas a la densidad de plantación, lo que confirma que está asociada más bien a condiciones de sitio que a otros factores.
- El área basal tiende a aumentar a mayor densidad de plantación y las diferencias entre tratamientos aumentan con la edad. Con densidades mayores a los 2000 arb/ha el área basal comienza a crecer a tasas decrecientes a contar de los 6 años.
- En todos los tratamientos estudiados se encontró que a los seis años el incremento corriente llega a su máximo.
- A los siete años de edad y para un diámetro límite de utilización de 10 cm, los espaciamientos que permiten alcanzar los máximos niveles de rentabilidad son 3,5 y 3,8 m, con densidades de 794 y 676 arb/ha, respectivamente.
- El volumen total, con aprovechamiento hasta diámetros de utilización pequeños (5 cm), aumenta con el aumento de la densidad, pero a medida que el diámetro mínimo de utilización aumenta los espaciamientos menores con densidades moderadas, tienden a ser más productivos que los espaciamientos estrechos, con densidades altas.
- Se estima que en el corto plazo (cinco años), el espaciamiento óptimo desde el punto de vista económico estará en el rango intermedio de espaciamiento, es decir entre 2,8 y 3,3 m, con densidades entre 870 y 1200 arb/ha.

4.1.3 Raleos y Podas (Esquemas de manejo)

En Chile el manejo de *E. nitens* no es una práctica frecuente, debido principalmente a que las plantaciones se han establecido con el fin de producir materia prima para pulpa. Por ello, no existen antecedentes sobre esquemas de manejo orientados a la producción de madera aserrada. Los escasos antecedentes existentes se originan de algunas investigaciones realizadas por empresas forestales.

E. nitens es una especie que no presenta buena poda natural, lo que genera la presencia de nudos, que ocasiona serios problemas en el aserrio y descalifica la calidad de la madera. Por esto, necesariamente se deben realizar podas a las plantaciones destinadas a la producción de madera aserrada (Gerrand et al., 1997). Se ha determinado que la presencia de nudos disminuye la posibilidad de utilizar la madera con fines estructurales y para productos con valor agregado. En Australia la especie se encuentra en el límite de lo que acepta la industria, indicando que la madera puede tener potencial para otros productos con valor agregado, pero sólo si se disminuye la presencia de nudos.

Ante esta situación, la poda es indispensable para generar madera de alta calidad y libre de nudos. Ésta debe efectuarse en ramas vivas y antes que el diámetro de las ramas supere los 3 cm.

Ensayos efectuados en Tasmania indican la conveniencia de efectuar podas tempranas, comenzando antes del cierre de copas (cerca de los 3 a 4 años desde la plantación o cuando los árboles alcanzan los 7 m), evitando la poda de ramas muertas. Además, la aplicación de podas tempranas permite controlar el diámetro del cilindro con defectos, lo que permite producir una mayor proporción de madera libre de nudos al momento de la cosecha. La faena debe efectuarse, en lo posible, en otoño o invierno, minimizando así el riesgo de infección y colonización por hongos de pudrición. En términos de intensidad de poda, en Australia se ha demostrado que la remoción de hasta un 55% de copa viva no afecta significativamente el crecimiento en diámetro o altura de los árboles intervenidos (Gerrand et al., 1997).

4.1.4 Experiencia Australiana en el manejo de *E. nitens* con objetivos aserrables

Durante los últimos 17 años, en el Estado de Tasmania, Australia, se han realizado algunos trabajos de investigación en torno al tema, dando lugar al establecimiento y evaluación de ensayos de espaciamiento, raleos y podas, destinados a determinar los regímenes de manejo más adecuados para la especie (Gerrand et al., 1997; Nielsen, 1999; Medhurst y Beadle, 2001; Medhurst et al., 2001).

Los objetivos de los ensayos implementados en Tasmania se orientan a evaluar la factibilidad económica de producir trozas aserrables y debobinables, para lo cual se han establecido ensayos destinados a recomendar espaciamientos iniciales, y a establecer regímenes de poda y raleo, incluyendo aspectos operacionales y de costos.

Es así como Australia registra la mayor experiencia en torno a investigación y aplicación de esquemas de manejo de plantaciones de *E. nitens* para productos de alto valor.

El régimen de manejo recomendado para la producción de madera aserrable de *E. nitens* considera el establecimiento de plantaciones con 1000 árboles por hectárea como una manera de asegurar suficientes individuos de buena forma para la selección de 250 árboles finales, y regímenes de podas a 2,7 m (poda baja) o a 6,7 m (poda alta). Se incluye un raleo a desecho que libera a los árboles seleccionados y un posterior raleo comercial para mejorar la viabilidad financiera del negocio.

La densidad de establecimiento es tal que permite la selección de un número suficiente de árboles de cosecha final (250), y no se justifica el empleo de densidades mayores, ya que no proporcionarían volumen extra en los raleos. Forestal y Agrícola Monte Águila recomienda densidades de plantación iniciales por sobre los 1400 árboles por hectárea para los mejores sitios, con podas y raleos intensivos.

Al momento del cierre de copas (3-4 años después de la plantación) los árboles deben ser seleccionados como candidatos para la cosecha final y ser sometidos a podas. Para *E. nitens* es fundamental realizar la primera intervención cuando las ramas basales están aún verdes; poda de ramas senescentes o secas generan problemas de entrada de hongos y mala cicatrización del corte. El momento adecuado para realizar el raleo es variable, dependiendo de la calidad del sitio, pero usualmente ocurre entre los 6 y 9 años. El raleo tardío se efectúa para mejorar el flujo de caja de la plantación, al vender la madera para pulpa.

Forestry Tasmania, una de las principales empresas que establece plantaciones de *E. nitens* en Australia, manejadas con el fin de producir madera aserrable, aplica un régimen de poda alta a 6,4 m, manteniendo un diámetro del cilindro con defectos de 15 cm¹. Los mejores 300 a 350 árboles de la hectárea, que serán los árboles de cosecha final, son seleccionados para ser podados, y los demás son dejados sin poda, para ser raleados a los 10 o 12 años (al igual que en pino, existen problemas de pérdidas de dominancia de los árboles podados cuando sus vecinos dominantes y co-dominantes no son intervenidos, en especial antes del primer raleo, por lo que se recomienda podar también una cantidad suficiente de estos últimos). La primera poda es a 2,5 m al cierre de copas de la plantación, extrayendo aproximadamente el 40% del follaje, lo cual no genera problemas de pérdida de dominancia en los árboles intervenidos. La segunda poda es a 4,5 m, un año después, y finalmente una tercera poda, a 6,4 m, se realiza al año siguiente (Tabla 22).

¹ Esto implica que la poda debe realizarse hasta una altura en que el diámetro del fuste alcanza 10 a 12 cm.

TABLA 22
EXPERIENCIA AUSTRALIANA EN EL MANEJO SILVÍCOLA PARA PRODUCTOS
DE ALTO VALOR EN PLANTACIONES DE *E. nitens*

Ítem	Descripción
Empresa	Forestry Tasmania
Objetivo producción	Trozas aserrables y debobinables
Densidad de establecimiento y espaciamientos	1000 (4 m x 2,5 m) a 1100 arb/ha (4 m x 2,25 m)
Primer Raleo	Lo antes posible (económicamente factible)
Raleo comercial	Un raleo entre los 8 y 12 años, antes que la altura media sea de 20 m
Podas	Extracción de un 50% de copa verde al cierre de copas no afecta crecimiento. Recomienda poda ramas vivas diámetro inferior a 3 cm. Poda árboles cosecha final (250 a 400 por ha), seleccionados por criterios de: forma, tamaño y ángulo de la rama (<60%), tamaño árbol y espaciamiento, en orden de prioridad. Poda a 2,5 m cuando los árboles tienen 7,5 m de altura, preferentemente durante el período de menor actividad cambial (otoño-invierno), ya que disminuye riesgos de ataque de hongos (menor dispersión de esporas).
Esquema sitios mayor productividad	Objetivo producir alta proporción de volumen de alta calidad. Poda 300 árboles a una altura de 6,4 m, dos raleos, uno a desecho y uno comercial entre los 10 a 12 años. Régimen de podas considera 3 levantes, primero a 2,7 m cuando los árboles tienen 7 m de altura (tres años de edad), segundo a 4,5 m y tercero a 6,4 m cerca de los 5 o 6 años, manteniendo un cilindro con defectos de 15 cm.
Esquema sitios productividad intermedia	Régimen de poda baja (2,7 m): raleo temprano de liberación; Para los mejores 300 árboles, cuando alcanzan 7 m altura. Lo demás es idéntico al de poda alta. Poda hasta 2,7 m (una poda). Este régimen minimiza el riesgo de penetración de pudrición y dispersión en la madera.
Densidad final	200 a 400 arb/ha
Rotación	Cuando el rodal alcanza los 50 a 60 cm de DAP medio (25 a 35 años) principalmente por una razón de tipo tecnológica ya que en estos diámetros se minimizan los problemas derivados del estrés de crecimiento.
Observaciones	Riesgo infección en zonas de corte y heridas de poda, selección de herramientas y técnicas adecuadas.

FUENTE: Gerrand et al. (1997); Nielsen (1999) y Medhurst et al. (2001)

4.1.5 Antecedentes de manejo para productos de alto valor de *Eucalyptus* spp. en otros países

Los regímenes de raleo para *Eucalyptus grandis* en Sudáfrica proponen reducir de 1333 a 250 arb/ha en 4 raleos. Estos regímenes de raleo de varias fases han sido descartados en Australia, por considerarlos caros de implementar a escala industrial. Tampoco se emplean los regímenes con un solo raleo a desecho para obtener la densidad final. En Tasmania, el análisis financiero de los regímenes silvícolas para plantaciones cuyo objetivo es la obtención de madera aserrable ha demostrado que un raleo comercial tardío ofrece los mejores retornos en los sitios de mejor calidad.

En Nueva Zelanda el manejo intensivo para obtener madera libre de nudos en especies del género *Eucalyptus* considera raleos progresivos con rotaciones de 30 a 45 años. Inicialmente se establecen 1000 a 1100 plantas/ha (3x3) y el año 3 se realiza una poda de formación a 300 ó 350 árboles seleccionados como árboles para cosecha. Entre los años 4 y 6 se podan de 200 a 250 árboles a 3 ó 3,3 m, cuando la altura media es de 7,2 m y se ralean entre 450 a 750 árboles (Haslett et al., 1984 y Haslett et al., 1992).

Entre los años 7 y 9 se podan 150 árboles/ha de 6 a 6,3 m, cuando la altura media es de 10,4 a 15 m, raleando 150 a 450 árboles por ha. Finalmente, al año 12 se poda a 8,5 m cuando la altura media es mayor a 25 m.

En Brasil existe una amplia experiencia en el manejo de plantaciones para la producción de madera aserrada. Como ejemplo se entrega la experiencia de Flosul, una empresa brasileña que aplica silvicultura intensiva a sus plantaciones de eucalipto con el objetivo de producir trozas aserrables de alta calidad. La densidad de plantación normal es de 1667 arb/ha, aplicando hasta 4 raleos, comenzando 30 meses luego de la plantación, para llegar a una densidad final de 300 arb/ha. El último raleo se realiza a los 11 años. En cuanto a las podas, estas se aplican hasta 3 veces, con el propósito de obtener una altura final podada de 9 m y un cilindro central defectuoso de 8 cm. Las rotaciones actualmente son de 16 años, lográndose DAP promedios del orden de 35 a 40 cm.

4.1.6 Experiencia nacional en el manejo de *E. nitens* con objetivos aserrables

El estudio realizado por Muñoz y Espinosa (1999) analiza el efecto de la poda y raleo en el crecimiento de un rodal de *Eucalyptus nitens* (Los Álamos, VIII Región). El diseño experimental contempló tres factores (altura de poda, intensidad de raleo y proporción de árboles podados) en tres niveles cada uno. Los tratamientos considerados se presentan en la Tabla 23.

TABLA 23
TRATAMIENTOS APLICADOS A UN ENSAYO DE PODA Y RALEO EN UN RODAL
DE *Eucalyptus nitens*. (LOS ÁLAMOS, VIII REGIÓN).

Símbolo	Factores		
	Altura Poda (m)	Densidad residual (arb/ha)	Árboles podados (%)
T0	Sin poda	1100 (sin raleo)	0
T1	3,5	1100 (sin raleo)	100
T2	7,0	1100 (sin raleo)	100
T3	Sin poda	800	0
T4	3,5	800	100
T5	7,0	800	100
T6	Sin poda	400	0
T7	3,5	400	100
T8	7,0	400	100
T9	3,5	800	50
T10	7,0	800	50
T11	3,5	400	50
T12	7,0	400	50

En este experimento el crecimiento en diámetro de los árboles se incrementó por efecto del raleo, particularmente en los espaciamientos más amplios. Las variaciones en crecimiento en diámetro de los árboles son dependientes fundamentalmente de las densidades residuales consideradas, más que de la intensidad de poda practicada, encontrándose que las parcelas más intensamente raleadas (400 arb/ha) crecen a una tasa significativamente mayor que las no raleadas.

Por otra parte, el raleo no tuvo un efecto significativo en el crecimiento en altura de los árboles, en ninguna de las mediciones efectuadas. A diferencia del crecimiento en diámetro, no se aprecia una tendencia clara que relacione el espaciamiento con la tasa de crecimiento en altura. Resultados similares obtuvo Pinilla (1995) en rodales de *Eucalyptus globulus* de siete años de edad.

El raleo tuvo un efecto significativo en el crecimiento en área basal del rodal. Las parcelas más intensamente raleadas (400 arb/ha) alcanzan áreas basales significativamente menores que las parcelas sin raleo (1100 arb/ha) y con raleos suaves (800 arb/ha). Las variaciones registradas durante el período de control son atribuibles fundamentalmente al raleo, no registrándose además, evidencia de efecto significativo de la proporción de los árboles podados sobre el crecimiento en diámetro y en altura.

La principal conclusión de este estudio correspondió a que en rodales de estas características, es posible reducir la densidad a 400 arb/ha y podar a 7 m de altura sin afectar negativamente el crecimiento de los árboles residuales.

En cuanto al efecto de la intensidad de poda en plantaciones de *Eucalyptus nitens* en Chile, Celhay, Bonnefoy y Riquelme (1999) mencionan que se han realizado algunas experiencias en zonas de la precordillera de Los Andes, a 600 msnm con suelo de origen volcánico y precipitaciones de 1600 mm, en rodales de 2 años de edad. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta del crecimiento de los árboles sometidos a la extracción de un 20, 40 y 60% de la copa verde en la primera poda (Tabla 24).

TABLA 24
CRECIMIENTO DE ÁRBOLES DE *E. nitens* SOMETIDOS A LA EXTRACCIÓN DE UN 20, 40 Y 60% DE LA COPA VERDE EN LA PRIMERA PODA.

Intensidad de poda	Situación Inicial Parámetros por ha				Mejores 400 arb/ha podados			Medición de los mejores 400 arb/ha a los 22 meses		
	Dens. (arb/ha)	DAP (cm)	Alt (m)	Vol (m ³ /ha)	DAP (cm)	Alt (m)	Vol (m ³ /ha)	DAP (cm)	Alt (m)	Vol (m ³ /ha)
0	1480	8,4	7,2	7,2	8,4	7,2	7,2	15,7	16,4	46,9
20	1430	7,7	6,4	5,8	7,7	6,4	5,8	15,7	17,1	48,1
40	1480	8,2	6,6	6,6	8,2	6,6	6,6	15,2	17,3	45,9
60	1430	8,6	6,9	7,2	8,6	6,9	7,2	14,2	16,7	39,4

En este estudio, a los 22 meses, el incremento en diámetro de los árboles podados con una intensidad de 20% de la copa es superior. Más aun, este tratamiento era el de menor DAP al momento de la intervención (7,7 cm vs. 8,4 del testigo). El mayor crecimiento se explicaría por un efecto positivo de la remoción de ramas, algunas de ellas parásitas. En ese mismo plazo se observó que la poda no afectó negativamente el crecimiento en altura. Es más, lo estimuló levemente.

De igual forma, se detectó el mayor crecimiento en volumen con una intensidad de poda de 20%. Considerando que al tercer año ya existe un cierre del dosel, el porcentaje de ramas muertas es mayor, por lo que una poda del 40% no debería deprimir significativamente el crecimiento de los árboles.

Las principales conclusiones del estudio se refieren a:

- La poda afecta el crecimiento en diámetro, altura y volumen de los mejores 400 arb/ha.
- La poda de 800 arb/ha a los 22 meses, a un 40% de altura total, no afecta significativamente el crecimiento de los árboles.
- Podas de un 60% de copa verde reducen significativamente el crecimiento en diámetro y volumen.

Prado y Barros (1989), mencionan los resultados de un ensayo realizado en Australia, donde se analiza el efecto de un raleo temprano en el crecimiento de un rodal de *E. nitens*, a los 12 años de edad. Los resultados se presentan en la Tabla 25.

TABLA 25
**EFEECTO DE UN RALEO TEMPRANO (6 AÑOS) EN EL CRECIMIENTO DE *E. nitens*.
 EDAD 12 AÑOS, VICTORIA AUSTRALIA.**

Densidad (N° arb/ha)	DAP medio (cm)	Área basal (m ² /ha)	Volumen total (m ³ /ha)
825	25,0	40,7	257,0
387	30,3	27,8	159,0
225	33,9	20,3	127,0

Algunas empresas forestales chilenas han adoptado algunos esquemas de manejo para sus plantaciones de *E. nitens*. Es así como en FAMASA, el objetivo del manejo de la especie es la producción de madera aserrada y pulpa, aplicando tres raleos selectivos. Los raleos se realizan en los años 3, 4 y 5, con un establecimiento inicial de 1400 arb/ha y con 2000 arb/ha en suelos de trumao (derivados de cenizas volcánicas), planificando obtener 450 arb/ha en la cosecha final. Las podas se realizan antes de los raleos en los años 3, 4 y 5 hasta una altura de 2,5; 5,5 y 8 metros respectivamente. A partir del año 2000, FAMASA cambió el régimen silvícola a uno de dos podas y dos raleos.

La empresa establece *E. nitens* en suelos trumaos y rojo arcillosos de alta productividad (IMA de 35 m³/ha/año a 10 años de edad), en sitios de la costa y del valle central. En los sitios de la Zona Costa (incluidos los de altas pendientes) la plantación se realiza entre abril y octubre. Las plantas se fertilizan al plantar, según los análisis de suelos realizados previamente.

En áreas desprovistas de árboles las malezas se controlan con glifosato antes de plantar y después con simazina, con pendientes inferiores al 45%. En las áreas anteriormente plantadas, donde se va a reforestar, los rebrotes de eucalipto se eliminan en el verano (enero/febrero) después de la cosecha, con aplicaciones de glifosato, para establecer las nuevas plantas en el invierno siguiente.

En los suelos arcillosos y de trumao, durante el verano se prepara el suelo utilizando un subsolador, para romper el suelo hasta una profundidad de 80-90 cm. Tanto en la forestación como en la reforestación se usa una máquina plantadora que hace el hoyo en el suelo, aplica fertilizante y planta los árboles. La poda se realiza entre mediados de mayo y el fin de septiembre; el raleo entre julio y el fin de octubre y la cosecha y relevos entre abril y mediados de octubre.

Según Celhay et al. (1999) el diámetro del cilindro nudoso objetivo debe ser de 12 a 15 cm, determinando que el tratamiento más efectivo es la poda hasta una altura del 40% de copa verde, podando los mejores 400 árboles a los dos años y efectuando los levantes necesarios, en la oportunidad correspondiente, en función del diámetro del cilindro nudoso objetivo (12 a 15 cm) y del crecimiento del rodal como expresión del sitio y el manejo silvícola.

4.2 MANEJO DE BOSQUES EN MONTE BAJO

Capacidad de retoñación de la especie

La literatura señala frecuentemente que *E. nitens* no retoña bien, sin embargo los ensayos realizados en Chile han demostrado que la especie presenta una buena retoñación (Prado y Barros, 1989), pero ésta se desarrollaría tardíamente, estando determinada probablemente por la edad y época de corta, ya que a las actuales edades de cosecha (10 a 12 años) la especie no posee esa capacidad (Prado et al., 1990; Alarcón, 1994).

Muñoz y Espinosa (2001) estudiaron la capacidad de retoñación de *Eucalyptus nitens* bajo dosel y a campo abierto, en rodales ubicados en distintos sectores de la VIII Región de Chile. A campo abierto, el porcentaje de retoñación alcanzó a un 82%, con un promedio de 2,6 retoños por tocón. Bajo dosel, el porcentaje de retoñación varía entre 75 y 81% y el número de retoños por tocón entre 4,6 y 4,7, para las densidades residuales de 800 y de 400 arb/ha, respectivamente. En ambas situaciones, la mayor concentración de tocones con retoños se presenta en las clases de diámetro y de altura de tocón intermedias. Bajo dosel, se reporta una disminución de la retoñación y del número de retoños por tocón, especialmente bajo densidades residuales de 800 arb/ha. Los tocones en forma de bisel presentan un mayor grado de retoñación y mayor número de retoños. Existe evidencia de que la retoñación de *E. nitens* ocurre con mayor frecuencia en procedencias de NSW (Brown Mountain, Tallaganda, etc.) que en aquellas de Victoria central (Toorong, Macallister, etc.).

El estudio confirma que *E. nitens* tiene capacidad de retoñar, aunque no suficiente para sustentar en ella la siguiente rotación. Con esta capacidad de retoñar hay que pensar en reforestar después de cada cosecha, especialmente si se va a manejar para madera aserrada.

4.3 CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE *E. nitens*

4.3.1 Crecimiento y Rendimiento observados en Chile

La especie ha presentado sus mejores crecimientos en la costa de la VIII Región, particularmente en Antiquina (al sur de Cañete) y en Leonera (al norte de Dichato), donde alcanza incrementos de 58 y 76 m³/ha/año, respectivamente. Así mismo, en las provincias de Valdivia y Osorno se han detectado crecimientos similares. Algunos antecedentes obtenidos acerca de su crecimiento se presentan en la Tabla 26.

TABLA 26
CRECIMIENTO VOLUMÉTRICO DE *E. nitens*
A LOS 15 AÑOS DE EDAD.

Zona	Ensayo	Región	Crecimiento m ³ /ha/año
Costera	Antiquina	VIII	77
Costera	Leonera	VIII	58
Costera	San Antonio de Petrel	VI	41
Interior	Santa Ana	VIII	51

Fuente: Barros (1993)

En la X Región se han medido individuos de 40 centímetros de diámetro a los 11 años de edad, lo que es un indicador de su gran potencial de crecimiento, registrándose además, incrementos marginales (Incremento anual corriente) entre los 3 y 4 años de edad de 70 m³/ha/año.

En términos generales se puede señalar que presenta incrementos medios en volumen entre 30 y 45 m³/ha/año, en comparación a los 20 a 30 m³/ha/año presentados por *E. globulus*. En términos generales el crecimiento en volumen de *Eucalyptus nitens*, para las mismas situaciones de zona de crecimiento e índices de sitio, registra rendimientos un 30% superiores a los de *E. globulus*.

Algunos antecedentes de incremento volumétrico obtenidos en la zona de Valdivia, se presentan en la Tabla 27 y Figura 8.

TABLA 27
INCREMENTO VOLUMÉTRICO MEDIO SEGÚN PROCEDENCIAS Y AÑO
EVALUACIÓN. PREDIO LOS COPIHUES, PROVINCIA VALDIVIA (m³/ha/año).

Procedencia	6 años	10 años	12 años
Anembo	19,8	34,0	45,8
Alexandra	14,0	28,4	37,7
Toorongó	10,0	24,7	36,5
Big Badga	12,8	26,8	34,3

Fuente: Barros (1993)

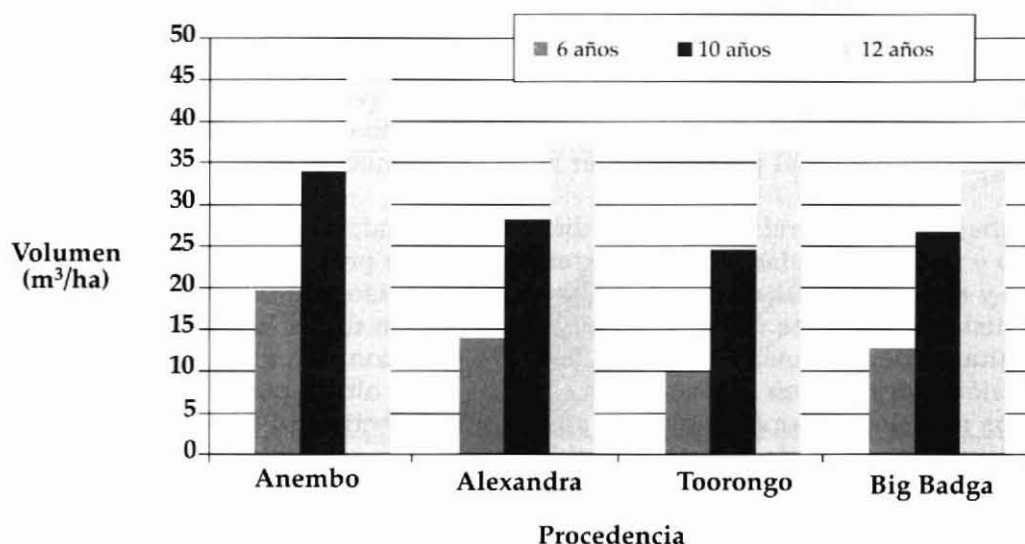


FIGURA 8
INCREMENTO VOLUMÉTRICO MEDIO SEGÚN PROCEDENCIAS Y AÑO
EVALUACIÓN. PREDIO LOS COPIHUES, PROVINCIA VALDIVIA (m³/ha)

4.3.2 Modelos de crecimiento y rendimiento

Considerando los antecedentes de crecimiento y rendimiento obtenidos desde los primeros ensayos establecidos por INFOR e información disponible a partir de rodales pertenecientes a empresas y propietarios particulares, se inició, a mediados de la década de los noventa una nueva línea de estudio orientada a obtener de las plantaciones de eucalipto su máximo retorno económico. Este estudio abarca el comportamiento, crecimiento y respuestas al manejo de las especies de eucalipto seleccionadas. Entre los temas abordados se incluyó la determinación de relaciones funcionales biométricas, funciones de rendimiento, modelos de conicidad y zonas de isocrecimiento. La obtención de información se ha realizado principalmente en rodales jóvenes, menores a 10 años. Esta situación se debe a que los rodales de eucalipto son cosechados a temprana edad para ser destinados a producción de pulpa.

Por otro lado, existen pocos rodales adultos que no han sido cosechados, que entregan antecedentes acerca de las asíntotas en crecimiento. Existe, por lo tanto, una escasez de datos entre los 10 y 25 años, la cual puede ser solucionada con la mantención y medición de parcelas permanentes por un período mayor que el de cosecha actual.

La experiencia en modelamiento en eucalipto se inicia en INFOR en 1994, en conjunto con empresas forestales y propietarios particulares, dando origen a un primer simulador de crecimiento para el género *Eucalyptus*, sin distinción de especie, llamado **X1** (Pinilla, Ferrando y Molina, 2001).

Este primer modelo se puede considerar solamente como experimental. La formulación se guió en gran parte por observaciones sobre el desarrollo de rodales de *Pinus radiata* en Nueva Zelanda. Trabaja con un sistema de ecuaciones diferenciales, con parámetros elegidos intentando representar las tendencias observadas en los datos. El modelo puede simular raleos, sin embargo, estas simulaciones deben considerarse sólo como indicativas, ya que los datos provienen exclusivamente de parcelas no raleadas (García, 1995).

Posteriormente INFOR desarrolló los modelos llamados **EUCA2.1; EUCA3.1 y EUCA3.2**, en base a experiencias nacionales e internacionales (Tomé et al., 1995), los cuales corresponden a versiones de un modelo de simulación de rendimiento y crecimiento sobre la base de información de parcelas permanentes de eucalipto, el cual tiene la capacidad de proyectar el crecimiento de varios rodales, cada uno de los cuales se representa por un conjunto de variables, hasta la edad de 15 años.

El objetivo de estos modelos fue cuantificar y proyectar el rendimiento de rodales de eucalipto dadas ciertas condiciones iniciales de densidad, área basal y sitio. Los crecimientos en volumen observados variaban entre los 10 a 40 m³/ha/año a los 10 años de edad (Pinilla et al., 2000).

De esta forma, se han desarrollado funciones de crecimiento y rendimiento para *E. globulus* y *E. nitens*. Se han obtenido funciones matemáticas para altura dominante, área basal, volumen, forma (ahusamiento) y densidad del rodal para cualquier edad de estimación.

También se ha trabajado en una relación altura-diámetro, la cual, en rodales coetáneos, varía con la calidad del sitio y con la densidad. Rodales extensos pueden presentar grandes variaciones en la calidad del sitio y en la densidad, aun cuando hayan constituido una unidad respecto al manejo durante toda su historia. En tales circunstancias, una relación única h/d ajustada para todo el rodal sería la resultante de muchas relaciones diferentes h/d , con una gran variabilidad en torno a la línea de regresión. Para reducir el error en la estimación de altura pueden emplearse, en tales casos, los llamados modelos parametrizados de altura, cuya efectividad depende de la dispersión de la muestra de altura, es decir, de la heterogeneidad del rodal.

Los modelos constituyentes del simulador corresponden a:

4.3.2.1 Modelo de altura (sitio): Modelo de Richard (1959):

$$S = a * \{ \{ 1 - [1 - (H/a)^b] \}^{tc/t} \}^{1/b} \quad (1)$$

$$H = a * \{ \{ 1 - [1 - (S/a)^b] \}^{t/tc} \}^{1/b} \quad (2)$$

Donde:

H = Altura dominante (m), de los 100 árboles mayores por hectárea.

S = Índice de Sitio. (edad clave de 10 años).

t = Edad en años.

tc = Edad índice o clave; 10 años.

a, b = Coeficientes

El sitio (S) está representado por la altura dominante del rodal a una edad clave determinada (Índice de sitio). Al usar la edad clave de 10 años, que está más cercana a las edades de rotación actuales, y calcular el valor de S en las parcelas permanentes, se obtuvo un rango de Índices de Sitios que abarca mayoritariamente los valores entre 13 a 36 m. En la Tabla 28 se aprecia la clasificación de sitio realizada:

TABLA 28
CLASES DE ÍNDICES DE SITIO PARA *E. nitens*.

Clase de Índice de Sitio (edad clave 10 años)	Rango de altura dominante (m)
I	>32
II	28 - 32
III	24 - 28
IV	20 - 24
V	16 - 20
VI	< 16

Las alturas dominantes obtenidas en rodales de *Eucalyptus nitens* creciendo en Chile se puede observar en el Figura 9.

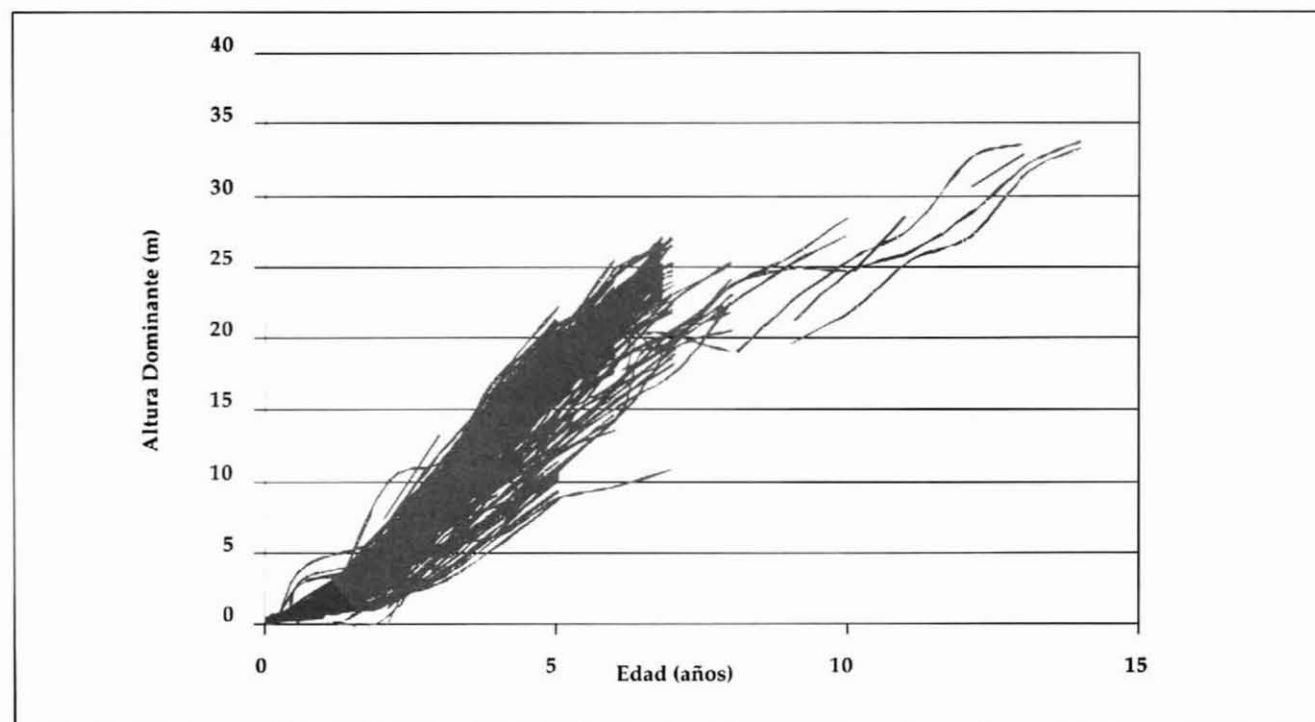


FIGURA 9
DATOS REALES DE ALTURA DOMINANTE DE *E. nitens*

Con esta información se han podido definir curvas de proyecciones de altura dominante para *E. nitens*, en diferentes sitios, las que se presentan en la Figura 10.

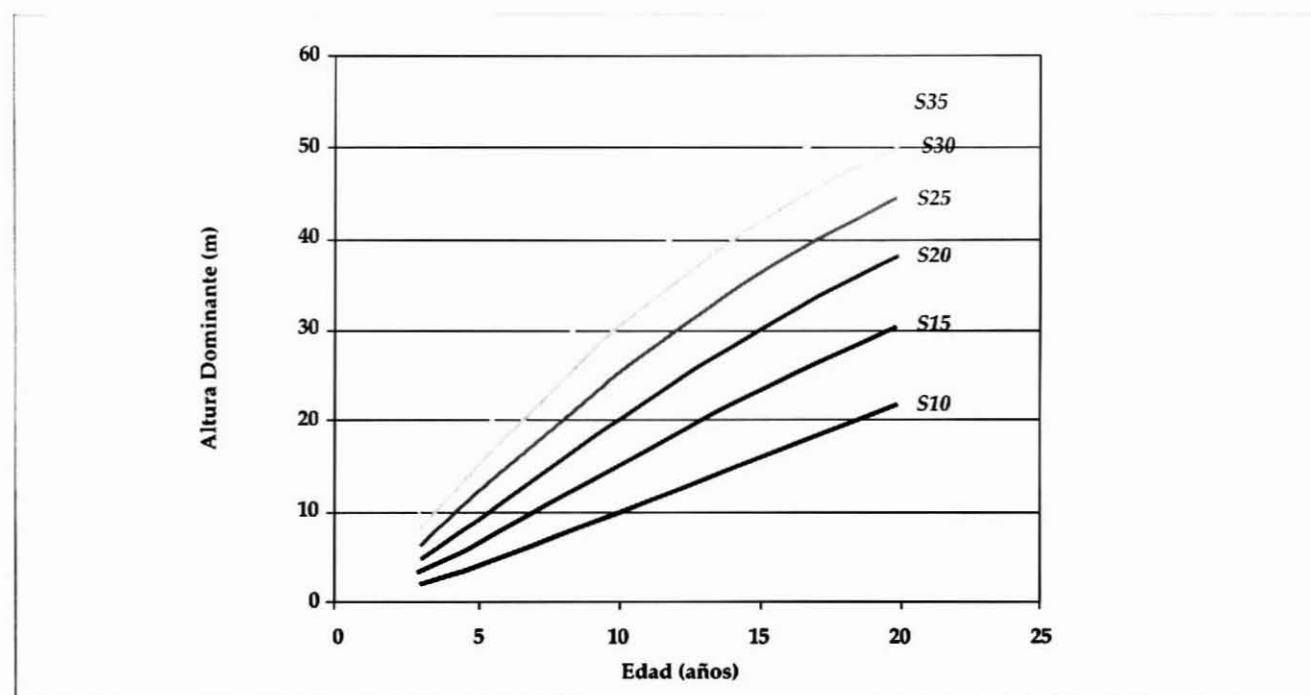


FIGURA 10
PROYECCIONES DE ALTURA DOMINANTE DE *E. nitens*
EN 6 SITIOS (EDAD CLAVE 10 AÑOS)

4.3.2.2 Modelo de área basal: Modelo de crecimiento de Cluter et al. (1983):

$$G2 = \text{EXP}((E1/E2)*\text{LOG}(G1)+a_0*(1-(E1/E2))+a_1*HD1*(1-(E1/E2)))$$

Donde,

- G2 = Área basal (m² /ha) en E2.
- G1 = Área basal (m² /ha) en E1.
- E2 = Edad 2 (años).
- E1 = Edad 1 (años).
- HD1 = Altura dominante a la edad E1.
- a₀, a₁ = coeficientes.

El área basal obtenida en rodales de *Eucalyptus nitens* creciendo en Chile se puede observar en la Figura 11.

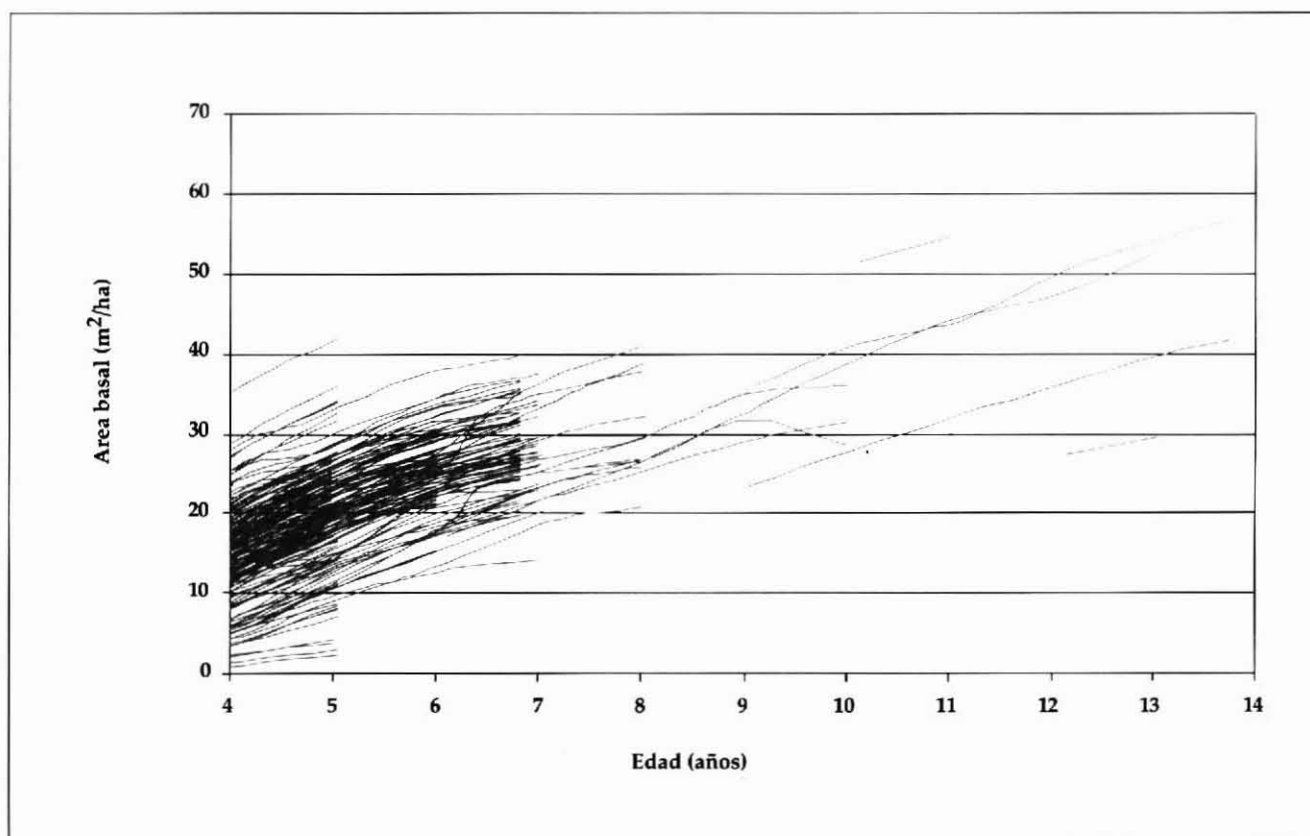


FIGURA 11
DATOS REALES DE ÁREA BASAL DE *E. nitens*

4.3.2.3 Modelo de rendimiento en área basal dependiente de la edad y densidad desarrollado por INFOR:

$$G_r = \text{EXP}(b_0+(b_1/E)) \ N^{(b_2+(b_3/E))} \ H^{(b_4+(b_5/E))} \quad (4)$$

Donde,

- G = Área basal (m² /ha).
- H = Altura dominante para los 100 árboles más gruesos (m).
- N = densidad (arb/ha).
- E = edad (años).
- b₀,..., b₅ = coeficientes.

4.3.2.4 Modelo de mortalidad natural:

Desarrollado por INFOR 2000, permite obtener una aproximación del comportamiento de la densidad del rodal en el tiempo empleando para este efecto el siguiente modelo de regresión no lineal:

$$N_2 = N_1 (t_2 / t_1)^{b_1} \text{EXP} [(b_0 \cdot (t_2 - t_1))]$$

Donde,

N_2 = Número de árboles por ha en t_2 .
 N_1 = Número de árboles por ha en t_1 .
 t_2 = Edad del rodal en periodo 2.
 t_1 = Edad del rodal en periodo 1.
 b_0, b_1 = coeficientes.

4.3.2.5 Modelo de Volumen total por hectárea: Modelo desarrollado por INFOR

$$V = G [b_0 + b_1 H + b_2 (NH)/G + b_3 (1/H) + b_4 (H/N)]$$

Donde:

V = Volumen para un índice de utilización de 5 cm (m^3 ssc/ha).
 G = área basal (m^2 /ha).
 H = Altura dominante para los 100 árboles más gruesos (m).
 N = densidad (arb/ha).
 b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 = coeficientes.

Producto de utilizar las funciones anteriores, es posible generar tablas de volumen total para rodales de *E. nitens*, para diferentes sitios y densidades (Tabla 29 y Figura 12).

TABLA 29
VOLUMEN TOTAL (m^3 /ha) PARA *E. nitens* Y DIFERENTES SITIOS

Edad (años)	SITIO 1					SITIO 2					SITIO 3					SITIO 4					SITIO 5				
	DENSIDAD (arb/ha)					DENSIDAD (arb/ha)					DENSIDAD (arb/ha)					DENSIDAD (arb/ha)					DENSIDAD (arb/ha)				
	2500	1666	1250	1000	600	2500	1666	1250	1000	600	2500	1666	1250	1000	600	2500	1666	1250	1000	600	2500	1666	1250	1000	
3	8,2	6,5	5,5	4,8	3,6	14,1	11,0	9,4	8,2	6,2	23,3	18,6	15,9	14,0	10,4	44,1	35,2	29,8	26,5	20,4	52,1	41,5	35,4	31,2	
4	17,9	15,2	13,3	12,2	9,8	31,0	25,7	22,8	20,7	16,9	50,1	42,3	37,7	34,4	27,7	89,8	75,8	67,1	61,5	50,8	104,2	87,9	78,2	71,2	
5	31,7	27,8	25,0	23,3	19,8	54,2	46,7	42,5	39,4	33,7	85,6	74,8	68,3	63,6	53,8	146,8	128,3	116,5	108,8	93,8	168,2	146,9	133,9	124,4	
6	49,0	44,0	40,4	38,1	33,3	82,7	73,1	67,7	63,7	56,1	127,8	114,4	106,1	100,1	87,4	211,5	189,2	174,7	165,3	146,7	239,8	214,4	198,7	187,1	
7	69,5	63,5	59,0	56,2	50,3	115,5	104,0	97,5	92,6	83,3	175,1	159,3	149,5	142,4	127,2	281,2	255,7	239,0	228,2	206,7	316,2	287,4	269,4	256,2	
8	92,7	85,7	80,5	77,2	70,3	151,7	138,5	130,9	125,3	114,6	226,0	208,2	197,1	189,0	171,8	353,8	325,8	307,4	295,4	271,7	395,0	363,6	343,9	329,3	
9	118,2	110,2	104,3	100,6	92,8	190,5	175,8	167,4	161,1	149,3	279,4	259,9	247,8	238,9	220,1	427,9	397,9	378,1	365,2	339,9	474,9	441,4	420,3	404,7	
10	145,5	136,7	130,2	126,1	117,6	231,4	215,4	206,2	199,3	186,6	334,6	313,6	300,6	291,1	271,0	502,4	470,8	449,9	436,4	410,1	554,4	519,4	497,3	481,0	
11	174,3	164,9	157,8	153,4	144,3	273,7	256,6	246,8	239,4	226,0	390,8	368,6	354,9	344,9	323,9	576,4	543,6	521,9	508,0	481,1	632,9	596,7	574,0	557,2	
12	204,4	194,3	186,8	182,1	172,5	317,2	299,1	288,7	281,0	267,1	447,4	424,3	410,0	399,7	378,1	649,2	615,5	593,3	579,1	552,2	709,7	672,7	649,6	632,5	
13	235,5	224,9	216,9	212,0	202,1	361,4	342,4	331,6	323,6	309,4	504,1	480,3	465,6	455,0	433,1	720,5	686,2	663,7	649,4	622,6	784,4	746,8	723,5	706,3	
14	267,5	256,3	248,0	242,9	232,8	406,0	386,4	375,2	367,0	352,6	560,5	536,1	521,1	510,3	488,4	789,9	755,3	732,6	718,3	692,0	856,6	818,8	795,4	778,2	
15	300,0	288,5	279,8	274,6	264,4	450,9	430,6	419,2	410,8	396,5	616,4	591,5	576,3	565,5	543,7	857,2	822,3	799,6	785,4	759,9	926,2	888,3	864,9	847,9	
16	333,1	321,1	312,2	306,9	296,7	495,7	475,0	463,4	454,9	440,7	671,5	646,2	630,9	620,1	598,6	922,1	887,3	864,6	850,6	826,0	992,9	955,1	932,0	915,2	
17	366,4	354,2	345,1	339,8	329,6	540,4	519,3	507,6	499,1	485,2	725,5	700,1	684,8	674,0	653,0	984,7	949,9	927,5	913,8	890,2	1056,8	1019,3	996,4	980,0	
18	400,0	387,5	378,3	372,9	362,9	584,8	563,4	551,6	543,1	529,6	778,5	753,0	737,7	727,0	706,7	1044,7	1010,2	988,1	974,6	952,3	1117,8	1080,6	1058,2	1042,1	
19	433,8	421,1	411,7	406,3	396,5	628,8	607,2	595,3	586,9	573,8	830,3	804,7	789,5	779,1	759,5	1102,3	1068,1	1046,3	1033,3	1012,2	1175,9	1139,2	1117,2	1107,6	
20	467,6	454,7	445,2	439,9	430,3	672,3	650,5	638,7	630,3	617,8	880,8	855,3	840,2	830,0	811,2	1157,3	1123,5	1102,2	1089,6	1069,9	1231,2	1195,1	1173,6	1158,5	

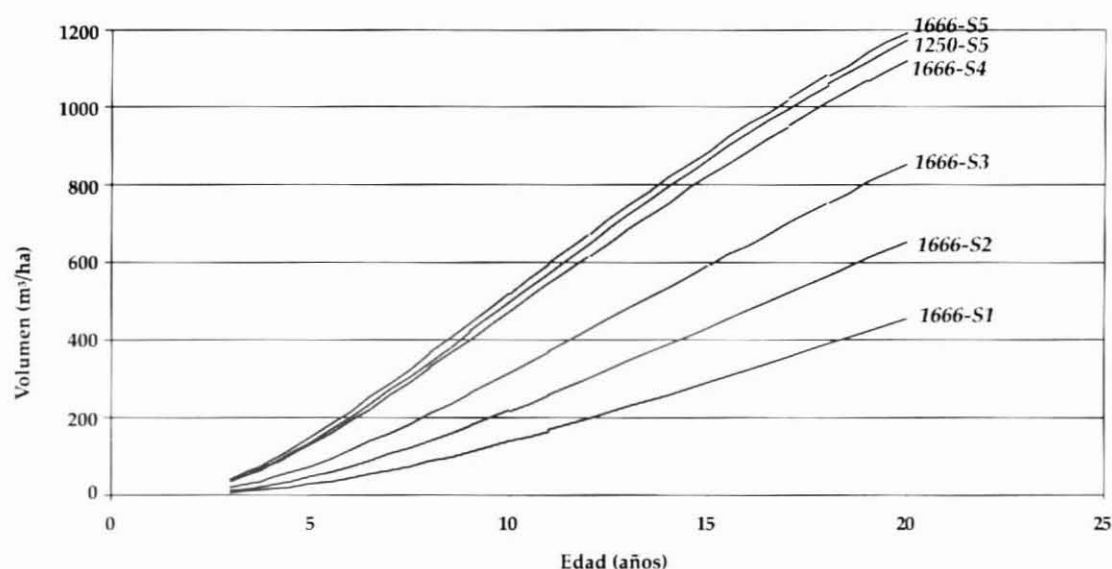


FIGURA 12
PROYECCIONES DE VOLUMEN TOTAL PARA *E. nitens*, PARA DOS DENSIDADES (1666 Y 1250 arb/ha) Y 5 SITIOS.

Las principales conclusiones a las que ha llegado INFOR en torno al trabajo de modelación del crecimiento y rendimiento con *E. nitens* se pueden resumir en:

- Los modelos obtenidos configuran elementos para un modelo de crecimiento y rendimiento para eucalipto, que se considera confiable para su uso, teniendo en cuenta las limitaciones de la información con que se trabajó y que constituye un buen aporte al manejo de plantaciones.

4.3.3 Herramientas de predicción

INFOR (Pinilla et al., 2001) ha generado una planilla llamada **EUCA3.2**, la cual permite simular el rendimiento y crecimiento de rodales de *E. nitens* entre la VIII y X Región. Cada rodal se representa por un conjunto de variables, las cuales corresponden a: Altura media dominante, Área basal (m^2/ha), Volumen (m^3/ha), Número de árboles por hectárea, Diámetro cuadrático medio (cm), Crecimiento marginal anual del área basal ($\text{m}^2/\text{ha}/\text{año}$) y Crecimiento medio anual del área basal ($\text{m}^2/\text{ha}/\text{año}$). El objetivo del modelo es cuantificar y proyectar el rendimiento de rodales de eucalipto dadas ciertas condiciones iniciales como densidad, área basal y sitio. Los rendimientos volumétricos observados varían entre los 10 a 40 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ a los 10 años de edad. Esta planilla permite realizar proyecciones y ver los rendimientos estimados a cualquier edad, en forma numérica y gráfica.

Ejemplos de las salidas de esta planilla se presentan en el Anexo 3. Esta planilla utiliza variables de densidad, área basal y altura dominante, con un volumen por hectárea total para rodales con establecimiento inicial estándar (fertilización, control de malezas y preparación de suelo) y sin manejo.

Fundación Chile ha desarrollado, en conjunto con INFOR y un grupo de empresas forestales, un software llamado **EUCASIM**, el cual corresponde a un simulador de crecimiento para *E. globulus* y *E. nitens* y a un modelo de rodal que incorpora la desagregación de sus estimaciones en una tabla de rodal. Está implementado con relaciones funcionales obtenidas del ajuste de datos provenientes de las distintas zonas de crecimiento entre las Regiones VIII y X. Incorpora además, un módulo de evaluación económica y un trozador.

4.3.4 Funciones de volumen y ahusamiento para *E. nitens*

Se han desarrollado funciones estáticas de apoyo a la obtención de las variables agregadas a nivel de rodal, obteniendo un modelo de volumen de árbol individual, modelo de ahusamiento y modelo de altura.

4.3.4.1 Modelo de volumen

A continuación, se entrega la ecuación de volumen para árboles individuales (Bahamondes et al., 1995):

$$\text{Vol} = -0,00198 + 0,000026756 \cdot D^2 \cdot H$$

Donde:

Vol = Volumen individual en m³ssc para un IU=5 cm

D = DAP (cm)

H = Altura Total (m)

El modelo de volumen fue utilizado para generar tablas de volumen aplicables a *E. nitens* en Chile. Estas tablas, de doble entrada, tienen por finalidad entregar el volumen de un árbol en base a parámetros de fácil medición (diámetro y altura) y poder así realizar proyecciones de rendimiento (Tabla 30).

TABLA 30
TABLA DE VOLUMEN DE ÁRBOL INDIVIDUAL PARA *E. nitens*
(m³ssc HASTA UN DIÁMETRO LÍMITE DE 5 cm). LOCALIDAD: VIII A X REGIÓN

DAP (cm)	Clase de altura en metros																																	
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35						
8	0.0117	0.0134	0.0151	0.0169	0.0186	0.0203	0.0220	0.0237	0.0254	0.0271	0.0288	0.0306	0.0323	0.0340	0.0357	0.0374	0.0391	0.0408	0.0425	0.0443	0.0460	0.0477	0.0494	0.0511	0.0528	0.0545	0.0562	0.0580						
9	0.0154	0.0175	0.0197	0.0219	0.0240	0.0262	0.0284	0.0305	0.0327	0.0349	0.0370	0.0392	0.0414	0.0435	0.0457	0.0479	0.0500	0.0522	0.0544	0.0565	0.0587	0.0609	0.0630	0.0652	0.0674	0.0695	0.0717	0.0739						
10	0.0194	0.0221	0.0248	0.0275	0.0301	0.0328	0.0355	0.0382	0.0408	0.0435	0.0462	0.0489	0.0515	0.0542	0.0569	0.0596	0.0622	0.0649	0.0676	0.0703	0.0729	0.0756	0.0783	0.0810	0.0836	0.0863	0.0890	0.0917						
11	0.0239	0.0272	0.0304	0.0336	0.0369	0.0401	0.0433	0.0466	0.0498	0.0531	0.0563	0.0595	0.0628	0.0660	0.0692	0.0725	0.0757	0.0790	0.0822	0.0854	0.0887	0.0919	0.0951	0.0984	0.1016	0.1049	0.1081	0.1113						
12	0.0288	0.0327	0.0365	0.0404	0.0443	0.0481	0.0520	0.0558	0.0597	0.0635	0.0674	0.0712	0.0751	0.0789	0.0828	0.0866	0.0905	0.0943	0.0982	0.1020	0.1059	0.1098	0.1136	0.1175	0.1213	0.1252	0.1290	0.1329						
13	0.0342	0.0387	0.0432	0.0478	0.0523	0.0568	0.0613	0.0658	0.0704	0.0749	0.0794	0.0839	0.0885	0.0930	0.0975	0.1020	0.1065	0.1111	0.1156	0.1201	0.1246	0.1292	0.1337	0.1382	0.1427	0.1472	0.1518	0.1563						
14	0.0400	0.0452	0.0505	0.0557	0.0610	0.0662	0.0714	0.0767	0.0819	0.0872	0.0924	0.0977	0.1029	0.1081	0.1134	0.1186	0.1239	0.1291	0.1344	0.1396	0.1449	0.1501	0.1553	0.1606	0.1658	0.1711	0.1763	0.1816						
15	0.0462	0.0522	0.0582	0.0642	0.0703	0.0763	0.0823	0.0883	0.0943	0.1004	0.1064	0.1124	0.1184	0.1244	0.1305	0.1365	0.1425	0.1485	0.1545	0.1606	0.1666	0.1726	0.1786	0.1846	0.1907	0.1967	0.2027	0.2087						
16	0.0528	0.0597	0.0665	0.0734	0.0802	0.0871	0.0939	0.1008	0.1076	0.1145	0.1213	0.1282	0.1350	0.1419	0.1487	0.1556	0.1624	0.1693	0.1761	0.1830	0.1898	0.1967	0.2035	0.2104	0.2172	0.2241	0.2309	0.2378						
17	0.0599	0.0676	0.0753	0.0831	0.0908	0.0985	0.1063	0.1140	0.1217	0.1295	0.1372	0.1449	0.1527	0.1604	0.1681	0.1759	0.1836	0.1913	0.1991	0.2068	0.2145	0.2223	0.2300	0.2377	0.2455	0.2532	0.2609	0.2687						
18	0.0674	0.0760	0.0847	0.0934	0.1020	0.1107	0.1194	0.1281	0.1367	0.1454	0.1541	0.1627	0.1714	0.1801	0.1887	0.1974	0.2061	0.2147	0.2234	0.2321	0.2408	0.2494	0.2581	0.2668	0.2754	0.2841	0.2928	0.3014						
19	0.0753	0.0850	0.0946	0.1043	0.1139	0.1236	0.1332	0.1429	0.1526	0.1622	0.1719	0.1815	0.1912	0.2009	0.2105	0.2202	0.2298	0.2395	0.2492	0.2588	0.2685	0.2781	0.2878	0.2974	0.3071	0.3168	0.3264	0.3361						
20	0.0836	0.0943	0.1050	0.1157	0.1264	0.1372	0.1479	0.1586	0.1693	0.1800	0.1907	0.2014	0.2121	0.2228	0.2335	0.2442	0.2549	0.2656	0.2763	0.2870	0.2977	0.3084	0.3191	0.3298	0.3405	0.3512	0.3619	0.3726						
21	0.0924	0.1042	0.1160	0.1278	0.1396	0.1514	0.1632	0.1750	0.1868	0.1986	0.2104	0.2222	0.2340	0.2458	0.2576	0.2694	0.2812	0.2930	0.3048	0.3166	0.3284	0.3402	0.3520	0.3638	0.3756	0.3874	0.3992	0.4110						
22	0.1016	0.1146	0.1275	0.1405	0.1534	0.1664	0.1793	0.1923	0.2052	0.2182	0.2311	0.2441	0.2570	0.2700	0.2829	0.2959	0.3088	0.3218	0.3347	0.3477	0.3606	0.3736	0.3865	0.3995	0.4124	0.4254	0.4383	0.4513						
23	0.1113	0.1254	0.1396	0.1537	0.1679	0.1820	0.1962	0.2103	0.2245	0.2386	0.2528	0.2669	0.2811	0.2953	0.3094	0.3236	0.3377	0.3518	0.3660	0.3802	0.3943	0.4085	0.4226	0.4368	0.4509	0.4651	0.4793	0.4934						
24	0.1213	0.1367	0.1521	0.1675	0.1830	0.1984	0.2138	0.2292	0.2446	0.2600	0.2754	0.2908	0.3062	0.3217	0.3371	0.3525	0.3679	0.3833	0.3987	0.4141	0.4295	0.4450	0.4604	0.4758	0.4912	0.5066	0.5220	0.5374						
25	0.1318	0.1485	0.1652	0.1820	0.1987	0.2154	0.2321	0.2489	0.2656	0.2823	0.2990	0.3157	0.3325	0.3492	0.3659	0.3826	0.3994	0.4161	0.4328	0.4495	0.4663	0.4830	0.4997	0.5164	0.5331	0.5499	0.5666	0.5833						
26	0.1427	0.1608	0.1789	0.1970	0.2151	0.2332	0.2512	0.2693	0.2874	0.3055	0.3236	0.3417	0.3598	0.3778	0.3959	0.4140	0.4321	0.4502	0.4683	0.4864	0.5045	0.5225	0.5406	0.5587	0.5768	0.5949	0.6130	0.6311						
27	0.1541	0.1736	0.1931	0.2126	0.2321	0.2516	0.2711	0.2906	0.3101	0.3296	0.3491	0.3686	0.3881	0.4076	0.4271	0.4466	0.4661	0.4856	0.5052	0.5247	0.5442	0.5637	0.5832	0.6027	0.6222	0.6417	0.6612	0.6807						
28	0.1658	0.1868	0.2078	0.2288	0.2497	0.2707	0.2917	0.3127	0.3336	0.3546	0.3756	0.3966	0.4176	0.4385	0.4595	0.4805	0.5015	0.5224	0.5434	0.5644	0.5854	0.6063	0.6273	0.6483	0.6693	0.6903	0.7112	0.7322						
29	0.1780	0.2005	0.2230	0.2455	0.2680	0.2905	0.3130	0.3355	0.3580	0.3806	0.4031	0.4256	0.4481	0.4706	0.4931	0.5156	0.5381	0.5606	0.5831	0.6056	0.6281	0.6506	0.6731	0.6956	0.7181	0.7406	0.7631	0.7856						
30	0.1907	0.2147	0.2388	0.2629	0.2870	0.3111	0.3352	0.3593	0.3833	0.4074	0.4315	0.4555	0.4796	0.5037	0.5278	0.5519	0.5759	0.6000	0.6241	0.6482	0.6723	0.6964	0.7204	0.7445	0.7686	0.7927	0.8168	0.8408						
31	0.2037	0.2294	0.2551	0.2809	0.3066	0.3323	0.3580	0.3837	0.4094	0.4351	0.4608	0.4866	0.5123	0.5380	0.5637	0.5894	0.6151	0.6408	0.6665	0.6923	0.7180	0.7437	0.7694	0.7951	0.8208	0.8465	0.8722	0.8980						
32	0.2172	0.2446	0.2720	0.2994	0.3268	0.3542	0.3816	0.4090	0.4364	0.4638	0.4912	0.5186	0.5460	0.5734	0.6008	0.6282	0.6556	0.6830	0.7104	0.7378	0.7652	0.7926	0.8200	0.8474	0.8748	0.9022	0.9296	0.9570						
33	0.2311	0.2603	0.2894	0.3185	0.3477	0.3768	0.4059	0.4351	0.4642	0.4934	0.5225	0.5516	0.5808	0.6099	0.6390	0.6682	0.6973	0.7265	0.7556	0.7847	0.8139	0.8430	0.8721	0.9013	0.9304	0.9596	0.9887	1.0178						
34	0.2455	0.2764	0.3073	0.3382	0.3692	0.4001	0.4310	0.4620	0.4929	0.5238	0.5548	0.5857	0.6166	0.6475	0.6785	0.7094	0.7403	0.7713	0.8022	0.8331	0.8641	0.8950	0.9259	0.9568	0.9878	1.0187	1.0496	1.0806						
35	0.2602	0.2930	0.3258	0.3586	0.3913	0.4241	0.4569	0.4897	0.5224	0.5552	0.5880	0.6208	0.6535	0.6863	0.7191	0.7519	0.7846	0.8174	0.8502	0.8830	0.9158	0.9485	0.9813	1.0141	1.0469	1.0796	1.1124	1.1452						
36	0.2754	0.3101	0.3448	0.3795	0.4141	0.4488	0.4835	0.5182	0.5528	0.5875	0.6222	0.6569	0.6915	0.7262	0.7609	0.7956	0.8302	0.8649	0.8996	0.9343	0.9689	1.0036	1.0383	1.0730	1.1076	1.1423	1.1770	1.2117						
37	0.2911	0.3277	0.3643	0.4009	0.4376	0.4742	0.5108	0.5475	0.5841	0.6207	0.6573	0.6940	0.7306	0.7672	0.8038	0.8405	0.8771	0.9137	0.9504	0.9870	1.0236	1.0603	1.0969	1.1335	1.1701	1.2068	1.2434	1.2800						
38	0.3071	0.3457	0.3844	0.4230	0.4616	0.5003	0.5389	0.5776	0.6162	0.6548	0.6935	0.7321	0.7707	0.8094	0.8480	0.8866	0.9253	0.9639	1.0025	1.0412	1.0798	1.1185	1.1571	1.1957	1.2344	1.2730	1.3116	1.3503						
39	0.3236	0.3643	0.4050	0.4457	0.4864	0.5271	0.5678	0.6085	0.6492	0.6898	0.7305	0.7712	0.8119	0.8526	0.8933	0.9340	0.9747	1.0154	1.0561	1.0968	1.1375	1.1782	1.2189	1.2596	1.3003	1.3410	1.3817	1.4224						
40	0.3405	0.3833	0.4261	0.4689	0.5117	0.5545	0.5974	0.6402	0.6830	0.7258	0.7686	0.8114	0.8542	0.8970	0.9398	0.9826	1.0255	1.0683	1.1111	1.1539	1.1967	1.2395	1.2823	1.3251	1.3679	1.4107	1.4535	1.4964						

4.3.4.2 Modelo de ahusamiento

En relación al modelo de ahusamiento, la función desarrollada corresponde a una del tipo polinomial, cuya estructura es (Pinilla et al., 2001):

$$Y = 1,15564 * X - 0,28025 * X^2 + 0,09700 * X^7 - 0,00002 * X^{30}$$

Donde:

- Y = d/DAP
d = diámetro sin corteza (cm) medido a la altura l
DAP = diámetro a la altura del pecho, en cm
X = (H - l)/(H - 1,3)
H = altura total en metros
l = altura de medición (metros) del diámetro d

4.3.4.3 Modelo parametrizado de altura

El trabajo con eucalipto demandó la necesidad de contar con un modelo parametrizado de altura que permita generar alturas según clases de diámetro, aspecto fundamental al momento de realizar la cubicación de futuras tablas de rodal generadas por una simulación de crecimiento. La construcción de este modelo parametrizado requirió de información de distintos rangos de edades, densidades y calidades de sitio.

Las ventajas de los modelos parametrizados no residen sólo en su mayor eficacia, al generar estimaciones más precisas o menos sesgadas, sino que además en su mayor eficiencia al permitir la construcción de funciones comunes para varios rodales de diferentes edades y estructuras, en base a muestras más pequeñas.

El trabajo desarrollado por INFOR permitió la generación y validación de una base de datos de trabajo para modelos parametrizados de altura. El modelo parametrizado seleccionado correspondió a:

$$\ln(H) = b_0 + b_1 * H100^{0,36} + b_2 * DCM^{0,36} + b_3 * DAP^{0,7} + b_4 * H100^2 * DAP^{0,7} + b_5 * DCM * DAP^{0,7}$$

Donde:

- H = altura total (m)
DAP = diámetro a la altura del pecho (cm)
H100 = altura dominante (m) de los 100 árboles mayores
DCM = diámetro cuadrático medio (cm)
b₀ a b₅ = coeficientes de la función

4.4 REFERENCIAS

- Alarcón A., C. 1994.** Retoñación en cuatro especies del género *Eucalyptus* en Chile. EN: Barros A., S., ed.; Prado D., J. A., ed.; Alvear S., C., ed. Actas. Simposio Los eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile. Pucón, Chile. 24-26 Noviembre. pp: 227-240.
- Alvarez J. y Sandoval E. 1999.** Silvicultura Integrada en *Eucalyptus nitens* Maiden. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecnica XII. Concepción, Chile.
- Bahamóndez, C.; Ferrando, M.; Martín, M.; Pinilla, J.C. 1995.** Determinación de Funciones de Volumen para Eucalipto. Antecedentes Biométricos y Modelos de Apoyo a la Gestión y Manejo Racional del Eucalipto. FONDEF-INFOR, Chile.
- Barros, S. 1993.** Crecimiento juvenil de especies y procedencias de *Eucalyptus* – los Copihues – provincia de Valdivia, X Región. En: Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile. pp: 207-226.
- Butler, S. 1971.** Eucalypt Ash resource of West Gippsland. Proceedings-of-the-Royal-Society-of-Victoria. 84: 1, 53-59; ORS; 10 ref.
- Candy, S. G. 1989.** Growth and Yield Models for *Pinus radiata* in Tasmania. New Zealand Journal of Forestry Science, 19. 112-133.
- Celhay, J. A.; Bonnefoy, P. y Riquelme, F. 1999.** Efecto de la intensidad de poda sobre el crecimiento de *E. nitens*. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecnica XII. Concepción, Chile.
- Clutter, J. L.; Fortson, J. C.; Pienaar, L. V.; Brister, G. H. y Bailey, R. L. 1983.** Timber Management: A Quantitative Approach. Wiley, London.
- FAO. 1993.** Forest resource assessment 1990- tropical countries. Forestry Paper N° 112. Fao, Rome, Italy.
- García, O. 1995.** Índices de Sitio Preliminares para Eucalipto. Antecedentes Biométricos y Modelos de Apoyo a la Gestión y Manejo Racional del Eucalipto. FONDEF-INFOR, Chile.
- Gerrand, A. M.; Nielsen, W. A. y Medhurst, J. L. 1997.** Thinning and pruning eucalypt plantation for sawlog production in Tasmania. Forestry Commission Tasmania. Tasforests vol. 09, pp: 15-34.
- Haslett, N.; Kininmonth, A.; Revell, D. 1984.** Utilisation of New Zealand-grown Eucalypts. What's-New-in-Forest-Research. 1984, No. 122, 4p.
- Haslett, T.; Young, G. 1992.** Nitens for sawn timber. New-Zealand-Tree-Grower. 1992, 13: 2, 8-9; 3 ref.
- Hay, E.; Franklin, A.; Revell, D. 1984.** Eucalypts: species choice and site requirements. What's-New-in-Forest-Research. No. 124, 4p.
- Infante L., P.; Ipinza C., R. y Prado D., J. A. 1991.** Bases para la mejora genética de las especies del género *Eucalyptus* en Chile. Revista Ciencia e Investigación Forestal 05 (1): 071-095. Santiago, Chile.
- INFOR. 1986.** Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile. Gerencia de Desarrollo, CORFO AF 86/32. 167p.
- INFOR. 1990.** Localización y Diseño de Parcelas de Introducción de Especies Forestales 1962-1974. Documento técnico de circulación interna. 145p.

INFOR. 2000. Proyecto Desarrollo de un Estándar Nacional de Certificación de manejo Forestal Sustentable para Plantaciones de *P. radiata*, Eucalipto, Bosques naturales de Lengua y Renovales, Convalidado Internacionalmente. Documento formulación de proyecto. INFOR. Concepción, Chile.

INFOR. 2001. Modelo de Crecimiento para Eucalipto en Chile. 29p.

Jobet, J. 1996. Efecto del espaciamiento y arreglo de plantación sobre el crecimiento inicial (tres años) de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) en suelos de trumao. Memoria de título presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción para optar al título de Ingeniero Forestal. 61p.

Jobet, J. 1999. Efecto del espaciamiento inicial sobre el crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus nitens* plantado en suelos de trumao. 24p. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecnica XII.

Lyon, R. 1999. Establecimiento de *Eucalyptus nitens* Maiden, comparando distintos tipos de fertilizantes y métodos de aplicación. Trabajo presentado como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Austral de Chile. 67p.

Mcconchie, M.; Ridoutt, G. 1997. Impacts of effluent irrigation on wood properties. Managing variability in resource quality. Proceedings, 2nd New Zealand wood quality workshop, September 12. FRI-Bulletin. No. 202, 21-22.

Medhurst, J. L. y Beadle, C. L. 2001. Growth in response to early-age and later-thinning in *Eucalyptus nitens* plantations. Canadian Journal of Forest Research 31, 187-197.

Medhurst, J. L.; Beadle, C. L. y Neilsen, W. A. 2001. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance and intra-specific competition in *Eucalyptus nitens* plantations. Canadian Journal of Forest Research 31, 187-197.

Muñoz, F. y Espinoza, M. 1999. Efecto de poda y raleo en el crecimiento de un rodal de *Eucalyptus nitens*. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecnica XII.

Muñoz, F. y Espinoza, M. 2001. Evaluación de la capacidad de retoñación de *Eucalyptus nitens* a campo abierto y bajo dosel. En Actas Simposium Internacional IUFRO Desarrollando el Eucalipto del Futuro. 10-15 Septiembre, Valdivia, Chile.

Nielsen, B. 1999. Developing silvicultural regimes for sawlog and veneer production for temperate eucalypt plantations in tasmania. In: XII Silvotecnica "Realidad y Potencial del Eucalipto en Chile". pp: 139-167.

Peters, R. y Paredes, G. 1999. Modelos de crecimiento y simulación en eucalipto. In: XII Silvotecnica "Realidad y Potencial del Eucalipto en Chile". pp: 251-270.

Pinilla, J. C. 1995. Primeros resultados en un ensayo de Espaciamiento, Poda y Raleo con *Eucalyptus globulus* en Constitución (VII Región). Revista Ciencia e Investigación Forestal Vol. 9(2): 191-212. CORFO-INFOR.1995.

Pinilla, J. C. y Ferrando, M. 1997. Identificación de zonas de isocrecimiento potencial para *Eucalyptus globulus* y *E. nitens* entre la V y X regiones. Antecedentes Biométricos y Modelos de Apoyo a la Gestión y Manejo Racional del Eucalipto. INFOR-FONDEF. 70p. Documento de trabajo.

Pinilla, J. C. 1998. Investigación Modelo de Crecimiento Para Eucalipto en Chile. Resumen Ejecutivo. Subgerencia de Tecnologías Silvícolas. INFOR-CORFO. Instituto Forestal. Documento Interno. Concepción. 11p.

Pinilla, J. C.; Molina, M. P. y Ferrando, M. 1999. La Investigación de INFOR: Hacia el Conocimiento del Eucalipto en Chile. Documento presentado al Symposium IUFRO Long-Term Observations and Research in Forestry. Turrialba, Costa Rica. 20p.

- Pinilla, J. C.; Ferrando, M. Bahamóndez, C. y Martín, M. 2000.** Modelo de crecimiento para eucalipto en Chile (Avances de Investigación). Informe Técnico N°148. INFOR-CORFO, Concepción, Chile, 29p.
- Pinilla, J. C.; Ferrando, M. y Molina, M. P. 2001.** Investigación Modelo de Crecimiento para Eucalipto en Chile. Avances a la Fecha. En Actas Simposium "Los eucaliptos en el desarrollo forestal chileno". Valdivia, Septiembre.
- Pinilla, J. C.; Molina, M. P. y Gutiérrez, J. 2001.** Opciones de uso y aplicación de *Eucalyptus nitens* en procesos alternativos al de la celulosa y el papel. Recopilación Bibliográfica 1971-2000. Instituto Forestal. Informe técnico. Concepción, Chile. 45p. En prensa.
- Prado D., J. A. 1988.** Selección de procedencias de varias especies del género *Eucalyptus* para la zona centro-sur de Chile. En Actas Simposio manejo silvícola del género *Eucalyptus*. Viña del Mar, Chile. 9-10 Jun.: pp: 004-039.
- Prado D., J. A. y Barros A., S. 1989.** *Eucalyptus*. Principios de silvicultura y manejo. Santiago, Chile, INFOR. División Silvicultura; CORFO. 199p.
- Prado D., J. A.; Bañados M., J. C. y Bello D., A. 1990.** Antecedentes sobre la capacidad de retoñación de algunas especies del género *Eucalyptus* en Chile. Revista Ciencia e Investigación Forestal. Vol 4(2): pp. 183-190.
- Infante L., P.; Ipinza C., R. y Prado D., J. A. 1991.** Bases para la mejora genética de las especies del género *Eucalyptus* en Chile. Revista Ciencia e Investigación Forestal. Vol 5(1): pp: 071-095.
- Richards, F. J. 1959.** A flexible growth function for empirical use. J. Exp. Bot. 10: 290-300.
- Sierra, V. 1990.** Técnicas de Establecimiento en *Eucalyptus* (Suelo Sedimentario). 42p.f.
- Tomé, M.; Falçao, A.; Carvalho, A. y Amaro, A. 1995.** A Global Growth Model for Eucalypt Plantations in Portugal. Lensnietví-Forestry, 41, (4): 197-205.

ENFERMEDADES Y PLAGAS

Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden

Patricio Parra S.¹

5.1 INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales han contribuido al dinamismo exportador y al accionar económico y productivo del país, si embargo, estos ambientes podrían mostrar una fragilidad y ser especialmente susceptibles al daño causado por plagas y/o enfermedades, lo que podría comprometer la inversión.

Esto queda de manifiesto al comprender que ellas están generalmente compuestas por especies introducidas, y que involucran áreas extensas bajo una composición monoespecífica, factores que, combinados con la ausencia de manejo, predisponen al daño, que se acentúa cuando el recurso forestal exhibe una base genética restringida (ej. plantaciones clonales). Además, la utilización de sitios marginales de crecimiento las tornan más susceptibles de contraer plagas y enfermedades, transformándolas en sustratos ideales para la colonización, establecimiento y dispersión de pestes.

La asociación plaga-recurso forestal adquiere cada vez mayor relevancia internacional y local, ya que la intensificación del comercio y del turismo mundial multiplica el riesgo de introducción de nuevos agentes de daño biótico, vulnerando las tradicionales barreras naturales con que cuentan determinados países, siendo también el caso de Chile.

Eucalyptus nitens, puede ser afectado por determinadas condiciones ambientales extremas o de competencia, que provocan un debilitamiento de los árboles y por consiguiente se tornan más susceptible al ataque de pestes. En un árbol enfermo se alteran las funciones fisiológicas en forma prolongada, provocando características morfológicas anormales. Varias especies de hongos pueden provocar enfermedades en el follaje, tallo o raíces; pero no existen evidencias de ataque de otros agentes patógenos, como las bacterias, virus o micoplasmas. Además, las enfermedades en *E. nitens* pueden ser causadas por agentes de tipo no infeccioso, entre ellas, condiciones ambientales extremas, la temperatura, la humedad, el viento, la competencia y las limitaciones de suelo.

5.2 PRINCIPALES ENFERMEDADES EN *Eucalyptus nitens*

5.2.1 Enfermedades causadas por hongos

5.2.1.1 Hongos asociados a semillas

Varios hongos son capaces de destruir la semilla durante su desarrollo en el árbol, en el almacenamiento, después de la siembra o durante la germinación: *Alternaria alternata* (Fr) Keissl. se detectó en *Eucalyptus nitens*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. spp* incluyendo algunos híbridos; *Epicoccum nigrum* Link se registró en *Eucalyptus nitens*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. spp* y *Stachybotrys atra* Corda hospedado en *Eucalyptus nitens*, *E. tereticornis*, *E. spp*. (Keane et al., 2000).

¹ Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, pparra@infor.cl

5.2.1.2 Enfermedades del follaje

Los hongos están entre los principales responsables en causar enfermedades al follaje en *Eucalyptus nitens*. La severidad de la enfermedad dependerá del comportamiento del patógeno, que en términos de agresividad estará influenciado por su interacción con el ambiente y el vigor de los árboles atacados.

Las enfermedades foliares se pueden evidenciar por una gran variedad de síntomas, manchas foliares o lesiones necróticas de distintas formas y zonas coloreadas sobre el follaje, brotes y tallos. Otras veces se manifiestan por un tipo de antracnosis con lesiones en los márgenes de la hoja, a lo ancho y largo de las venas y frecuentemente sobre toda la hoja. En el caso de los hongos, estos se dispersan sobre la superficie de la hoja y producen micelio y esporas con aspecto blanquecino y pulverulento. Otras expresiones más severas se caracterizan por una muerte rápida y generalizada de la hoja.

Por lo general, defoliaciones leves tienen un bajo efecto sobre el árbol, en cambio, una pérdida severa y crónica de follaje, reduce el crecimiento de la copa, tallos y raíces, seguida por una muerte apical irreversible y finalmente puede provocar la muerte del árbol (Collett, 2001).

- ***Oidium* spp.** *Eucalyptus nitens* es una especie susceptible a *Oidium* spp, (Wardlaw y Phillips, 1990). Sus síntomas corresponden a placas pulverulentas blanquecinas sobre las hojas que se extienden provocando una deformación foliar, necrosis, y defoliación. Afecta a plantas en viveros, invernaderos y en plantaciones jóvenes (Gibson, 1975; FAO, 1981).
- ***Botryotinia fuckeliana*** (de Bary) Whetzel (= *Botrytis cinerea*) el moho gris es otra enfermedad muy común en viveros, ataca las hojas y brotes de *E. nitens* (Wardlaw y Phillips 1990). Este hongo invade los tejidos más suculentos provocando un marchitamiento de las ramillas y follaje, seguido de un rápido colapso y muerte de la parte afectada.
- ***Hainesia lythri*** es un hongo de mancha foliar a nivel de viveros. Ha sido registrado en *Eucalyptus nitens* y *E. camaldulensis* entre otras (Keane et al., 2000).
- ***Aulographina eucalypti* (= *Thyrynula eucalypti*)** es también de gran importancia sobre las plantaciones. Este hongo se muestra en forma de manchas foliares café, aproximadamente circulares, causando la defoliación de los árboles, pudiendo tener importancia económica (Crous et al., 1989c). Ataca hojas de todas las edades, pero es más frecuente encontrar su daño en las más viejas (Brits y Grey, 1992). Fue relacionado con la defoliación de *E. nitens* en Gippsland del este, Australia, y fue el patógeno más común encontrado en las hojas de árboles enfermos. También ha causado grandes daños en Brasil, Nueva Zelanda, Reino Unido, Sudáfrica y en Chile (Wingfield et al., 1995). Las manchas foliares son circulares de 2 a 15 mm de diámetro, con el centro sobresaliente y áspero. Se desarrollan en ambas caras de la hoja, y rara vez atraviesan la lámina foliar. Además, a menudo aparecen en peciolo, ramas pequeñas, frutos y corteza (Brits y Grey, 1992; Wall y Keane, 1984). Los síntomas son más frecuentes en las hojas adultas que en las nuevas (Crous y Wingfield, 1991). Habitualmente no se aplican medidas de control. Wall y Keane (1984), señalan que este hongo decae naturalmente como consecuencia de los metabolitos producidos en la fotosíntesis de las partes sanas de las hojas infectadas.
- ***Harknessia* spp.** Manchas foliares de forma geométrica irregular, de preferencia internervales. Son marrón-rojizo oscuro y luego se tornan canela claro. Los cuerpos fructíferos son de color negro (Rúperes y Muñoz, 1980). *H. eucalypti* Cke. provoca necrosis en hojas y tallos de *E. nitens*, *E. globulus* y *E. maidenii* en Sudáfrica afectando tanto a hojas maduras como jóvenes (Crous et al., 1989a). También se ha observado *H. globosa* en hojas de *Eucalyptus* en Chile (González y Parra, 1994), Nueva Zelanda, Brasil, Estados Unidos y Sudáfrica (Wingfield et al., 1995). En este último país se ha observado sólo en vivero no siendo de gran importancia (Crous et al., 1989b). También *Harknessia hawaiiensis* F. Steven & E. Young fue registrado de manchas foliares de *E. nitens* y *E. grandis* (Keane et al., 2000).
- ***Mycosphaerella* spp.** La incidencia de *Mycosphaerella* sobre las plantaciones puede llegar a ser altísima, convirtiéndolo en uno de los patógenos foliares de *Eucalyptus* más importantes (Wingfield et al., 1995). Las manchas que produce este hongo son de color amarillo crema a café claro,

presentan un contorno irregular, con un diámetro de hasta 25 mm y se encuentran en ambas caras de las hojas jóvenes en expansión (Brits y Grey, 1992). Los cuerpos fructíferos se desarrollan sólo en la superficie inferior de la hoja, lo cual genera en las manchas un cambio de tonalidad a pardo oscura. El tejido necrótico puede profundizarse en la lámina de la hoja hasta atravesarla dejándola con agujeros (Figura 13). Las hojas más afectadas se deforman y caen prematuramente (Dick, 1982). La enfermedad tiene un efecto negativo sobre el crecimiento y forma de los árboles afectados. Los canchros y la muerte regresiva de los brotes y ramas generan un crecimiento achaparrado con múltiples flechas y habito arbustivo (Dick y Gadgil, 1983).



FIGURA 13
***Mycosphaerella* spp**

Se ha asociado a *M. juvenis* con las manchas foliares de hojas juveniles de *E. nitens*. En Indonesia existen por lo menos tres especies de *Mycosphaerella* que crecen sobre las hojas de los eucaliptos; de éstas, *M. parkii* fue aislada del follaje de *E. globulus*, *E. grandis* y *E. saligna*. *Mycosphaerella cryptica* se observó causando defoliaciones prematuras en *E. nitens* en Victoria, Australia (Purnell y Lundquist, 1986). Las lesiones son de color café-rojizo oscuro y tienen forma irregular a circular. Se ha observado que causa canchros en los tallos de algunos eucaliptos en Australia y Nueva Zelanda (Dick, 1982).

Al evaluar la severidad de los daños ocasionados por *M. molleriana* y *M. cryptica* en plantaciones de *E. globulus* en Australia, se encontró que la enfermedad aumentaba rápidamente desde invierno a primavera, alcanzando un 100% en la mayoría de los sectores en verano. Aunque afecta a muchas especies de *Eucalyptus*, es en *E. nitens* y *E. globulus* donde causa gran defoliación. Hubo también grandes diferencias en la susceptibilidad de las distintas subespecies de *E. globulus*, siendo las subespecies *globulus* y *bicostata* las más severamente afectadas por el hongo (Carnegie y Keane, 1994). El tipo de lesión foliar varía con el hospedero, época del año y edad de la hoja (Brits y Grey, 1992). En Nueva Zelanda, varias procedencias de *E. delegatensis* y *E. regnans* son muy susceptibles a este patógeno, las cuales se deben evitar al establecer plantaciones comerciales (Dick y Gadgil, 1983). Dick, 1982, señala que *E. globulus* es muy susceptible a este patógeno sufriendo severas defoliaciones y, en consecuencia, pérdida de crecimiento.

Mycosphaerella molleriana se observa principalmente en follaje juvenil causando lesiones de forma irregular en el borde de las hojas, de color amarillento a café. Dentro de sus hospedantes se encuentran *E. globulus* ssp. *bicostata*, *E. globulus* ssp. *globulus*, *E. cypellocarpa*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. globulus* ssp. *maidenii*, *E. nitens*, *E. saligna* y *E. viminalis* (Dick, 1982; Crous et al., 1989c). Este patógeno constituye un obstáculo para el desarrollo de *E. nitens* en Sudáfrica, en sectores fríos, donde constituye la especie alternativa a *E. grandis*. Las observaciones indican que las manchas foliares causadas por este hongo originan una reducción en la tasa de crecimiento de *E. nitens* cuando por lo menos el 25% del follaje juvenil es afectado (Lundquist et al., 1987).

- **Phaeoseptoria spp.** Las manchas foliares provocadas por este hongo pueden llegar a tener gran incidencia, causando graves problemas, principalmente en plantas de vivero. Estas son de forma irregular, de color café y están rodeadas por una zona de color púrpura (Crous et al., 1989c; Dick, 1982).

Actualmente, es una enfermedad muy distribuida en el mundo. En 1991 fue encontrada por primera vez atacando a hojas de *E. camaldulensis* y *E. globulus* ssp. *globulus* cerca de Roma en Italia (Belisario, 1993). En Sudáfrica también se ha registrado la enfermedad sobre *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* y *E. grandis*, causando la mortalidad de las plantas jóvenes, siendo considerada como uno de los patógenos foliares de mayor importancia en ese país (Crous et al., 1989a). En Sudáfrica causa severas infecciones foliares y defoliación de plántulas en las principales especies de *Eucalyptus* del subgénero *Symphyomyrtus* cultivadas en ese país, principalmente *E. camaldulensis* (Crous et al., 1989d), pero también se ha registrado sobre *E. globulus* ssp. *bicostata*, *E. cladocalyx*, *E. globulus* ssp. *globulus*, *E. grandis*, *E. macarthurii*, *E. globulus* ssp. *maidenii*, *E. nitens*, *E. nova-anglica*, *E. quadrangulata*, *E. resinifera*, *E. saligna*, *E. tereticornis* y *E. urophylla* (Crous et al., 1988).

Esta enfermedad está asociada a árboles que crecen bajo condiciones de estrés, se desarrolla sobre sus hojas maduras más bajas. En general, los eucaliptos del subgénero *Symphyomyrtus* son susceptibles a este hongo, en cambio aquellos pertenecientes al subgénero *Monocalyptus* han probado ser totalmente resistentes. En el caso de *P. eucalypti* las lesiones varían de acuerdo a la susceptibilidad del hospedante, condiciones ambientales y edad del follaje. Puede causar reducciones severas en el crecimiento de los árboles cuando se dan las condiciones ideales para el desarrollo de esta enfermedad (Brits y Grey, 1992).

- **Kirramyces eucalypti** (= **Septoria pulcherrina**). Causa severas defoliaciones prematuras que afectan el crecimiento y vigor de las plántulas (Ciesla et al., 1996). Produce manchas de tamaño irregular, color amarillo pálido en ambos lados de la hoja, cambiando posteriormente a tonalidades rojas y finalmente café. Las lesiones son irregulares y pueden cubrir gran parte de la superficie foliar y el peciolo. Ataca principalmente a *E. nitens* (Gadgil y Dick, 1983), pero también ha sido observado en Australia sobre *E. globulus* ssp. *bicostata*, *E. camaldulensis*, *E. grandis*, *E. globulus* ssp. *globulus* y *E. tereticornis*.

5.2.1.3 Cancros en el tallo

Las enfermedades cancrasas se relacionan a un síntoma necrótico causado por la muerte de tejidos en áreas definidas y localizadas generalmente en la corteza y cortes de ramas o troncos de árboles. Muchos árboles son susceptibles a uno o más agentes causantes de cancras. Entre los agentes causales abióticos se encuentran el frío, la sequía, los golpes de sol; y entre los bióticos las bacterias, virus y hongos.

- **Botryosphaeria spp.** Patógeno facultativo, generalmente débil, que ha sido señalado como causante de cancras en ramas y troncos en muchos lugares. Produce una necrosis y oscurecimiento de la corteza y del cambium, con picnidios negros sobre la lesión. En *E. globulus* ssp. *globulus* de 3 a 6 años de edad, provoca cancras en sus ramas y como efecto de esta lesión se produce una escasa retoñación de los tocones infectados. Este patógeno puede influenciar el sistema inmunológico de los árboles atacados haciéndolos más susceptibles al ataque de otros patógenos (Brits y Grey, 1992). Dentro de su amplio rango de hospedantes se encuentran *Eucalyptus camaldulensis* (incluido en las especies de mayor susceptibilidad), *E. globulus* ssp. *globulus*, *E. grandis*, *E. nitens*, *E. macarthurii*, *E. marginata*, *E. saligna* y *E. smithii* (Ciesla et al., 1996).
- **Endothia gyrosa** está asociado con cancras severos al tallo en plantaciones de *Eucalyptus nitens* de 14 años de edad en Tasmania, Australia (Wardlaw, 1999).

Los cancras en la corteza de los troncos y ramas pueden estar acompañados de otros síntomas como necrosis, gomosis, clorosis, defoliación, marchitamiento, secamiento de ramas y muerte del árbol. Cabe mencionar que los cancras en troncos tienen el potencial para reducir el crecimiento del árbol y tener efectos severos en la calidad de la madera.

5.2.1.4 Enfermedades de las raíces

Las enfermedades del sistema radicular son algunos de los problemas más serios en los árboles. Los síntomas de muchas enfermedades radiculares son similares y se presentan con una declinación general de la copa, bajo crecimiento promedio y condición de follaje pobre, hasta concluir en la muerte del árbol.

Wardlaw, 2000, reporta a *Phytophthora cinnamomi* Rands provocando una extensa pudrición de cuello y raíces provocando la muerte de árboles en plantaciones de *Eucalyptus nitens* de 1 y 2 años. Los árboles afectados se encuentran dispersos aparentemente al azar en las áreas con incidencias sobre 1% (Evercreech) y 10% (Pipers River). Este patógeno está ampliamente distribuido en Tasmania, a elevaciones menores a 600 m. Es raramente un problema en plantaciones de *Eucalyptus* spp, por dos razones. La mayoría de las áreas de menor altitud son plantadas por *E. globulus*, el cual es resistente a *P. cinnamomi* y porque existe una baja susceptibilidad de *E. nitens* principalmente plantado en sitios sobre 600 m de altitud, donde las temperaturas son también bajas para el patógeno.

Otro hongo de pudrición de raíces, *Armillaria* (probablemente *A. luteobubalina*) fue reportado como huésped de *Eucalyptus nitens* causando manchas y mortalidad en una plantación de 3 años de edad, establecida en pendiente, en un sitio bien drenado en Kamena, cerca de Burnie, Tasmania. Las pérdidas estimadas indican que la enfermedad había una mortalidad de aproximadamente un 10%. Sin embargo, en plantaciones juveniles, este hongo de pudrición de raíces generalmente tiene escasa incidencia en la mortalidad afectando a menos de un 0,1% de los árboles en áreas forestadas en Tasmania (Wardlaw, 2000). El hongo *Armillaria mellea* provoca reducción de crecimiento radicular, determinando cambios en las características follaje, muerte regresiva y finalmente la muerte del árbol. Los signos más evidentes son micelio subcortical y rizomorfos.

5.2.2 Enfermedades causadas por agentes no infecciosos

Las enfermedades no infecciosas de las plantas son causadas por factores ambientales extremos. Pueden afectar a los órganos de los árboles en forma parcial o total, dependiendo de la severidad e intensidad de un factor determinado.

Las enfermedades no infecciosas ocurren en ausencia de patógenos, en consecuencia no pueden ser transmitidas a árboles sanos. Sin embargo, las heridas provocadas en los árboles pueden facilitar la entrada de patógenos.

5.2.2.1 Temperaturas extremas

Altas temperaturas: En *E. nitens* la insolación o exposición solar excesiva puede provocar daños a diferentes partes del árbol, necrosis o quemaduras en los márgenes de las hojas, muerte apical, además de cambios de coloración y fisuras en la corteza hasta convertirse en canchales que posteriormente pueden cicatrizar.

Principalmente el espesor de la corteza y la exposición solar determinarán la frecuencia y el grado de daño. Por lo general, las quemaduras se producen luego de raleos o podas demasiadas intensas, intervenciones que dejan expuestos a pleno sol los árboles que antes estaban sombreados.

Attiwill y Adams, 1996, sugieren que sitios con temperatura media anual entre 13 – 15,5°C permitirían un buen crecimiento de *E. nitens*.

Bajas temperaturas: Los síntomas de lesiones por frío son variables, dependiendo del período del año en el cual el árbol esté expuesto a daño por frío. La gran limitación que presenta *Eucalyptus globulus* es su escasa resistencia al frío. Según Prado et al. (1994), las variaciones expresadas entre procedencias y dentro de éstas (familias) son moderadas. En Chile con -6°C todas las familias se ven afectadas, lo cual hace necesario emplear otras especies, con mayor resistencia al frío, como es el caso de *E. nitens*, *E. delegatensis* y *E. viminalis*, en áreas donde las temperaturas mínimas sobrepasan ese límite.

En España las bajas temperaturas y las heladas constituyen las principales limitaciones para el cultivo de *E. globulus*, donde las plantas jóvenes pueden dañarse gravemente. Si las heladas son bruscas o repetitivas, *E. globulus* resulta mucho más sensible. *Eucalyptus nitens* es mucho más resistente al frío, soportando heladas de hasta -12°C e incluso nevadas (Figuras 14 y 15). Por esta razón se recomienda utilizar *E. globulus* en aquellas zonas donde no se presenten heladas frecuentes o muy severas y *E. nitens* en lugares con mucho viento, muy fríos o con heladas habituales (González-Río et al., 1997).



FIGURA 14
PLANTACIÓN JUVENIL *E. nitens* EN ÁREAS CON HELADAS HABITUALES



FIGURA 15
PLANTACIÓN JUVENIL *E. nitens* EN UN SITIO EXTREMO

La susceptibilidad de las plantas al frío disminuye a medida que éstas crecen. Cuando las heladas son leves se produce una quemadura de los brotes y follaje, pero cuando son intensas, se produce la quemadura total del árbol, además de la rajadura de la corteza y oxidación del cambium (González, 1991).

Hay pérdida de crecimiento cuando la parte afectada es el follaje y ramas. Cuando el daño implica rajadura de corteza y oxidación del cambium, el árbol habitualmente muere, pudiendo rebrotar, dependiendo de la especie, pero por lo común, estos rebrotes no tienen éxito y mueren en la temporada siguiente. Las rajaduras se producen por una contracción más rápida en la zona exterior que en la zona interior de la corteza. Pueden ocurrir repetidas veces en el mismo lugar causando la formación de tejidos callosos (Ostry y Nicholls, 1978).

5.2.2.2 Humedades extremas

Deficiencia de agua: Diversos síntomas de daño pueden presentarse en el árbol cuando la pérdida de agua a través de las hojas es mayor a la cantidad absorbida por las raíces. Esto se produce cuando hay largos períodos de sequía.

El promedio anual de precipitaciones en el área de distribución natural de *E. nitens* fluctúa entre 550 a 2300 mm, uniforme en invierno y verano. El periodo seco puede tener una duración entre 0 y 5 meses (Jovanovic and Booth, 2002). Attiwill y Adams, 1996, recomiendan sitios con precipitación media anual mayor a 900 mm lo cual permitiría un óptimo crecimiento de *E. nitens*, considerando temperaturas y suelos adecuados.

Frew 1999, estudió los efectos de una sequía de verano en Nueva Zelanda oriental. De acuerdo a la tolerancia o susceptibilidad al déficit hídrico las especies fueron clasificadas en tres categorías, no o ligeramente afectadas resultaron *Pinus radiata* y *Cupressus macrocarpa*; afectadas *Pseudotsuga menziessi* y severamente afectada *Eucalyptus nitens*.

Como primer síntoma se produce una marchitez progresiva de los brotes apicales. Posteriormente, se observa decoloración y los tejidos marginales de la hoja mueren gradualmente, tomando una coloración café. Finalmente puede producirse la muerte apical de ramillas y ramas hasta el árbol completo.

Las plantaciones de *Eucalyptus nitens* estresadas por falta de agua, podrían verse afectadas por plagas insectiles como *Phoracantha semipunctata*, especialmente en periodos largos de sequía. Árboles con disponibilidad adecuada de agua en el suelo tienen mayor vigor y por consiguiente menor susceptibilidad a contraer pestes.

Exceso de agua: Un exceso de agua por suelos inundados y pobremente drenados puede también ser letal a las raíces de los árboles. La mayoría de las plantaciones de *Eucalyptus* soportan algunos días de anegamiento sin mostrar síntomas de efectos perjudiciales. Puede producir un crecimiento radicular superficial que aumenta la susceptibilidad de daño por viento (inclinación y desarraigamiento) o, en la mayoría de los casos, una restricción en el crecimiento, observándose fustes delgados con escaso follaje y síntomas de decoloración (clorosis o enrojecimiento). En *Eucalyptus* es un factor que contribuye a la ocurrencia de ataques de *Phytophthora* en las raíces (González, 1991).

5.2.2.3 Viento

El viento es un importante factor de daño en plantaciones. En *E. nitens* se pueden producir daños en el follaje, ramas, fuste o cuello de la planta. Los síntomas más comunes son desganche y quebradura de ramas, inclinación del árbol, quebradura del fuste principal y desarraigamiento de los árboles. Un crecimiento radicular superficial especialmente en suelos poco profundos y sobresaturados aumenta la susceptibilidad de daño por viento. *Eucalyptus nitens* es intolerante a los vientos secos y cálidos acompañados por periodos de baja pluviosidad (Attiwill y Adams, 1996).

5.2.2.4 Malezas

Las especies del género *Eucalyptus* son especialmente susceptibles a la competencia por agua, luz y nutrientes, siendo una de las principales causas de fracaso en el establecimiento de estas plantaciones.

Esta situación no es ajena a *E. nitens*, por lo que se considera muy importante la eliminación de las malezas, sobre todo durante el periodo de establecimiento. Mantener las plantas libres de la competencia de malezas y bien fertilizadas es esencial para asegurar un rápido desarrollo del dosel. Una vez que éste se cierra, las malezas competidoras no constituyen un problema grave.

5.2.2.5 Limitantes de suelo

Los árboles necesitan nutrientes para su apropiado crecimiento, siendo los más importantes nitrógeno, fósforo y potasio, sin descartar los micronutrientes. El desbalance se produce por déficit o exceso

de uno o más nutrientes, en muchos casos asociado al estrés hídrico y a la tasa de crecimiento de la plantación.

Eucalyptus nitens tolera una amplia variedad de suelos, aún cuando el crecimiento óptimo se produce en suelos de más de 75 cm de profundidad, es decir que permita una efectiva profundización de las raíces (Attiwil y Adams, 1996)

Los síntomas de carencia mineral pueden presentarse aún cuando no haya escasez del elemento en el suelo. Los árboles estresados por sequía, luz inadecuada, enfermedad radicular, pobre aireación del suelo u otros problemas, pueden ver limitada su capacidad de absorción de los elementos minerales por parte de las raíces y no responder a la fertilización (FAO, 1981).

Las plantaciones juveniles establecidas con bajo contenido de nutrientes, usualmente crecen más rápidamente con fertilización. Por otra parte, los árboles maduros se pueden adaptar a suelos de baja fertilidad retardando el crecimiento para mantener una apariencia sana. Sin embargo, una deficiencia de nutrientes de moderada a severa puede causar anomalías y escaso crecimiento. La sobre estimulación de árboles maduros con fertilizantes provoca un excesivo crecimiento, limita el desarrollo de la raíz, reduce la resistencia a la sequía e incrementa la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

5.2.2.6 Nieve

El daño más generalizado se produce en ramas y brotes terminales por acumulación de ella, pudiendo en algunos casos, producirse en el fuste. Lo más frecuente es el desgancho, quebradura de ramas y en algunos casos la quebradura del fuste. Sin embargo *Eucalyptus nitens* es considerado tolerante a los efectos de la nieve y el frío.

5.3 INSECTOS DAÑINOS ASOCIADOS A *Eucalyptus nitens*

Eucalyptus nitens es considerada una especie que posee una baja susceptibilidad al ataque de insectos. Sin embargo, existen reportes de pestes y enfermedades en Australia y en otros países que podrían afectar negativamente la productividad de las plantaciones con esta especie.

Los insectos pueden dañar los árboles consumiendo, para su alimentación, hojas, brotes, raíces, tallos, madera, etc. En particular, *E. nitens* puede ser dañado por insectos defoliadores, succionadores de savia y taladradores de la madera, según los registros de detección fitosanitaria de la especie en su distribución mundial

5.3.1 Insectos Defoliadores

La alimentación de los insectos al consumir el follaje reduce significativamente el área foliar y por lo tanto afecta la capacidad fotosintética del árbol. En consecuencia, el efecto de este daño provoca un crecimiento más lento de los árboles, acompañado de un aumento en la susceptibilidad a otras plagas y enfermedades. La mayoría de los árboles soportan defoliaciones moderadas, pero ataques severos pueden causar su muerte. La época del año en que el árbol es defoliado puede ser crítica y a la vez determina su capacidad para recuperarse del ataque (Elliott and de Little, 1985).

Un grupo importante de defoliadores son los insectos masticadores, que se alimentan del follaje cuando son larvas o adultos, o durante ambos estados.

- ***Chrysophtharta* spp.** (Coleoptera: Chrysomelidae). Corresponde al género más importante dentro de las especies defoliadoras en la mayoría de los lugares donde está presente. Los adultos y las larvas se alimentan de follaje juvenil y brotes de una amplia gama de *Eucalyptus*. En Australia existen registros de ataque a plantaciones de *Eucalyptus nitens* de 3 años de edad por *Chrysophtharta bimaculata* (Olivier) provocando más de un 50% de defoliación lo que afecta significativamente su crecimiento durante 2 años (Elek, 1997).
- ***Paropsis* spp.** (Coleoptera: Chrysomelidae), también corresponde a un género de insectos defoliadores de gran importancia para las plantaciones de eucaliptos. En general, los adultos y las larvas se alimentan de follaje juvenil y brotes. También los adultos se alimentan de follaje maduro y el daño es característico en los márgenes de las hojas.

- ***Paropsis charybdis*** Stal. Posee un amplio rango de hospederos dentro del género *Eucalyptus*, pero ataca principalmente a *E. viminalis*, *E. nitens* y *E. globulus* (deLittle, 1989). Jacobs, 1981, señala que las plantaciones de *E. regnans* y *E. delegatensis* han demostrado ser relativamente resistentes al ataque del insecto. Dentro de los estudios realizados para encontrar posibles controladores biológicos para este insecto, ha destacado *Enoggera nassaui* como la especie de mayores proyecciones para este fin (Kay, 1990). Posee cuatro estadios larvales, los que se desarrollan durante 19 días y el estado de pupa que dura 9,5 días. Las hembras comienzan a oviponer dentro de 15 días después de la emergencia (Edwards y Wightman, 1984).
- ***Antheraea eucalypti*** Scott. Las larvas se alimentan del follaje provocando defoliación, afectando la tasa de crecimiento y la forma de la copa. En Nueva Zelanda, afecta las especies *E. delegatensis*, *E. fastigata*, *E. regnans*, *E. saligna*, *E. botryoides*, *E. pilularis* y *E. nitens*. Repetidas defoliaciones causa el achaparramiento de los árboles, incluso defoliaciones severas pueden causar la muerte de éstos (Alma, 1977).
- ***Antheraea helena***. Es considerado como el defoliador que puede provocar efectos significativos sobre los eucaliptos (Figura 16). Se parece mucho a *A. eucalypti*. Las orugas son de color negro, pilosas con marcas amarillas, pero se van tornando verde pálido a medida que pasa el tiempo y son capaces de consumir grandes cantidades de follaje. Afortunadamente estas larvas sufren un intenso parasitismo, por lo cual, en la mayoría de los casos no alcanzan a causar graves daños sobre las plantaciones. Se encuentran frecuentemente sobre *E. regnans*, *E. obliqua*, *E. delegatensis* y *E. nitens*.



FIGURA 16
***Antheraea helena*.**
 (Foto: Elliott y deLittle, 1985).

5.3.2 Insectos Succionadores.

Estos insectos se alimentan de la savia de las hojas, tallos nuevos, ramas y ramillas. Las partes de su aparato bucal están altamente modificadas, el cual insertan dentro del tejido vascular. También pueden inyectar sustancias tóxicas que matan los tejidos de la planta. Infestaciones severas de chupadores pueden causar intensas defoliaciones en los árboles. La presencia de chupadores generalmente va acompañada de hormigas que se alimentan de la mielecilla que excretan estos insectos. Esta solución azucarada también proporciona un sustrato ideal para el desarrollo de mohos, los cuales no dañan al árbol en forma directa pero sí reducen considerablemente la capacidad fotosintética de las hojas. Los chupadores que succionan la savia de brotes en crecimiento activo, causan su marchitez y posterior necrosis. Un ataque intenso deprime el crecimiento del árbol y lo deforma (Elliott y deLittle, 1985).

- ***Ctenarytaina eucalypti* Mask.** Perteneciente a la familia *Psyllidae*. Es un succionador de savia que ha atacado significativamente a plantaciones de *E. globulus* en España, Portugal y Nueva Zelanda (FAO, 1981). También se ha observado en Australia, Inglaterra, Sudáfrica, Tasmania y Sri Lanka. La principal especie afectada corresponde a *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*, pero también se ha encontrado en *Eucalyptus globulus* ssp. *maidenii*, *E. nitens* y *E. gunnii* (Ciesla et al., 1996). La hembra ovipone en las hojas jóvenes y las ninfas se concentran en colonias abundantes en las hojas, ramas pequeñas y brotes terminales, cubriéndolos completamente. Además segregan una sustancia algodonosa y filamentosa. Los daños causados están íntimamente ligados a la alimentación, como insecto chupador. Las hojas y particularmente los brotes, son ocupados por centenares de individuos, los que al chupar los jugos que contiene el parénquima foliar, provocan la desecación paulatina de hojas y brotes que se retuercen y deforman, adquiriendo un color grisáceo negruzco (Cadahia, 1980). Este insecto tiene como controlador a avispas de la familia *Ichneumonidae* y predadores dípteros de las familias *Tabanidae*, *Syrphidae* y *Sciaridae* (Azevedo y Figo, 1979).
- ***Eriococcus* spp.** En Australia existen registros de ataques severos de *Eriococcus coriaceus* Maskell (Coccidae: Eriococcidae) que pueden causar muerte apical o mortalidad de los árboles. Ha sido responsable de causar gran daño en plantaciones de *Eucalyptus globulus* y mortalidad en árboles jóvenes de *Eucalyptus nitens*. (Phillips, 1992) Estos insectos miden entre 2 y 4 mm de largo y se encuentran recubiertos por sacos de color amarillento a café oscuro, donde se localiza la hembra. Succiona la savia de los eucaliptos y puede provocar muerte regresiva de las ramas; cuando el ataque es severo, puede provocar la muerte del árbol. Densas colonias se presentan a lo largo de tallos y follaje. También puede afectar a la actividad fotosintética al cubrir las hojas con un moho fumaginoso que crece sobre las sustancias azucaradas excretadas por el insecto. Asimismo, la pérdida de savia debilita al árbol (Zondag, 1977). *Eucalyptus globulus* se presenta como una especie susceptible al cóccido (Elliott and deLittle, 1985; Ciesla et al. 1996 y FAO, 1958). En Australia puede tener sobre 4 ciclos en el año, con una duración de 50 días hasta 3 meses cada uno, en la época fría (Zondag, 1977). Los adultos de este succionador son atacados por avispas parásitas y moscas (*Pseudoleucopis benefica*); larvas de polillas depredadoras (*Catoblema* y *Stathmopoda melanchra*); larvas comedoras de pulgones (*Chrysopa* spp.); larvas de *Syrphidae* y; los adultos y larvas de varios coccinelidos, incluyendo a *Rhizobius ventralis* y *Coccinella transversalis* (FAO, 1958; Hardwood et al., 2001).
- ***Glycaspis brimblecombei* Moore** (Homoptera: Psyllidae). Es otro succionador importante a considerar, nativo de Australia. Adultos y ninfas se alimentan de la savia y producen gran cantidad de mielecilla que permite el desarrollo de mohos sobre el follaje. Las ninfas construyen con las secreciones una cubierta individual de forma cónica. Los adultos miden 3 mm de largo; son de color verde claro con áreas naranjas y amarillas y tienden a vivir y protegerse bajo el follaje. En Australia, 2 a 4 generaciones por año han sido observadas. Altas poblaciones provocan un marchitamiento del follaje, severa defoliación, muerte apical y eventualmente la muerte del árbol (EPPO, 2002). En California, a nivel urbano, se destaca como una de las plagas más destructivas, afectando a *E. cladocalyx*, *E. camaldulensis*, y ocasionalmente a *E. globulus* (Hagen, 2001; Garrison, 2001). En Chile ha sido encontrado infestando a *E. camaldulensis* en bosquetes ubicados en la periferia, al poniente de Santiago. Eppo, 2003 menciona a *Eucalyptus camaldulensis* como uno de los principales hospedantes, pero también es posible encontrarlo en Australia en *E. blakeli*, *E. nitens*, *E. tereticornis*, *E. dealbata*, *E. bridgesiana*, *E. brassiana* y *E. mannifera*.

5.3.3 Insectos Taladradores

Los insectos taladradores corresponden a coleópteros que pertenecen principalmente a la familia Cerambycidae y a lepidópteros de la familia Cossidae. Los coleópteros son fácilmente reconocibles por sus largas antenas, muchas veces más largas que el cuerpo y en el caso de los lepidópteros tienen aspecto de mariposas o polillas. En general, poseen un fuerte aparato bucal masticador que les permite perforar túneles dentro de los tejidos leñosos de las ramas, troncos y raíces, causando problemas en la estructura del árbol y la interrupción del flujo de savia. Algunos de ellos son muy difíciles de detectar y frecuentemente se pueden reconocer sólo después de un daño masivo o luego que el árbol ha muerto (FAO, 1981).

- ***Phoracantha semipunctata***

Un estudio realizado sobre la susceptibilidad de distintas especies de *Eucalyptus* a *Phoracantha semipunctata* cuyos árboles experimentaron un estrés hídrico debido a una prolongada sequía, indicó que las especies más resistentes al insecto fueron *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *E. sideroxylon* y *E. trabutii*. Las especies que más susceptibles al ataque fueron *E. diversicolor*, *E. globulus*, *E. grandis*, *E. nitens*, *E. saligna* y *E. viminalis*. En definitiva, las especies que fueron más resistentes al ataque de *Phoracantha semipunctata* fueron aquellas más tolerantes a la sequía (Hanks et al., 1995).

Esta plaga se caracteriza por ser muy agresiva en sus ataques y por estar distribuida en casi todas las partes del mundo donde *Eucalyptus* spp. ha sido plantado (Paine et al., 1990) (Figura 17). Ha causado graves problemas en plantaciones de eucaliptos en Francia, Estados Unidos, España, Marruecos, Israel y Egipto, entre los más importantes.



FIGURA 17
Phoracantha semipunctata

Phoracantha es un insecto que presenta una metamorfosis completa. Las larvas se alimentan de los tejidos del cambium y el floema, construyendo gran cantidad de galerías en el tejido vascular del árbol; en su último estadio penetran el xilema para construir una cámara pupal (Owen, 2000; Elliott y deLittle, 1985). Los síntomas que evidencian el daño son abundante exudación de savia y goma en el tronco, a veces con fumagina, rebrote del fuste por causa del anillamiento que provocan las larvas al construir las galerías bajo la corteza, un aserrín compacto que cubre las galerías, decoloración de las hojas, y corteza agrietada y/o suelta, con orificios ovales de salida de insectos adultos. Un ataque severo del insecto interrumpe totalmente el flujo de savia y provoca la muerte del árbol en el corto plazo. En árboles vigorosos, las larvas son normalmente muertas por la secreción de savia y goma.

- ***Chilecomadia valdiviana*** (Philippi) Lepidoptera: Cossidae

Es un insecto propio de bosque natural en Chile de amplia distribución, de hábito alimenticio polífago, conocido comúnmente como gusano del tebo (Figura 18). Se le encuentra desarrollándose en árboles vivos de *Eucalyptus nitens*, tanto en plantaciones ubicadas en zonas de precordillera como del valle y costa de las regiones VIII y IX. (Cerdeña, 1996). Este taladrador de madera en plantaciones de *E. nitens* perfora árboles en pie formando galerías larvales, aunque su incidencia es baja.



FIGURA 18
ADULTOS DE *Chilecomadia valdiviana* (HEMBRA Y MACHO)
 (Foto: Ariel Sandoval)

Es un insecto taladrador de la madera que tiene un ciclo vida superior a un año y que su comportamiento biológico se inicia con la postura de huevos en grupos o masas de más de 10 huevos, principalmente en grietas de la corteza, base de ramas, puntos de inserción de ramas muertas, entre otros lugares. Luego de ello la acción larval, se desarrolla primero en la zona cambial por un periodo de 6 meses aproximadamente, donde se alimenta en forma gregaria, para luego penetrar en la madera o xilema, donde construyen su galería de alimentación individual (Cerde y Lewis, 1993).

Parra et al., 1999, señala los siguientes síntomas para la detección y reconocimiento del daño:

- Heridas con exudación de savia en la zona de postura de huevos, distante o cercano a puntos de inserción de las ramas
- Galerías larvales agrupadas y limpias. presencia de aserrín en la base del árbol
- Orificios de salida con o sin exuvias pupales. Moho negro en el fuste. Manchado y pudrición central. Olor característico a extraíbles fermentados
- Árboles con punto de quiebre en la zona con galerías

El ataque de este insecto compromete gran parte del xilema en la sección, lo que disminuye la resistencia del fuste y puede producir, en consecuencia, su caída por viento (Figura 19). Por otra parte, las galerías sin aserrín y los orificios de emergencia de los adultos, posibilitan el ingreso de hongos de mancha y pudrición (Parra et al., 1999)



FIGURA 19
LARVAS DE *Chilecomadia valdiviana* EN *E. nitens*

5.4 Comentario Final

E. nitens es una especie adaptada para crecer en condiciones de humedad, y es relativamente resistente a plagas insectiles. Sin embargo, bajo condiciones de estrés hídrico o manejo inapropiado, se torna vulnerable y también puede ser atacado por otras plagas. El manejo que considere aspectos de prevención sanitaria favorecerá la generación de bosques vigorosos y productivos, libres de problemas sanitarios.

Sin embargo, se debe considerar la posibilidad de introducción de plagas y enfermedades provenientes del exterior las cuales podrían ocasionar disminuciones de productividad, limitaciones de crecimiento y tal vez lo más importante, el efecto negativo sobre las exportaciones forestales, derivado de las regulaciones cuarentenarias requeridas por los mercados compradores.

5.5 REFERENCIAS

ENFERMEDADES (CAP. 5.2)

- Attiwill and Adams M. 1996.** Nutrition of Eucalypts. CSIRO. 440p.
- Blanchard, R. y Tattar, T. 1997.** Field and Laboratory Guide to Tree Pathology. pp. 358
- Brits, D. y Grey D. 1992.** HL & H Forest Research. 35p.
- Carnegie, A. J.; Keane, P. J. 1994.** Further *Mycosphaerella* species associated with leaf diseases of *Eucalyptus*. Mycological Research 98(4): 413-418.
- Ciesla, W. M.; Diekmann, M.; Putter, C. A. J. 1996.** *Eucalyptus* spp. FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm N°17. 66p.
- CSIRO, 2002.** Sugar gum. Australian Low Rainfall Tree Improvement Group (ALRTIG). 31 Octubre 2002.
- City of Swan Council (1999)** 12.2. James street sugar gums (Guilford). En: City Council Minutes 14 July 1999. Part B. Reports. [en línea] City of Swan Council. Disponible en: [2/12/2002].
- Collett, N. 2001.** Defoliation- effects on plantation eucalypt growth. Agriculture Notes. Notes Series N° AG0896. pp 8.
- Crous P. and Wingfield, M. 1991b.** *Eucalyptus* leaf pathogens in South Africa: a national perspective. In: IUFRO Symposium Intensive Forestry: The role of *Eucalyptus*. Durban, South Africa, 2-6 September 1991. pp: 749-759.
- Crous, P. W.; Knox-Davies, P. and Wingfield, M. J. 1988a.** Phaeoseptoria eucalypti and *Coniothyrium ovatum* on *Eucalyptus* spp. in South Africa. Phytophylactita 20 (4): 337-340.
- Crous, P. W.; Knox-Davies, P. and Wingfield, M. J. 1989 b.** Newly recorded foliage fungi of eucalypts spp in South Africa. Phytophylactita 21 (1): 85-88.
- Crous, P. W.; Knox-Davies, P. and Wingfield, M. J. 1989c.** A list of *Eucalyptus* leaf fungi and their potential importance to South African Forestry. South African Forestry Journal N°149. pp 17-29.
- Crous, P. W.; Knox-Davies, P. and Wingfield, M. J. 1989d.** Infection studies with *Phaeoseptoria eucalypti* and *Coniothyrium ovatum* on *Eucalyptus* spp. South African Forestry Journal N°149. pp 30-35.
- Crous, P. W.; Knox-Davies, P. and Wingfield, M. J. 1989e.** A summary of fungal leaf pathogens of *Eucalyptus* and the diseases they cause in South Africa. South African Forestry Journal N°49.
- Dick, M. 1982.** Leaf inhabiting fungi of *Eucalyptus* in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry Science 12(3): 525-537.
- Gadgil, P. D. 1983.** *Eucalyptus* leaf spots. New Zealand, Forest Research Institute, Forest Pathology in New Zealand N°1. 8p.
- FAO 1981.** El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO Montes N°11. Roma, FAO. 723p.
- Frew, C. 1999.** The 1997/98 drought survey. School of Forestry, Canterbury University, New Zealand. New-Zealand-Tree-Grower.20: 2, 31-34.
- Gibson, I. 1975.** Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and southern hemisphere. Part I. Important members of the Myrtaceae, Leguminosae, Verbenaceae and Meliaceae. Oxford, CAB, CFI. 51p.

- González, G. 1991.** Patología del género *Eucalyptus* en Chile. CONAF, Centro Nacional de Capacitación Forestal Escuadrón VIII Región.
- González, G. y Parra, P. 1994.** Enfermedades foliares en un ensayo de procedencias y familias de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*, Cauquenes VII Región, Chile. In: Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile, Pucón, Chile, 24 al 26 de Nov 1993. Instituto Forestal. pp 321-338.
- González-Río, F., Castellanos, A., Fernández, O., Astorga, R. y Gómez, C. 1997.** El cultivo del eucalipto: manual práctico del silvicultor. Consejería de Agricultura del Principado de Asturias. 95p.
- Hardwood, C.; Bulman, P.; Bush, D.; Mazanec, R. and Stackpole, D. 2001.** Compendium of Hardwood Breeding Strategies. Australian Low Rainfall Tree Improvement Group. 140p.
- Hagen, B. 2001.** New pests Threaten urban *Eucalyptus*. California Department of Forestry and Fire Protection. Public works. 7p.
- International Mycological Institute. 1995.** IMI Descriptions of fungi and bacteria. CAB International. Set 124 N°1231-1240.
- Jovanovic, T. and Booth, T. H. 2002.** Improved species climatic profiles. Rural Industries Research & Development Corporation. RIRDC Publication No 02/095 RIRDC Project No CSF-56A (Subproject of CSF56A). 68p.
- Keane, P. J.; Kile, G. A.; Podger F. D. and Brown B. N. 2000.** Diseases and pathogens of Eucalypts. CSIRO. 565p.
- Knipscheer, N. S., Wingfield, M. J. y Swart, W. J. 1990.** Phaeoseptoria leaf spot of *Eucalyptus* in South Africa. South African Forestry Journal N°154. pp 56-59.
- Lundquist J. E. and Baxter A. P. 1985.** Fungi associated with *Eucalyptus* in South Africa. South African Forestry Journal N°145 pp 9-19.
- Lundquist J. E.; Purnell, R. C. 1987.** Effects of *Mycosphaerella* leaf spot on growth of *Eucalyptus nitens*. Plant Disease 71(11): 1025-1029.
- Marks, G. C.; Fuhrer, B. A. and Walters, N. E. M. 1982.** Tree Diseases in Victoria. Australia, Forest Commission Victoria, Handbook N°1. 149p.
- Matheron, M. E.; Matejka, J. C. 1992.** Powdery mildew caused by *Erysiphe cichoracearum* on five new *Eucalyptus* host in Arizona. Plant Disease 76 (10): 1077.
- Ostry, M. E.; Nicholls, T. H. 1978.** How to Identify and Control Noninfectious Diseases of Trees. Minnesota, USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 16p.
- Parra S., P.; Canala-Echeverría, J. L. 1994.** Resistencia al frío de procedencias y familias de *Eucalyptus nitens* en Aysén, XI Región, Chile. En: Barros A., S., ed.; Prado D., J. A., ed.; Alvear S., C., ed. Actas simposio los eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile. (Pucón, Chile, 24-26 Noviembre de 1993). Santiago, Chile, INFOR; CORFO. pp 389-407.
- Pont, W and Bowen , G. D., 1954.** Cytospora spp. on sugar gum. Aust. Plant. Dis. Recdr. 6 (1), (15).
- Prado, J.; Parra, P.; Molina, M. P.; Ipinza, R.; Loewe, V. 1994.** Antecedentes sobre resistencia al frío de procedencias y familias de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. In: Actas Simposio Los Eucaliptos en el Desarrollo Forestal de Chile, Pucón, Chile, 24 al 26 de Nov 1993. Instituto Forestal. pp: 439-452.

- Purnell, R. C.; Lundquist, J. E. 1986.** Provenance variation of *Eucalyptus nitens* on the Eastern Transvaal Highveld in South Africa. South African Forestry Journal 138: 23-31.
- Rúperes, A.; Muñoz, M. C. 1980.** Enfermedades de los eucaliptos en España. Boletín Servicio de Plagas 6: 193 - 217.
- Sankaran, K. V.; Sutton, B. C. and Minter, D. W. 1995.** A checklist of fungi recorded on *Eucalyptus*. CAB International, Mycological Paper N°170. 337p.
- Shearer, B.; Tippet, J. and Bartle, J. 1987.** Botryosphaeria ribis infection associated with death of *Eucalyptus radiata* in species selection trials. Plant-Disease, 71: 2, 140-145; 13 ref.
- Wardlaw, T. 2000.** Forest Health Bulletin. Forestry Tasmania. N°4. winter 2000. 2p.
- Wardlaw, T. 1999.** Endothia gyrosa associated with severe stem cankers on plantation grown *Eucalyptus nitens* in Tasmania, Australia. Forestry Tasmania, 79 Melville St, Hobart, Tasmania 7000, Australia. European-Journal-of-Forest-Pathology. 29: 3, 199-208; 13 ref.
- Wardlaw, T. y Phillips, T. 1990.** Nursery diseases and their management at the Forestry Commission nursery, Perth. Forestry Commission, Hobart, Tasmania, Australia. Tasforests. 2: 1, 21-26; 2 ref.
- Waters, M; Webb, R. and Measki, B.; 2000.** Sugar gum for farm forestry. Agriculture Notes. Notes series N°AG08992. State of Victoria Department of Natural Resources and Environment 2002. pp 7.
- Wall, E.; Keane, P. 1984.** Leaf spot of *Eucalyptus* caused by *Aulographina eucalypti*. Trans. Br. Mycol. Soc. 82 (2): 257-273.
- Washusen, R. 1998-1999.** Good prospects for drier-country eucalypt plantings. In Onwood N°23. CSIRO. pp 5-5.
- Wingfield, M.; Crous, P.; Peredo H. 1995.** A Preliminary, Annotated List of Foliar Pathogens of *Eucalyptus* spp. in Chile. Suid Afrikaanse Bosbou tydskrif N°173. pp: 53-57.

INSECTOS DAÑINOS (CAP.5.3)

- Alma, P. 1977.** *Antheraea eucalypti* Scott (Lepidoptera: Saturniidae) Gum Emperor-moth. New Zealand Forest Service. Forest and timber insects in New Zealand N°7. 8p.
- Artigas, J. 1994.** Entomología Económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. Ediciones Universidad de Concepción. Vol II. 943p.
- Azevedo, F.; Figo, M. 1979.** *Ctenarytaina eucalypti* Mask (Homoptera, Psyllidae). Boletín del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica, 5: 41-46.
- Brennan, E. B.; Hrusa, G. F.; Weinbaum, S. A. y Levinson, W. 2001.** Resistance of *Eucalyptus* species to *Glycaspis brimblecombei* (Homoptera: Psyllidae) in the San Francisco Bay area. Pan Pacific Entomologist. 77:4, 249-253; 19 ref.
- Ciesla, W. M.; Diekmann, M.; Putter, C. A. J. 1996.** *Eucalyptus* spp. FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm N°17. 66p.
- Cadahia, D. 1986.** Importance des insectes ravageurs de l'eucalyptus en région méditerranéenne. Bolletín OEPP/EPPO Bulletin 16.265-283.
- Carne, P. B. 1966.** Ecological characteristics of the Eucalypt defoliating chrysomelid *Paropsis atomaria*. Aust. J. Zool. 14 (4), (647-72 + 1 plate). (11 refs.).
- Cerda, L. 1996.** *Chilecomadia valdiviana* (Philippi) (Lepidoptera, Cossidae). "Insecto Taladrador de la Madera Asociado al Cultivo del *Eucalyptus* spp. en Chile". CONAF. Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal, Depto. de Programas y Proyectos. Programa de Protección Sanitaria Forestal. Nota Técnica: Año 16 N°32. 8p.

Cerda, L. 1979. Prospección, evaluación y biología del taladrador del eucalipto *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Coleoptera: Cerambycidae) en Chile. Tesis Esc. Cs. Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 55p.

Cerda, L.; y Lewis, P. 1993. Estudio y seguimiento del taladrador de la madera *Chilecomadia valdiviana* (Lep: Cossidae) en plantaciones de *Eucalyptus nitens* y *E. delegatensis* en el predio Santa Luisa de Forestal Río Vergara S. A. In: Actas Simposio "Los *Eucalyptus* en el desarrollo forestal de Chile" INFOR- Pucón. pp 339-353.

Cogollor, G. y Ojeda, P. 1981. Un insecto taladrador del eucalipto. *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Coleoptera: Cerambycidae). Prospección Nacional Sanitaria Forestal. Convenio CONAF- UCH. Folleto de Divulgación N°6, año 21. 4p.

De la Lama, G. 1976. Atlas del Eucalipto. Tomo 1. Ministerio de Agricultura. ICONA. Madrid. España.

deLittle, D. 1989. Paropsine chrysomelid attack on plantations of *Eucalyptus nitens* in Tasmania. New Zealand Journal of Forestry Science 19 (2/3): 223-227.

Edwards, P. B.; Wightman, J. A. 1984. Energy and nitrogen budgets for larval and adult *Paropsis charybdis* Stal (Coleoptera: Chrysomelidae) feeding on *Eucalyptus viminalis*. Oecologia 61(3): 302-310.

Elek, J. 1997. Assessing the impact of insect defoliation on plantation eucalypts. In: Resúmenes Congreso Internacional de Plagas Forestales, Pucón, Chile, 18 al 21 de Agosto. pág. irreg.

Elliot, H. J.; deLittle, D. W. 1985. Insect pest of trees and timber in Tasmania. Tasmania, Forestry Commission. 90p.

EPPO, 2002. *Glycaspis brimblecombei*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. El 26 de Diciembre de internet:
[http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_list Insects/glybrim.html](http://www.eppo.org/QUARANTINE/Alert_list%20Insects/glybrim.html)

FAO, 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO Montes N°11. Roma, FAO. 723p.

FAO, 1958. Principal pests and diseases of eucalypts outside Australia. In: Unasylva. Vol. 12, N2. 6p.

Farrow, R. 1996. Insect Pests of *Eucalyptus*; Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Identification Leaflets; CSIRO Publishing; Collingwood, Australia N°1-15.

Garrison, R. 2001. Redgum lerp Psyllid, *Glycaspis brimblecombei*. New Agricultural Pest for Southern California. Agricultural Commissioner's office. Los Angeles County. 5p.

Hagen, B. 2001. New pests Threaten urban *Eucalyptus*. California Department of Forestry and Fire Protection. Public works. 7p.

Hanks, L. M.; Paine, TD.; Millar, J. G. and Hom, J. L. 1995. Variation among *Eucalyptus* species in resistance to eucalyptus longhorned borer in Southern California. Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521, USA. Entomologia-Experimentalis-et-Applicata. 74: 2, 185-194; 24.

Hardwood, C.; Bulman, P.; Bush, D.; Mazanec, R. and Stackpole, D. 2001. Compendium of Hardwood Breeding Strategies. Australian Low Rainfall Tree Improvement Group. 140p.

Jacobs, M. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO Montes N°11. Roma. 723p.

Kay, M. 1986. *Phylacteophaga frogatti* Riek (Hymenoptera: Pergidae). *Eucalyptus* leaf mining sawfly. New Zealand Forest Service, Forest and Timber Insects in New Zealand N°64. 8p.

King, J. 1999. Christmas beetles. (QFRI Advisory Leaflet N°24). Recuperado el 10/12/2002 de internet: <http://www.forests.qld.gov.au/resadv/qfri/qfpubs/qfadvis/christma.htm>.

Leyva, E. 1976. Situación actual mundial de las plagas sobre *Eucalyptus* spp. En: Atlas del eucalipto. Tomo I Información y ecología. Ministerio de Agricultura - INIA_ ICONA, Sevilla, España. pp 20-45.

Montoya, J.; Rizan, B.; Mahzoum, A.; Allue, M.; Meni, A. 1983. Species of eucalypts suitable for forestry production in regions attacked by *Phoracantha*: a comparative study of *Eucalyptus cladocalyx* and *Eucalyptus camaldulensis*. En: Annales de la Recherche Forestiere au Maroc. 23: 425 - 444.

Owen, 2000. South African Forestry Handbook. The Southern African Institute of Forestry. Vol 1. 416p.

Paine, T. D.; Millar, J. G. y Hanks, L. M. 1995. Integrated program protects trees from *Eucalyptus* longhorned borer. Calif. Agric. 49(1): 34-37.

Parra, P. y González, M. 1998. Problemas Fitosanitarios en Eucalipto. Estudio Bibliográfico. Instituto Forestal. Concepción. Chile. 116p.

Parra, P.; Valencia, J. y González, M. 1999. Manual de Detección y Evaluación Sanitaria en Eucalipto. Manual N°24. INFOR. 125p.

Phillips, Ch. 1992a. Spitfires (Defoliating Sawflies). Forest Insects. Forestry SA. In: <http://www.forestry.sa.gov.au/private%20forestry/insect%20fact%20sheets/Fact%20Sheet%20html/FHS%2008%20Spitfires.htm>. Recuperado el 26/12/2002.

Phillips, Ch. 1992b. Gum-tree scale -*Eriococcus coriaceus* Mackell. Forest Insects. Forestry SA. In: <http://www.forestry.sa.gov.au/private%20forestry/insect%20fact%20sheets/Fact%20Sheet%20html/FHS%2003%20Gum%20tree%20scale.htm>. Recuperado el 26/12/2002.

Zondag, R. 1977. *Eriococcus coriaceus* Maskell (Hemiptera: Coccidae: Eriococcidae). Gum tree scale. Forest and Timber Insects in New Zealand N°22.

CAPITULO VI

PROPIEDADES Y UTILIZACIÓN DE LA MADERA

Gonzalo Hernández C.
Claudia Vergara C.

6.1 ANTECEDENTES GENERALES

En los países en que se han establecido plantaciones de *E. nitens*, el objetivo productivo prioritario ha sido la producción de madera pulpable para abastecer la industria de la celulosa y el papel, ya que presenta excelentes propiedades y rendimiento en este proceso, sin embargo, el desarrollo de este recurso forestal y más aun de su uso industrial, determina que sea una fibra en proceso de aceptación y consolidación en los mercados (Raga, 1999). Japón es el principal país consumidor de fibra de *E. nitens* a nivel mundial, importándola como astillas desde países como Australia y Chile, y próximamente desde Nueva Zelanda¹. En Chile la industria de celulosa de fibra corta (representada por las empresas Arauco y CMPC), complementa su abastecimiento de *E. globulus* con madera de *E. nitens*, siendo hoy día determinante para satisfacer la actual y futura demanda de madera de eucalipto para esta industria.

Además de su uso para madera pulpable, las plantaciones de *E. nitens* pueden ser manejadas para producir volúmenes de madera aserrable y debobinable, además de chapas de alto valor, libres de defectos, a costos de formación sumamente competitivos, ya que es una especie de gran crecimiento, con árboles monopódicos de fustes rectos y de escasa conicidad, que producen una madera de densidad media, grano recto con textura media y de una veta atractiva para efectos decorativos, de color claro sin diferenciación entre albura y duramen, otorgándole ventajas para recibir teñidos, pinturas y revestimientos, características que según Shield (1999), permitirían su comercialización como “whitewood”, segmento de una gran demanda global, acentuada por la menor disponibilidad de especies de maderas duras tradicionales. Sin embargo, al igual que otras especies del género, comparte una serie de limitantes relacionadas con su aserrijo y secado, especialmente su susceptibilidad a agrietarse y deformarse, lo que puede determinar menores rendimientos y mayores costos.

En Australia, país que junto a Chile concentra más del 80% de las plantaciones de la especie en el mundo, esta nueva opción productiva con *E. nitens* ha sido ampliamente estudiada, y parte importante de las plantaciones son manejadas para producir madera para chapas, aserrijo y pulpa.

En nuestro país se han desarrollado investigaciones sobre las aplicaciones de madera sólida de *E. nitens*, entre estas iniciativas destacan el Proyecto FONDEF “Diversificación y Aprovechamiento de las Plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *E. nitens* para su Utilización en la Industria del Mueble”, ejecutado por la Universidad del Bío Bío y además del proyecto FDI CORFO denominado “Desarrollo de Opciones Productivas de Mayor Valor para Plantaciones de *Eucalyptus nitens* en la IX y X Región”, ejecutado por el Instituto Forestal en asociación con empresas. Junto a estas iniciativas, distintas organizaciones a nivel nacional han investigado parcialmente aspectos tales como las propiedades mecánicas, químicas, trabajabilidad y secado, sin embargo su aplicación a escala operativa, especialmente en construcción, mueblería y otros usos no tradicionales, no han sido establecidas.

¹ En estos países Japón ha invertido en la forestación con *E. nitens* con el objetivo de asegurar una oferta de madera para el abastecimiento de sus plantas (e.j Nippon Paper, Oji Paper, Daio Paper, Mitsubishi Paper, Chuetsu and Kishu Paper); Forestal Anchile Ltda y Forestal Tierra Chilena en Chile; en Australia a través de Joint Venture denominado Plantation Platform of Tasmania Pty. Ltd. con empresas como Gunns Plantations Ltd y Forestry Tasmania y la empresa Tas Forest Holdings Pty. Ltd.; en Nueva Zelanda con la empresa Southland Plantation Forest Company of New Zealand Ltd. (SPFL). Ver “Overseas Industrial Plantation Area of Japanese Companies 2002”. <http://www.jopp.or.jp/plant/>

De acuerdo a Raga (2003), la madera de *E. nitens* también posee atributos para fines estructurales, en muchos casos superiores a varias coníferas como *Pinus radiata*, *P. taeda* y *P. elliottii*, entre otras, lo que le abre un campo interesante en los productos de ingeniería orientados a dichos usos². Al respecto el autor señala que *E. nitens* presenta cualidades intermedias para madera sólida entre *E. globulus* y *E. grandis*. Es más liviano que *E. globulus*, aparentemente menos complicado de procesar y tiene mejor apariencia. Respecto al *E. grandis* es algo más pesado y posiblemente más complicado de procesar, pero su coloración muy clara le da ventajas para recibir diversos acabados superficiales.

Con los antecedentes disponibles se puede definir a *E. nitens* como una especie con características similares a la de otros *Eucalyptus*, pero con una densidad media, lo que facilita su trabajabilidad y secado (INFOR, 1998). La estabilidad dimensional de la madera es similar a la de los *Eucalyptus* Ash (*E. fastigata*, *E. delegatensis*, *E. regnans*, etc.).

Lamentablemente, gran parte de estos estudios se han desarrollado con madera juvenil (< 8 años) de *E. nitens*, debido a la dificultad de encontrar plantaciones de mayor edad, no obstante para conocer aspectos de la utilización de la madera para usos estructurales y de apariencia, se requiere del empleo de madera de mayor edad (> 12 años) e idealmente proveniente de plantaciones con manejo, situación que dado el reciente desarrollo del recurso y de su estado silvícola, es muy difícil de lograr.

6.2 ASPECTOS GENERALES SOBRE LA MADERA DE *Eucalyptus nitens*

6.2.1 Color

El color de la madera varía de café-amarillento a café-rosado y la madera seca es casi blanca. Existen diferencias entre la madera de primavera y verano, lo que permite visualizar claramente los anillos en la madera de *E. nitens*, no así en *E. globulus* (Paz y Pérez, 1999). De acuerdo a Raga (2003) y a Shield (1999) citando a Bootle (1984), la madera de *E. nitens* tiene veteado suave, grano recto y de textura media. Visualmente es difícil distinguir entre madera de albura y duramen (Shield, 1999). La madera de *E. nitens* tiene una alta incidencia de nudos por falta de poda natural, hecho que exige la poda artificial (Shield, 1999).

6.2.2 Tensiones de crecimiento

Al igual que otras especies del género *Eucalyptus*, *E. nitens* se ve afectado por las tensiones de crecimiento en el interior del tronco. Estas se producen por fuerzas generadas entre capas sucesivas de madera, por efecto del crecimiento y la necesidad de mantener la copa en una posición lo más vertical posible. Estas tensiones se liberan al momento de la corta y aserrío del árbol. Cuando la tensión es muy alta, se pueden producir rajaduras al momento del volteo y posteriormente en las trozas, especialmente si son almacenadas al sol.

El daño durante el volteo puede aumentar debido al empleo de técnicas inadecuadas. Las tensiones de crecimiento dependen de aspectos genéticos y también de la interacción entre crecimiento y medio ambiente, lo que permite realizar selección genética tendiente a obtener una menor proporción de rajaduras en las trozas. En *E. nitens* las tensiones disminuyen con la altura del árbol, siendo inferiores las que se producen sobre 15 metros con respecto a las que se producen a 1,5 metros. En esta especie ocurre una situación muy particular con las tensiones internas en la madera, ya que se producen rajaduras en sentido radial y en la madera de primavera, concentrándose en la zona intermedia y no en la albura (Paz y Pérez, 1999).

McKimm (1985) analizó las características de crecimiento, tensiones, longitudinal y periférica de *E. nitens*, en árboles de 8 años de edad, considerando con especial énfasis la procedencia del árbol, concluyendo que estas características son moderadas, al igual que la densidad básica. Se encontró una diferencia importante en las tensiones longitudinal y periférica entre árboles de Mt. Ebor, Nueva Gales del Sur y otros.

² En Australia esta opción ya es una realidad, con la empresa FEA que aserrea madera de plantaciones de *Eucalyptus nitens* de raleo empleando tecnología finlandesa Hew Saw, actualmente producen 35 mil m³ al año y esperan producir 130 mil m³ al año 2006. (<http://www.theage.com.au/>)

Chafe (1990), en un estudio con árboles de *E. regnans* nominalmente rectos y verticales, de 36 años de edad, y árboles similares de *E. nitens* de 8 años de edad, encontró diferencias entre las especies en términos de relación entre tensión de crecimiento y otras propiedades de la madera. Anteriormente (1985) el mismo autor, en un estudio con *E. nitens*, encontró que se relacionaron significativamente la tensión de crecimiento periférica y la tensión de crecimiento a lo largo del fuste del árbol. Aunque los resultados indican una correlación lineal negativa, la función no es suficiente para explicar el fenómeno, para lo cual se requiere un modelo más complejo.

6.2.3 Duramen

El estudio realizado en Nueva Zelanda por Lausberg, Gilchrist y Skipwith en 1995, para *E. nitens* de 15 años de edad, mostró que el porcentaje de duramen en el árbol disminuye con el aumento de la altura, observándose un ligero aumento alrededor del DAP. En promedio, el duramen supera el 50% de la sección transversal a los 12 metros, para luego disminuir bruscamente al 4% a los 24,4 metros. El duramen difiere de la albura en la cantidad y tipo de extraíbles, además de la presencia de tilosis, lo que causa problemas con:

- La penetración de preservantes solubles en agua
- Algunos licores de pulpaje
- Blanqueo adicional para algunas pulpas

La ventaja del duramen respecto a albura, es que éste es menos susceptible al ataque de insectos.

Mediciones hechas por Navarrete y Vergara (1999) en árboles de *E. nitens* de 9 años de edad crecidos en Chile, mostraron valores del porcentaje de albura y duramen de 29,2 y 70,8%, respectivamente.

6.2.4 Quino y bolsas de resina

Ambos defectos se refieren al mismo exudado fenólico de color oscuro, denominado quino. Constituyen también una de las fuentes más comunes de degradación y rechazo en la madera aserrada y chapas de debobinado proveniente de los bosques nativos australianos. Las pequeñas venas de quino disminuyen la calidad visual de la madera aserrada y láminas mientras que las bolsas, más grandes, debilitan los materiales y pueden impedir los usos estructurales. Las causas de la formación de quino no son conocidas con total seguridad. Para una misma especie, la cantidad de quino parece depender de: (i) la intensidad del daño causado por elementos como fuego, insectos, daño mecánico o nudos secos, (ii) el espesor de la corteza, (iii) el vigor del árbol y (iv) otros factores genéticos y medioambientales, como heladas y sequías que inducen tensiones fisiológicas.

De acuerdo a Shield (1999) la madera de *E. nitens* está libre de quino, salvo en áreas nudosas, donde se concentra actuando como barrera efectiva contra el ataque de hongos.

6.2.5 Decoloración

Los cambios de color en la madera son producidos por la diferenciación de la madera de albura y duramen, además pueden deberse al ataque de hongos a través de los tocones de ramas y/o heridas, esto causa imperfecciones en la calidad de la madera. A veces estos síntomas aparecen en sitios alejados del punto de ingreso del hongo, por ejemplo, cerca del centro del árbol en frente de un nudo.

6.3 PROPIEDADES BÁSICAS

6.3.1 Características anatómicas

Paz y Pérez (1999), compararon las características micro y macroscópicas de una serie de maderas crecidas en Chile, incluyendo madera de *E. nitens*. Dentro de las características más importantes de las fibras se encuentra la longitud, espesor de la pared y diámetro de la fibra. Éstas aumentan con la edad y varían de acuerdo a la ubicación del árbol, tanto en sentido radial, como en altura, siendo mayor la variación en sentido radial (Tabla 31).

TABLA 31
CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE *E. nitens*
EN COMPARACIÓN CON *E. globulus*.

Propiedad	<i>E. nitens</i>		<i>E. globulus</i>
	10 años, Australia	15 años, Nueva Zelanda	10 años, Australia
Densidad (kg/m ³)	463,00	390,00 - 556,00	533,00
Perímetro de la fibra (mm)	-	19,00 - 21,60	-
Longitud de la fibra (mm)	0,97	0,78 - 0,95	0,93
Ancho de la fibra (mm)	0,20	-	0,21
Coarseness* (mg/100 m)	6,40	-	7,00

* Peso de la fibra por cada 100 m de ésta.

Fuente: Paz y Pérez, 1999

Se menciona que *E. nitens* y *E. globulus* son diferentes en sus características biométricas y en composición química (Paz y Pérez, 1999). Al respecto, la Tabla 32 muestra las propiedades biométricas de madera de *E. nitens* y *E. globulus* crecidos en Chile a distintas edades.

TABLA 32
CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE *E. nitens* Y
***E. globulus* EN CHILE.**

Propiedad	<i>E. nitens</i>					<i>E. globulus</i>				
	6 años	8 años	9 años	14 años	16 años	8 años	8 años	10-13 años	14 años	19 años
Longitud fibra (mm)	0,87	0,88	0,97	0,90	0,79	0,98	0,83	0,95	1,00	0,91
Ancho fibra (mm)	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-
Coarseness* (mg/100m)	4,90	-	6,70	7,10	6,70	-	4,10	-	7,60	8,00
Perímetro de la fibra (mm)	19,00-21,60	-	-	-	-	-	-		-	-

* Peso de la fibra por cada 100 m de ésta.

Fuente: Paz y Pérez, 1999

El número de vasos por unidad de área decrece con la edad (Lausberg et al., 1995). McKimm e Ilic (1987), determinaron que la frecuencia de vasos decrece desde la médula a la corteza. La frecuencia de vasos en *E. nitens* es de 12 a 14 por mm², mayor que en *E. globulus*, especie que presenta 5 a 7 vasos por mm² (Paz y Pérez, 1999). La presencia de vasos es importante para la impregnación, secado, encolabilidad, pintura y otros procesos.

6.3.2 Densidad

El estudio realizado por Rozas et al. (2003) con madera de plantaciones de *E. nitens* de 11 años de la Hacienda Rucamanqui en la VIII Región determinó valores promedio de la densidad básica de la madera entre 396 y 446 kg/m³ y contenidos de humedad en estado verde de 145 a 156%. De acuerdo a Prado et al. (1989) la densidad básica promedio de *E. nitens*, verde y seco, en la zona mediterránea de Chile es de 424 y 524 kg/m³, respectivamente. Otros datos se presentan en la Tabla 33.

TABLA 33
ESTIMACIONES DE DENSIDAD BÁSICA
PROMEDIO (D.B.) DE *E. nitens*.

Fuente	Edad	D.B. +/- S.D. (kg/m ³)
Rojas et al. (1993b)	4	459,3
Rojas et al. (1993b)	7	458,4
Rojas et al. (1993b)	8	457,4
Rojas et al. (1993b)	8	470,3
McKim & Ilic (1987)	8,5	480,0 +/- 28,0
Purnell (1988)	11,5	512,0 +/- 30,0
Orme (1992)	9	434,0 +/- 20,0
FAMASA (No publicado)	8	457,0 +/- 30,0

Donde: S.D: Desviación standard

En el árbol, la mayor variación de densidad ocurre en sentido radial y **la tendencia es a aumentar desde la médula hacia la periferia**. En altura, decrece desde el tocón hasta la altura de pecho y luego aumenta hacia la copa.

Un estudio de Yang y Waugh (1996) en árboles de *Eucalyptus* spp. crecidos en Australia, indica valores de densidad básica de 460, 478 y 554 kg/m³ en árboles de 15, 24 y 29 años, respectivamente.

Purnell (1988), realizó un estudio de la variabilidad de las propiedades físicas en la especie *E. nitens* de 11 años en Sudáfrica. Se evaluó la densidad, contenido de humedad, porcentaje de duramen y alabeos. Los resultados indican una gran variabilidad para muchas de las propiedades analizadas. El autor señala una relación entre la densidad y la procedencia de la semilla. La densidad aumentaba con la altura del árbol y el contenido de humedad.

McConchie y Ridoutt (1997) mencionan que desde 1991 se han irrigado 242 hectáreas en Whakarewarewa Forest, cerca de Rotorua (Nueva Zelanda). Estudios en las propiedades de madera de *E. nitens* creciendo en esas condiciones, revelaron reducciones de densidad de hasta un 10%.

6.3.3 Contenido de humedad

El rango del contenido de humedad de árboles de *E. nitens* varió entre 87 y 128%, con un promedio de 107%, según el estudio de Rozas (2002). El contenido de humedad aumentó desde el tocón (123%) hasta los 6,3 m (128%), y luego disminuyó con la altura hasta aproximadamente los 25 m (87%).

Purnell (1988) y más tarde Lausberg et al. (1995), determinaron que el contenido de humedad de *E. nitens* decrece linealmente después de los 2,4 m de altura del árbol hasta los 12 m y hasta la altura mayor, respectivamente.

6.3.4 Contracción

Sepúlveda y Urrutia (1996) evaluaron la contracción y realizaron un análisis de propagación del ultrasonido en los tres planos ortotrópicos de la madera de *E. nitens*, tanto al variar la posición radial como la altura en el árbol. Las mediciones de contracción se realizaron según las normas chilenas. Para el análisis de propagación del ultrasonido se empleó un método especial, por no estar normalizado este ensayo.

Los resultados confirman que la densidad básica aumenta con la altura del árbol. La velocidad de propagación del ultrasonido es mayor en la dirección longitudinal que en la radial, y en la radial mayor que en la tangencial. La contracción radial aumenta con la altura y la contracción tangencial disminuye.

Galletti (1996), determinó valores de contracción para madera de 10 años de edad con densidad de 440 kg/m³ secada al vacío. Los valores registrados fueron de 3,8 y 14,1% para contracción radial y tangencial, respectivamente.

Navarrete y Vergara (1999), determinaron valores de contracción radial y tangencial de 7,5 y 13,8%, respectivamente, en madera radial proveniente de árboles de 9 años de edad, cuya densidad básica promedio era de 443 kg/m³.

Según estudio de Rozas et al. (2003) la contracción radial puede variar entre 2,4 y 5,8%, la contracción tangencial entre 5,7 y 10,0% y la contracción volumétrica entre 8,1 y 14,2%, para llegar a un contenido de humedad del 10%.

6.3.5 Composición química de la madera

La composición química es importante desde el punto de vista de la forma en que influyen los componentes en los diferentes usos que se le pueden dar a la madera y especialmente en el pulpaje (Paz y Pérez, 1999).

La Tabla 34 muestra la composición química de la madera de *E. nitens* de dos edades en Nueva Zelanda, en contraste con madera de *E. globulus*.

TABLA 34
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA MADERA DE
***E. nitens* EN COMPARACIÓN CON *E. globulus*.**

Propiedad	<i>E. nitens</i>		<i>E. globulus</i>
	7 años, Nueva Zelanda	15 años, Nueva Zelanda	10 años, Australia
Hemicelulosa (%)	28,7-33,1	-	-
Celulosa (%)	35,5-44,0	-	45,0
Carbohidratos (%)	66,3-74,2	59,0-63,4	-
Lignina (%)	-	25,1-29,7	27,0
Glucano (%)	36,5-45,0	-	-
Xylanos (%)	16,4-19,9	-	-

Fuente: Paz y Pérez, 1999

La Tabla 35 muestra la composición química de *E. nitens* en 5 sitios de Chile.

TABLA 35
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA MADERA COMPARANDO *E. nitens*
(EN) Y *E. globulus* (EG) SEGÚN DIFERENTES SITIOS.

Sitio	Holocelulosa (% bmsle)		α -celulosa (% bmsle)		Lignina (% bmsle)		Extr alcohol (% bms)	
	EN	EG	EN	EG	EN	EG	EN	EG
Leonera	82,6	83,7	46,8	50,0	21,7	20,4	1,8	1,3
Antiquina	83,9	84,8	47,3	50,4	21,5	20,3	1,8	1,0
Malleco	83,3	-	47,9	-	21,2	-	1,1	-
Escuadrón	-	85,2	-	52,0	-	19,7	-	1,0
Escuadrón	-	82,6	-	50,2	-	23,0	-	1,4

Fuente: Paz, 1993

Donde: bms : Base madera seca
bmsle : Base madera seca libre de extraíbles

El valor promedio de holocelulosa en *E. nitens* fue de 83,3%, inferior al obtenido con *E. globulus* que alcanzó el 84,1%, sin embargo no se observan diferencias significativas entre los distintos sitios. El contenido de holocelulosa presenta una relación inversa al contenido de α -celulosa y lignina. *E. nitens* presenta un menor porcentaje de α -celulosa que *E. globulus*, los valores promedios fueron 47,3 y 50,6%, respectivamente. Respecto a los extraíbles en alcohol-benceno los valores son bajos, y no superan el 1,8%, presentando *E. nitens* mayores valores que *E. globulus* (Paz, 1993).

La Tabla 36 muestra la composición química de madera de *E. nitens* y *E. globulus* de distintas edades de plantación. Se puede apreciar que las características químicas son muy similares, notándose un menor contenido de lignina y mayor contenido de holocelulosa en *E. globulus*.

TABLA 36
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA MADERA DE
***E. nitens* (EN) Y *E. globulus* (EG) SEGÚN DIFERENTES EDADES.**

Componente	<i>E. nitens</i>				<i>E. globulus</i>			
	9 años	10 años	14 años	16 años	10-13 años	8 años	14 años	19 años
Holocelulosa (%)	73,00	74,70-78,00	82,60	83,90	81,00	82,60	85,20	83,70
Celulosa (%)	41,40	-	-	-	56,00	-	-	-
α -celulosa (%)	-	-	46,80	47,30	-	50,20	52,00	50,00
Lignina (%)	22,40	23,50-24,80	21,70	21,50	21,00	23,00	19,70	20,40
Alcohol (%)	-	-	1,80	1,80	-	1,40	1,00	1,30
D.C.M. (%) bms	0,33	0,22-0,35	-	-	0,32-0,42	-	-	-

Fuente: Paz y Pérez, 1999

El duramen presenta un alto contenido de extraíbles, entre éstos se encuentran el ácido eláxico, que es de gran importancia, ya que se le asocia con problemas de pulpaje y el empleo de adhesivos, según estudio de Hillis y Brown (1978 citado por Paz y Pérez, 1999).

6.4 PROPIEDADES MECÁNICAS

McKimm (1985) realizó ensayos para determinar las propiedades mecánicas de *E. nitens*, considerando madera seca y verde. Los resultados mostraron que las propiedades mecánicas son relativamente bajas para árboles maduros, pero comparables a las de *P. radiata*, por lo que considera que la madera es adecuada para fines estructurales.

Yang y Waugh (1996) muestran los resultados de resistencia mecánica de la madera de árboles provenientes de plantaciones de *E. nitens* de 15 a 29 años, con fines estructurales. Se destaca la presencia de nudos en *E. nitens*, lo que disminuye la calidad de la madera. Se concluye que la madera ensayada presenta buenas características para utilizarla con fines estructurales y en aplicaciones similares a las de maderas de coníferas.

En la Tabla 37 se presentan los resultados promedio para el ensayo de compresión paralela obtenidos en madera joven y adulta. En este ensayo el comportamiento es similar al ensayo de flexión; es decir, la madera adulta presenta mejor comportamiento mecánico y mayor densidad que la madera juvenil.

TABLA 37
DENSIDAD Y RESISTENCIA EN COMPRESIÓN PARALELA
DE *E. nitens*, *E. regnans* Y *E. globulus*.

Especie	Edad (años)	Densidad básica (kg/m ³)		MOR (MPa)	MOE (GPa)
		Madera juvenil	Duramen externo		
<i>E. regnans</i>	15	459,6	443,5	43,3	10,3
	22	482,2	484,6	38,5	10,2
	30	554,9	575,4	53,2	12,9
<i>E. nitens</i>	14	474,1	442,9	33,6	9,0
	24	434,5	448,7	41,3	10,5
	28	481,2	522,6	60,2	11,8
<i>E. globulus</i>	19	542,2	614,3	42,0	12,3
	21	602,8	674,1	62,5	15,6
	33	564,5	653,2	63,6	16,0

Fuente: Waugh y Yang, 1993, citado por Northway y Waugh, 1999

Donde: MOR: Módulo de ruptura en compresión paralela
 MOE: Módulo de elasticidad en compresión paralela

Los primeros estudios realizados en Chile con respecto a las propiedades de la madera, fueron iniciados por Pérez (1983). Estos resultados fueron recopilados por Prado et al. (1989), y se muestran en la Tabla 38.

TABLA 38
DENSIDAD Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE *E. nitens*.

Propiedades	Madera verde	Madera seca
Densidad básica (Kg/m ³)	380 a 467	427 a 563
Modulo ruptura (MPa)	55,8 a 73,9	84,6 a 117,8
Modulo elasticidad (MPa)	8.150 a 11.200	10.260 a 13.390
Compresión paralela (MPa)	24,9 a 30,4	56,4
Tracción normal (MPa)	4,2 a 4,7	3,6
Dureza normal (N)	3.697 a 4.560	3.217 a 5.766
Tenacidad tangencial (N/mm)	31,1 a 49,1	19,6 a 26,6
Clivaje tangencial (N/mm)	62 a 81	59 a 88
Cizalle tangencial (N/mm)	81 a 100	109 a 142

Fuente: Prado et al., 1989

Muñoz y Sánchez (1998) realizaron un estudio de las propiedades mecánicas de *E. nitens*, en madera juvenil y adulta (8 años de edad para la madera juvenil y 25 años para la madera adulta). Los ensayos realizados fueron compresión paralela y perpendicular, flexión estática y dureza al 12% CH.

Los resultados obtenidos mostraron que la madera adulta superó en resistencia mecánica a la madera juvenil en un 11,2% en el ensayo de compresión paralela, 16,3% en flexión estática y en 12,97% en dureza. Por otro lado, la madera juvenil superó en un 3,3% a la madera adulta en el ensayo de compresión perpendicular. En la madera adulta se observó que los mayores valores de resistencia se obtuvieron en los estratos de mayor altura.

Hernández (2001) estudió el comportamiento físico-mecánico a cuatro distintos niveles de altura (0; 25; 50 y 75%) en árboles adultos y juveniles de las especies *E. nitens*, *E. regnans* y *E. globulus*. Se evaluaron las propiedades de flexión estática, dureza, compresión paralela y perpendicular a las fibras; además del contenido de humedad al momento del ensayo y la densidad básica. En todos

los ensayos, y para todas las especies, se obtuvieron mayores densidades y un mejor comportamiento mecánico de la madera adulta respecto de la madera juvenil. *E. globulus* presentó la mayor densidad básica, seguido de *E. nitens* y *E. regnans*. En compresión perpendicular, *E. nitens* y *E. globulus* no difieren significativamente en su comportamiento. En el ensayo de dureza, en tanto, se detectaron diferencias significativas entre las especies, observándose en *E. globulus* los mayores valores. En compresión paralela no se presentan diferencias estadísticamente relevantes. El análisis estadístico realizado para las diferentes especies y niveles de altura señala mayores valores y diferencias significativas hacia los últimos estratos en todos los ensayos con madera adulta. En madera juvenil, en tanto, los estratos no presentan diferencias estadísticamente significativas. En el ensayo de compresión, las fallas producidas fueron mayormente del tipo aplastamiento y rajado, mientras que en flexión las mayores fallas ocurrieron por tracción simple y tracción por grano inclinado.

En la Tabla 39 se presentan los resultados de los ensayos de flexión, compresión y dureza obtenidos en madera joven y adulta para cada especie, observándose que la madera adulta presenta un mejor comportamiento que la madera juvenil. En general, la especie *E. regnans* entrega el mejor comportamiento en el ensayo de flexión, seguido por *E. globulus* y *E. nitens*.

Al analizar las propiedades físico-mecánicas según estrato en altura, los autores visualizaron que, en general, la altura no constituye un parámetro decisivo en el aumento o disminución de las propiedades; sin embargo, existe una leve tendencia al aumento de las propiedades mecánicas y la densidad, en todos los ensayos y especies, a medida que nos acercamos a los últimos estratos.

En madera adulta, la mayoría de los parámetros determinados señalan los mayores valores de resistencia hacia el tercer estrato, mientras que para madera joven lo presenta en el segundo. Ambos tipos de madera tienden a disminuir sus propiedades en el último estrato. Hernández (2001) concluyó que en todos los ensayos existen diferencias significativas entre madera adulta y joven.

TABLA 39
RESULTADOS PROMEDIO PARA ENSAYOS DE FLEXIÓN,
COMPRESIÓN Y DUREZA EN TRES ESPECIES DE *Eucalyptus*.

Propiedad	Indicador	Especie					
		E. regnans		E. globulus		E. nitens	
		Joven	Adulta	Joven	Adulta	Joven	Adulta
Flexión							
F _{lp} (kg/cm ²)	Promedio	542,26	693,78	523,35	563,33	399,63	471,58
	D. Estándar	94,48	155,64	127,60	223,35	67,10	86,21
E _f (ton/cm ²)	Promedio	108,11	152,84	82,88	101,84	70,21	88,67
	D. Estándar	13,07	29,27	12,92	27,29	11,06	15,13
R _f (kg/cm ²)	Promedio	814,52	1.191,09	907,02	1.037,73	779,93	892,17
	D. Estándar	106,44	251,95	153,92	317,84	112,72	104,76
S _{og} (kg/m ³)	Promedio	439,00	462,00	460,00	545,00	426,00	495,00
	D. Estándar	0,03	0,04	0,05	0,07	0,03	0,07
F _{lp} : Tensión en el límite proporcional E _f : Módulo de elasticidad R _f : Módulo de rotura S _{og} : Densidad Básica D : Desviación							
Compresión paralela							
F _{cp} (kg/cm ²)	Promedio	344,64	439,44	325,52	294,93	324,61	375,22
	D. Estándar	52,60	76,36	65,15	92,22	59,58	67,97
R _{cp} (kg/cm ²)	Promedio	390,15	496,55	425,93	464,12	383,80	454,89
	D. Estándar	46,11	79,32	85,60	105,8	54,88	72,64
S _{og} (kg/m ³)	Promedio	429,00	447,00	443,00	525,00	447,00	460,00
	D. Estándar	0,05	0,04	0,05	0,07	0,04	0,05
F _{cp} : Tensión en el límite proporcional R _{cp} : Tensión máxima de rotura S _{og} : Densidad Básica D : Desviación							
Compresión normal							
F _{cn} (kg/cm ²)	Promedio	28,92	30,34	68,84	67,36	74,75	69,17
	D. Estándar	3,08	8,50	12,24	14,71	14,40	14,39
R _{cn} (kg/cm ²)	Promedio	88,38	93,43	102,68	97,31	101,60	95,81
	D. Estándar	5,79	18,50	20,99	18,83	13,95	18,34
S _{og} (kg/m ³)	Promedio	375,00	408,00	451,00	541,00	417,00	490,00
	D. Estándar	0,07	0,04	0,03	0,07	0,02	0,06
F _{cn} : Tensión en el límite proporcional R _{cn} : Tensión máxima de rotura S _{og} : Densidad Básica D : Desviación							
Dureza (Test Janka)							
R _{dn} (kg)	Promedio	276,72	366,10	415,89	491,90	320,51	362,73
	D. Estándar	42,51	77,22	63,41	100,07	51,82	95,19
R _{dp} (kg)	Promedio	447,59	494,52	562,86	619,20	446,67	484,73
	D. Estándar	52,46	97,13	91,66	136,90	101,92	138,40
S _{og} (kg/m ³)	Promedio	375,00	409,00	451,00	541,00	407,00	483,00
	D. Estándar	0,07	0,04	0,03	0,07	0,03	0,07
R _{dn} : Carga máxima normal (kg) R _{dp} : Carga máxima paralela (kg) S _{og} : Densidad Básica D : Desviación							

Fuente: Hernández, 2001

6.5 UTILIZACIÓN

A nivel mundial, el destino más común de la mayoría de las especies de *Eucalyptus* ha sido la producción de pulpa o su uso como combustible. En muchos países se utiliza la madera de *Eucalyptus* proveniente de plantaciones sin ralea y sin podar para la producción de tablas aserradas de baja calidad, sin secar, que se usan esencialmente como material de embalaje (cajones para fruta, pallets, etc.). Además de estos usos el *E. nitens*, ha sido empleado en la elaboración de madera aserrada, piezas para muebles, chapas y tableros, entre otros. A continuación se presentan los diversos usos y procesos de transformación de la madera de *E. nitens*.

6.5.1 Producción de pulpa

La producción de pulpa de fibra corta en nuestro país se basa principalmente en la especie *E. globulus*, y en menor cantidad se emplea *E. nitens*. Se han realizado diversos estudios que intentan evaluar el comportamiento de estas especies en la fabricación de pulpa.

Paz (1991), determinó el largo de la fibra en árboles de *E. nitens* y *E. globulus*, a la misma edad, obteniendo valores de 0,88 y 0,98 mm, respectivamente. Un estudio comparativo de *E. nitens* y *E. globulus*, de 10 años de edad, entregó los valores que se presentan en la Tabla 40.

TABLA 40
CARACTERÍSTICAS PULPABLES DE *E. nitens* Y
***E. globulus* (10 AÑOS)**

Especie	REV. PFI	V. ESP. (cm ³ /g)	Opacidad (%)	I. Tensión (Nm/g)	I. Explos. (KPam ² /g)	I. Rasgado (mNm ² /g)	Porosidad (s/100 cc)
<i>E. globulus</i>	0	1,76	82,70	30,50	2,20	5,10	1,30
	4.000	1,36	78,70	74,40	6,00	7,90	8,10
	8.000	1,26	78,10	87,40	6,70	7,90	14,60
	12.000	1,23	76,70	90,40	7,50	8,10	27,80
<i>E. nitens</i>	0	1,45	84,70	42,90	3,50	7,50	4,30
	4.000	1,19	79,30	80,80	7,00	6,90	30,10
	8.000	1,11	75,10	90,50	8,40	6,50	108,40
	12.000	1,07	72,30	91,00	8,90	6,20	217,00

Fuente: Paz, 1991

Donde:

REV : Revoluciones;

V. ESP : Volumen específico;

I : Índice

En cuanto a las características pulpables, *E. nitens* presenta una mayor resistencia a la tensión y a la explosión, mayor densidad de la hoja y menor porosidad con respecto a *E. globulus*. Por otra parte, las pulpas de *E. globulus* presentan una mayor resistencia al rasgado, alta porosidad y baja densidad de la hoja.

Peredo (1999) presenta los resultados obtenidos en un estudio orientado a caracterizar la madera y evaluar la aptitud pulpable de *E. globulus*, *E. nitens* y *E. regnans* de cuatro clases de edad: 5-7, 8-10, 11-13 y 14-16 años, de predios pertenecientes a Bosques Arauco y Forestal Valdivia. Los resultados obtenidos confirman que la madera de *E. globulus*, respecto de la densidad, rendimiento clasificado, rendimiento volumétrico y productividad de pulpa, presenta mejores características que la de *E. nitens* y *E. regnans*. Se confirma el efecto de la edad de la madera sobre su densidad, rendimiento volumétrico y productividad de la pulpa a mayor edad, se aprecia mayor densidad, mayor cantidad de pulpa obtenida por m³ de madera procesada y por lo tanto, menor cantidad de materia prima para producir una tonelada de celulosa. El detalle de los resultados obtenidos en esta investigación se presenta en la Tabla 41.

TABLA 41
EVALUACIÓN PULPABLE DE *E. nitens* (EN)
Y *E. globulus* (EG)

	Edad 5-7 años		Edad 8-10 años		Edad 11-13 años		Edad 14-16 años	
	EN	EG	EN	EG	EN	EG	EN	EG
Madera								
Densidad básica (kg/m ³)	429,00	466,00	433,00	492,00	472,00	522,00	-	544,00
Contenido de extraíbles (%)	0,43	0,35	0,65	0,51	0,72	0,39	-	0,36
Contenido de lignina (%)	-	-	21,50	20,00	21,50	19,70	-	19,20
Cocciones							-	
Rendimiento clasificado (%)	49,70	51,40	50,60	54,00	51,90	54,30	-	54,70
Fibra							-	
Longitud fibra (mm)	0,62	0,72	0,66	0,79	0,77	0,80	-	0,85
Coarseness* pulpa (mg/100 m)	7,00	7,50	6,70	7,60	6,90	8,75	-	8,80

* Peso de la fibra por cada 100 m de ésta.

Fuente: Peredo, 1999

El rendimiento volumétrico (kg de celulosa/m³ de madera) y el específico de madera (m³/ADt) son los parámetros que permiten evaluar el rendimiento de la materia prima en función de la densidad básica de la madera y del rendimiento clasificado. Estos valores permiten además, considerando la productividad de los bosques, establecer estrategias de abastecimiento de las plantas de celulosa. A mayor edad de la plantación mayor rendimiento volumétrico y productividad de la pulpa (Peredo, 1999). La Tabla 42 muestra el rendimiento volumétrico y productividad de pulpa para *E. nitens* y *E. globulus*.

TABLA 42
RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO Y ESPECÍFICO
DE MADERA SEGÚN ESPECIE

Parámetro	Edad 5-7 años		Edad 8-10 años		Edad 11-13 años		Edad 14-16 años	
	EN	EG	EN	EG	EN	EG	EN	EG
Rendimiento volumétrico (kg/m ³)	213	240	219	258	245	274	-	287
Productividad pulpa (m ³ /ADt)	4,69	4,07	4,56	3,73	4,08	3,55	-	3,33

Fuente: Peredo, 1999

Donde: ADt: Tonelada seca al aire

El rendimiento volumétrico de *E. globulus* es de 13 a 19% superior al de *E. nitens*. Para producir una tonelada de celulosa seca al aire (ADt) usando *E. nitens* se necesita un 13, 18 y 13% más de madera que de *E. globulus* al utilizar árboles de 5 a 7, de 8 a 10 y de 11 a 13 años, respectivamente. La Tabla 43 muestra una simulación del volumen de madera y la superficie necesaria para abatecer una fábrica de celulosa de una determinada capacidad (250.000 ton/años) (Peredo, 1999).

TABLA 43
PRODUCTIVIDAD DE PULPA, VOLUMEN Y
RENDIMIENTO SEGÚN ESPECIE

Parámetro	Edad 5-7 años		Edad 8-10 años		Edad 11-13 años		Edad 14-16 años	
	EN	EG	EN	EG	EN	EG	EN	EG
Productividad pulpa (m ³ /Adt)	4,69	4,07	4,56	3,73	4,08	3,55	-	3,33
Volumen anual (Miles m ³)	1.173	1.018	1.140	933	1.020	888	-	833
Rendimiento bosque (m ³ /ha)	83	74	191	170	294	262	-	323
Superficie anual (ha)	14.133	13.757	5.969	5.488	3.469	3.389	-	2.579

Fuente: Peredo, 1999

No obstante el mayor rendimiento de *E. nitens* (m³/ha) en todas las clases de edad estudiadas, se requiere una mayor superficie en producción para satisfacer una fábrica de celulosa de igual capacidad de producción, en comparación con *E. globulus*. Además, su menor densidad influye posteriormente en los precios en que la pulpa es transada en los mercados. Esto genera un problema a los propietarios de bosques de *E. nitens*, quienes ven disminuidas sus opciones de ingreso.

En las Tablas 44 y 45 se presentan los resultados de un estudio realizado por Paz (1993) en relación al pulpaje de *E. nitens* (árbol completo y madera juvenil y madura).

TABLA 44
ENSAYOS DE PULPAJE: ÁRBOL COMPLETO
SEGÚN ESPECIE Y ORIGEN DE LA MADERA.

Sitio	Tiempo a temperatura max (min)		Índice kappa (-)		Rendimiento total (% bms)	
	EN	EG	EN	EG	EN	EG
Leonera	100	56	13,9	13,8	52,6	53,6
Antiquina	88	85	15,4	13,0	52,7	53,6
Malleco	100	-	13,6	-	52,9	-
Escuadrón	-	61	-	14,0	-	54,8
Escuadrón	-	86	-	14,2	-	50,8

Fuente: Paz (1993)

TABLA 45
ENSAYO DE PULPAJE: TIPO DE MADERA
SEGÚN ESPECIE Y ORIGEN.

Sitio	Tipo madera	Índice kappa (-)		Rendimiento total (% bms)	
		EN	EG	EN	EG
Leonera	Juvenil	15,6	15,6	51,0	51,2
	Madura	14,5	13,8	54,1	54,7
Antiquina	Juvenil	14,9	14,8	51,2	51,7
	Madura	14,4	12,6	54,8	55,2
Malleco	Juvenil	14,8	-	51,4	-
	Madura	14,0	-	54,7	-
Escuadrón	Juvenil	-	14,3	-	52,0
	Madura	-	13,4	-	56,0
Escuadrón	Completo	-	14,2	-	50,8

Fuente: Paz (1993)

Analizando la relación rendimiento total pulpaje vs. índice kappa se ordenan de mayor a menor rendimiento: *E. regnans*; *E. globulus*; *E. nitens*; *E. delegatensis*; *E. fastigata* y *E. globulus* ssp. *Maidenii* (Paz, 1993).

6.5.2 Madera aserrada

6.5.2.1 Aserrio

La madera de *Eucalyptus* presenta mayores problemas de aserrio que otras especies, debido fundamentalmente a que desarrolla tensiones internas, que se traducen en colapso y rajaduras.

Estudios de CSIRO³ (1999), recomiendan una rotación de la plantación de a lo menos 20 años, lo que permitiría utilizar trozas de 50 cm de diámetro, para obtener madera aserrada en corte radial. La investigación menciona que es fundamental realizar un buen manejo de las plantaciones para obtener buenos resultados y favorecer así la obtención de piezas de primera calidad.

Navarrete y Vergara (1999) estudiaron tres diagramas de corte: radial, tangencial y tangencial modificado. El mejor aprovechamiento se obtuvo con el diagrama de corte radial (14,74%), aumentando a medida que se incrementa el diámetro del trozo. Sin embargo, la calidad de la madera se ve afectada por los numerosos nudos que presenta.

La empresa Colcura S.A. minimiza el número de cortes por troza y maximiza el rendimiento, reduciendo al máximo el uso de la albura del trozo en madera aserrada y descartando la presencia de la médula. En el aserrio de *Eucalyptus* el objetivo buscado es optimizar los esquemas de corte en función de un mejor aprovechamiento de la materia prima y de un máximo porcentaje de madera radial. La Tabla 46 muestra tres calidades comerciales de madera aserrada de *E. globulus*.

TABLA 46
DEFINICIÓN DE CALIDADES DE MADERA ASERRADA (COLCURA S.A.)

CALIDAD	DEFINICIÓN
I-III	Pieza de madera que entrega como mínimo un 75% de aprovechamiento. Debe haber un tramo aprovechable mínimo de 6 pies de largo, y otros restantes mayores a un pie y medio de largo, los que deben ser libres de defectos
IV	Pieza de madera que entregue como mínimo un 50% de aprovechamiento, con tramos aprovechables dentro de la pieza mayores a un pie y medio, los que deben estar libres de defectos
V	Pieza de madera que entregue como mínimo un 25% de aprovechamiento, con tramos aprovechables dentro de la pieza mayores a un pie y medio, los que deben estar libres de defectos

Fuente: Navarrete y Vergara, 1999.

Las recomendaciones básicas en el proceso de aserrio son:

Utilizar trozas cortas, preferentemente de una longitud no mayor a 3 metros.

Utilizar sistemas de aserrio que liberen las tensiones de crecimiento simultáneamente en ambos lados de las trozas, basas o tablas, es decir líneas de producción con sierras dobles y, preferentemente, sierras múltiples.

Al efectuar el primer corte de la troza, limitar el ancho de los costeros de tal forma que el espesor del cuerpo residual de la troza no sea inferior a dos tercios (67%) del diámetro total de la troza. Esta regla debe respetarse también al voltear la troza en 90 grados para efectuar el siguiente par de cortes simultáneos.

³ CSIRO: Commonwealth Scientific & Industrial Research Organisation.

Mantener pequeñas las secciones aserradas, no intentar efectuar cortes anchos y gruesos, especialmente en las caras iniciales.

Apilar inmediatamente todas las tablas aserradas en castillos utilizando una práctica de apilamiento de muy alto estándar, y mantener los castillos cubiertos y correctamente delimitados.

Reducir al mínimo el tiempo entre la operación de volteo y la conversión de las trozas. Si no se puede evitar el almacenamiento de las trozas antes del aserrado, rociarlas con agua. Es altamente aconsejable mantener la máxima longitud posible de las trozas durante las operaciones de cosecha, transporte y almacenamiento, y trozarlas en los largos requeridos por el proceso de transformación inmediatamente antes del aserrio.

Si es posible, seleccionar las trozas de mayor diámetro para la transformación, especialmente si la política de producción incluye productos de alto valor. Evitar las trozas que tienen defectos aparentes, como perforaciones por insectos, grano en espiral y corazón descompuesto o descentrado.

Del conjunto de consideraciones anteriores, queda claro que la madera aserrada a partir de plantaciones sin raleo ni podar consistirá predominantemente de piezas pequeñas en sus diferentes dimensiones, con el tipo de defecto que se describe a continuación.

En base a los antecedentes descritos por PRAIFF II (1996), a continuación se describen algunas características inherentes de los eucaliptos que dificultan cualquier tipo de procesamiento que no sea la fabricación de pulpa.

a) Grano en espiral

El defecto consiste en el crecimiento de las fibras en forma de espiral en lugar de adoptar una dirección vertical con respecto al eje del árbol. Cuando es excesivo y persistente, este defecto puede llegar a significar la inutilidad económica de la madera para destinos de alto valor.

b) Tensiones de crecimiento

Las tensiones de crecimiento son un conjunto de fuerzas de tracción y compresión que se desarrollan en el árbol en pie, como resultado del crecimiento y ampliación de los tejidos.

Los efectos de las tensiones de crecimiento durante el procesamiento de la madera y aserrado de *Eucalyptus* incluyen el desarrollo de grietas radiales en las trozas durante y después del volteo, que aumentan en el proceso de transformación y formación de rajaduras durante el secado del producto. También se presenta un desarrollo inmediato de una arqueadura en la madera aserrada obtenida con corte tangencial y de una encorvadura cuando se efectúa un corte radial. La expresión de estos defectos es más severa en trozas largas, dado que el radio de la curvatura decrece con el cuadrado de la longitud de la troza, y menos severa en trozas de gran diámetro. También es posible la aparición de una curvatura o cara 'arqueada' en la troza residual cuando se cortan tablas con un carro de sierra convencional. Un efecto similar puede observarse en el reaserrado. Las tensiones internas también pueden afectar la maquinaria, produciendo un 'curvado' de la hoja de sierra debido a las fuerzas de compresión.

La intensidad de estas tensiones es muy variable entre especies, en distintos lugares, entre árboles adyacentes de la misma especie, y alturas del mismo árbol, sin embargo, se reconoce generalmente que los efectos de las tensiones de crecimiento disminuyen con el incremento diamétrico (obtenido mediante raleo y/o extensión de la rotación). Esto se atribuye a los gradientes decrecientes de las tensiones con diámetros crecientes antes que a una disminución de la intensidad de las tensiones mismas.

Diversas técnicas han sido probadas para minimizar los efectos de las tensiones de crecimiento de la madera antes de su transformación. En los bosques, estas técnicas incluyen la muerte del árbol algún tiempo antes de su volteo y la defoliación parcial con herbicidas. Para los rollizos, las técnicas incluyen el secado al aire de las trozas descortezadas, su almacenaje en agua o bajo pulverización, su calentamiento con vapor o agua caliente, la práctica de incisiones en sus extremos, el revestimiento de sus extremos con grasa o cera impermeable, y la aplicación de anillos de metal o plaquetas en sus extremos.

Para el proceso de debobinado se recomienda el calentamiento de los rollizos con vapor o su inmersión en agua a una temperatura cercana a los 60°C, no sólo porque este procedimiento parece reducir la intensidad de las tensiones, sino también porque produce chapas mucho más lisas.

c) Nudos

La madera de *E. nitens*, más que la de *E. globulus*, tiene una alta incidencia de nudos por falta de poda natural, hecho que exige la poda artificial (Shield, 1999). Ésta sería una gran limitante para obtener productos de alto valor. Los nudos constituyen un defecto de mayor importancia en los rollizos de plantaciones, incluso en los de excelente forma y sana apariencia. No sólo contribuyen directamente a las imperfecciones en productos elaborados, sino que también están muchas veces asociados a otros defectos, como la desviación del grano y la descomposición, lo que necesariamente implica observar cierta prudencia en la poda de *Eucalyptus*, la cual es altamente recomendable, precisamente para minimizar los defectos asociados a los nudos. Las observaciones anteriores llevan a la conclusión de que, en una situación ideal, la utilización de trozas de *Eucalyptus* plantados para su conversión en madera aserrada seca y/o láminas de debobinado, debería restringirse a aquellas provenientes de plantaciones manejadas, en las cuales la poda (para minimizar el diámetro del centro nudoso) y el raleo (para maximizar el crecimiento diamétrico) sean una práctica rutinaria.

d) Contracción y colapso

En muchas especies de *Eucalyptus* es común encontrar altos niveles de contracción normal y en ciertos casos de contracción anormal o colapso.

El reacondicionamiento es un tratamiento común en la madera de *Eucalyptus*, en el que se aplica vapor a la madera aserrada seca o parcialmente seca, con el propósito de revertir el colapso. La diferencia entre los valores de contracción antes y después del reacondicionamiento indica el grado de colapso que experimentó la madera.

e) Madera de reacción

Esta madera aparece en la parte superior de fustes inclinados en plantaciones de *Eucalyptus*. Se caracteriza por tener fibras con una capa 'gelatinosa', no lignificada y de alta densidad, del lado del lumen de la pared secundaria. A veces se reconoce como una zona de color más oscuro. La madera de reacción desarrolla una contracción longitudinal anormalmente alta cuando se seca.

6.5.2.2 Secado

La madera de *E. nitens* se caracteriza por una rápida evaporación superficial del agua contenida en la madera, generándose altos gradientes de humedad, rápidas contracciones superficiales y tensiones de secado bajo el punto de saturación de las fibras (PSF), lo que origina grietas superficiales e internas (Rozas, 2002).

Tradicionalmente, el secado de los eucaliptos ha involucrado la combinación de un secado al aire durante unos 4 a 8 meses (preferentemente en invierno para que el secado se realice en condiciones suaves, dada la temperatura y humedad relativa), desde que la madera está recién aserrada hasta que alcanza un contenido de humedad del 25-30% (punto de saturación de las fibras), y un secado posterior en cámara de aire caliente climatizado para alcanzar una humedad final del 10-12%, proceso último que puede durar entre 15-30 días (CIFOR-INIA; Touza y Sanz, s.f.).

Con este tipo de secado se busca minimizar la ocurrencia de defectos como colapso, agrietamiento superficial e interior, tensiones internas y deformaciones, sin embargo en el secado al aire no se pueden controlar las condiciones ambientales y por ello es habitual la aparición de defectos, obteniéndose además contenidos de humedad muy dispares en las tablas que forman la partida. Junto a esto el elevado tiempo de secado al aire conlleva periodos de rotación de existencias elevados, con los consiguientes perjuicios desde el punto de vista comercial y financiero (Touza y Sanz, s.f.).

De esta manera, estudios realizados en España, Australia y Chile han determinado la conveniencia de sustituir el secado al aire por un presecado en cámara (a 27°C de temperatura y 80% de humedad relativa), lo que permitiría disminuir el contenido de humedad de la madera desde un 65 hasta un

30% en unos 15 días, para luego ingresar la madera a cámara para alcanzar una humedad final del 12% en 15 días. En este proceso se debe aplicar varias etapas de acondicionamiento de la madera por medio de vaporización, durante periodos cortos de tiempo, para lograr una distribución homogénea del contenido de humedad. Si a esto se agrega una selección previa de la madera (edad adecuada, orientación radial, etc.), es posible obtener una buena calidad de secado, sin presencia significativa de defectos como colapso o grietas.

Estudios de secado realizados en Chile con *E. nitens* de 11 años de edad (Rozas et al., 2003), han considerado un secado al aire por 5 meses, que permite disminuir el contenido de humedad desde 145-156% a 36%, luego del cual se ingresa la madera a cámara. Los mejores resultados se presentan en programas de secado que consideran vaporizado progresivo en sus temperaturas y por un período de 24 horas, con tiempos de reacondicionado de 6 horas, y un acondicionado final, realizando un igualado y un acondicionado por 24 horas. Los tiempos de secado fluctuaron entre 22 a 43 días, dependiendo del programa de secado empleado, a partir de un contenido de humedad inicial de 145-159% hasta 10%. Después de pre-secado al aire la madera, el tiempo de secado fue de 7 días, desde un contenido de humedad de 36 hasta 10%. Al final del proceso de secado presentó un contenido de humedad entre 11 y 13%, un gradiente de humedad entre 0-1,1 % y las tensiones de secado entre 0,1-1,3 mm, respectivamente. Las temperaturas de secado empleadas no deben exceder los 60°C.

Entre los principales defectos que se originan a partir del secado destacan:

a) Colapso

Wilkins y Wilkes (1987) estudiaron el colapso de bloques de maderas duras secas de varias especies, *E. nitens* entre ellas. El colapso normalmente ocurrió en la periferia de un bloque de madera cuando las fibras estaban ilesas. Las fibras dañadas al borde no se colapsaron, pero las fibras adyacentes frecuentemente lo hicieron, lo que indica la presencia de un verdadero colapso en el lugar, producto de las fuerzas que se generaron al interior del bloque. Los resultados apoyan la teoría de tensión hidrostática del colapso.

Según Rozas et al. (2003) la recuperación del colapso de *E. nitens* es buena cuando este tratamiento se realiza a un contenido de humedad promedio de las tablas de 17%.

b) Grietas y alabeos

Con respecto a las grietas de secado Galletti (1996), determinó que éstas eran severas en *E. nitens*.

A partir del estudio de Rozas et al. (2003) se determinó que la presencia de grietas en la madera fluctuó entre 20 y 77% para las grietas internas, 5 y 42% para las superficiales y desde 0 a 15% en los extremos. La madera presecada al aire no presentó grietas durante el secado convencional. El alabeo con mayor presencia fue la encorvadura.

6.5.3 Madera elaborada

Para una correcta y eficiente fabricación de madera elaborada, es necesario conocer las condiciones de operación de los procesos de transformación secundaria de la madera de *E. nitens*, tales como cepillado, torneado y lijado, entre otros.

Canales y Orellana (1998) realizaron un estudio con el propósito de evaluar la trabajabilidad de la madera de *E. nitens* mediante tres ensayos (torneado, lijado y cepillado), y analizar el comportamiento que presenta esta especie frente a estos procesos. La investigación se desarrolló con la cooperación del Instituto Forestal quien facilitó la madera (adulto y juvenil) para los ensayos.

El ensayo de torneado presentó mejores resultados en las zonas en que la herramienta se dirige en bajada. El ensayo de cepillado determinó que al aumentar el número de cuchillos en el cabezal y a medida que disminuye la velocidad de avance es mejor el acabado superficial. Los grados de calidad obtenidos en los distintos ensayos, fueron superiores en madera juvenil en comparación a la madera adulta.

6.5.4 Chapas y tableros

Para el proceso de debobinado es altamente recomendable que las trozas se sumerjan en agua caliente (60 a 65°C) durante suficiente tiempo para que la sección interna de la madera (alrededor de 50 mm del centro) alcance esa temperatura.

Las chapas obtenidas del debobinado se ven afectadas por varios defectos, en particular nudos, venas de quino y bolsas de resina. Sin embargo, aquellos defectos asociados con las tensiones de crecimiento y las dificultades de secado son probablemente más fáciles de manejar en este caso que en el de la madera aserrada, debido a que el proceso de conversión a chapas consume secciones más delgadas de material y permite un mejor alivio de las tensiones de crecimiento.

El encolado de láminas en tableros con uniones finger-joint, de hasta 25 mm de espesor, representa un material estructural de ingeniería valioso para una amplia gama de aplicaciones. Sin embargo, debe tenerse presente que la laminación por encolado es un proceso oneroso debido a los costos de fabricación de las piezas y las resinas fenólicas requeridas. Además, para que este proceso sea rentable debe operarse con un mínimo de desperdicio, a la vez que su éxito es altamente dependiente del grado de diferenciación que reconoce el mercado entre las distintas calidades del producto.

Cuando las exigencias del producto laminado por encolado incluyen una apariencia externa de alto estándar (por ejemplo, cantos sin nudos y caras expuestas), la madera seleccionada proveniente de plantaciones de *Eucalyptus* sin raleo ni podar quizás sólo tenga una posibilidad marginal de ser económicamente aceptable para la fabricación de este producto. Pero, en los casos en que la apariencia externa no es relevante, la factibilidad de usar esta madera es mucho mayor. La producción limitada de pequeñas secciones de madera libre de nudos y de calidad puede significar que la política de producto sea compatible con la elaboración de un nuevo tipo de revestimiento para pisos: el parquet laminado pre-terminado. Se trata de un producto con un mercado potencial muy promisorio a nivel mundial. Su fabricación requiere de secciones delgadas, cortas y estrechas. Un panel convencional de este producto con un espesor de 14 mm sólo requiere un espesor de 4 mm para la capa externa de alta calidad. El centro o alma del producto tolera material de calidad significativamente más baja.

Con modificaciones menores en las técnicas de fabricación, es posible considerar una gama de productos laminados con amplios usos y demanda. A título de ejemplo, pueden mencionarse las tablas para mesas destinadas al mercado de muebles y los paneles pre-terminados para paredes. En esta área, la innovación es la llave al éxito y la tecnología existe. El diseño y la aplicación de reglas estrictas de clasificación permitiría, probablemente, la selección de un rango de tablas de calidades inferiores para destinarlas a aplicaciones específicas, tales como componentes de muebles, paneles para paredes, etc. Nunca se insistirá demasiado sobre la importancia de cuidar el diseño de estas reglas si no se quiere incurrir en costos excesivos debido a los desperdicios.

Navarrete y Vergara (1999) estudiaron el comportamiento de la madera de *E. nitens* en el foliado. Para eso se utilizó un diagrama de corte medio para la obtención de chapa radial. La chapa obtenida tenía un espesor de 0,6 mm, valor superior al que se trabaja con *E. globulus* (0,5 mm). Lo anterior disminuye el aprovechamiento en el proceso, alcanzando un rendimiento promedio en *E. nitens* de 240 m² de chapa/m³ de madera en trozas. Este valor resulta un 39% menor que el valor promedio histórico de la empresa Colcura S.A. con madera de *E. globulus*. Los defectos más importantes en la desclasificación de chapas son los nudos y el cambio de color en la madera.

En Chile se han desarrollado estudios, con buenos resultados, para el empleo de *E. nitens* en la elaboración de tableros enlistonados, y la medición de su aptitud para ser trabajados y elaborados (sometidos a procesos de lijado y torneado), sin embargo no existen estudios del comportamiento de la madera en servicio, lo que es de gran interés para las empresas.

6.5.5 Madera impregnada

La durabilidad de la madera de *E. nitens* enterrada o a la intemperie es menor a la de *E. globulus* (Paz y Pérez, 1999).

Ensayos de impregnación realizados por McKimm (1985) mostraron una buena penetración del preservante a 400 KPa y la retención aumentó a presiones de trabajo de 1.500 KPa.

6.5.6 Producción de energía

Pereira, Sturion y Faber (1988), estudiaron el comportamiento de *E. nitens* de tres procedencias distintas (Anembo, Barrington Tops y Ebor Oriental) para fines energéticos, plantados en la región de Paraná, Brasil. No se encontró diferencia en el porcentaje de lignina de la madera, en el rendimiento del carbón obtenido, ni en el porcentaje de carbono fijo en el carbón de leña. La densidad básica de la madera de las procedencias de Anembo era significativamente menor que la procedente de Ebor Oriental.

6.5.7 Otros usos

E. nitens también puede ser utilizado para fines estructurales (McKimm, 1985 y 1988) y (Yang, 1996); papel de impresión encolado; papel de escribir; LSL y LVL⁴ (Shield, com. pers. 2002).

⁴ E. Shield, Consultor Forestal. Comunicación personal, 2002.

6.6 REFERENCIAS

- Canales, M.; Orellana, R. 1998.** Estudio de trabajabilidad en madera de *Eucalyptus nitens*. Seminario de titulación para obtener el título de ingeniero de ejecución en maderas, Universidad de Concepción, Chile, 50p.
- Chafe S. 1990.** Relationships among growth strain, density and strength properties in two species of *Eucalyptus*. Division of forestry & forest products, Highett, Vic. 3190, Australia. Holzforschung.
- Galletti, F. 1996.** Secado al vacío de *Eucalyptus globulus*, *nitens* y *regnans*. Seminario de titulación para obtener el título de ingeniero civil en industrias forestales, Universidad del Bío Bío, Concepción.
- Haslett, T.; Young, G. 1992.** Nitens for sawn timber. New-Zealand-Tree-Grower: http://www.aldeaforestal.cl/lemu/WebLemu/Lemu_marzo_01/ciencia/articulo2_a.html
Consulta octubre, 2002.
- Hernández, 2001.** Revista Maderas Ciencia y Tecnología. Universidad del Bío Bío.
- Lauberg, F.; Gilchrist, F.; Skipwith, H. 1995.** Wood properties of *Eucalyptus nitens* grown in New Zealand. New-Zealand-Journal-of-Forestry-Science, publ. 1996.
- McKimm, J. 1985.** Characteristics of the wood of young fast-grown trees of *Eucalyptus nitens* Maiden with special reference to provenance variation. II. Strength, dimensional stability and preservation characteristics. Australian Forest Research.
- McConchie, M.; Ridoutt, G. 1997.** Impacts of effluent irrigation on wood properties. Managing variability in resource quality. Proceedings, 2nd New Zealand wood quality workshop, September 12.
- Muñoz, M.; Sánchez, G. 1998.** Estudio de las propiedades mecánicas del *Eucalyptus nitens*: flexión, compresión y dureza. Seminario de titulación para obtener el título de ingeniero de ejecución en maderas, Universidad de Concepción.
- Navarrete, P.; Vergara, C. 1999.** Estudio del uso industrial del *Eucalyptus nitens*. Seminario de titulación para obtener el título de ingeniero civil en industrias forestales, Concepción.
- Northway, R.; Waugh, G. 1999.** Procesamiento de Eucaliptos para productos de madera sólida. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecná XII, Concepción.
- Paz, J. 1991.** Estudio comparativo de la aptitud pulpable de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. Forestal y Agrícola Monte Águila Ltda., Laboratorio de Productos Forestales (LPF).
- Paz, J. 1993.** Características físicas, químicas y biométricas de distintas especies de *Eucalyptus* y su aptitud pulpable. Actas simposio: Los eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile. Pucón.
- Paz, J.; Pérez, L. 1999.** Análisis comparativo de las propiedades microscópicas y macroscópicas de la madera de *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecná XII, Concepción.
- Peredo, M. 1999.** Aptitud pulpable de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus regnans* cultivados en Chile. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecná XII, Concepción.
- Pereira, D.; Sturion, A.; Faber, J. 1988.** Comparison of wood quality of five *Eucalyptus nitens* provenances for energy. Boletim-de-Pesquisa-Florestal.
- Pérez, V. 1983.** Características físico mecánicas de *Eucalyptus fastigata*, *Eucalyptus nitens* y *Pinus muricata* crecidos en Chile. Informe Técnico Instituto Forestal, Chile.
- Prado D., J.A. y Barros A., S. 1989.** *Eucalyptus*. Principios de silvicultura y manejo. Santiago, Chile, INFOR. División Silvicultura; CORFO. 199p.

- PRAIF II. 1996.** Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C.
- Purnell, C. 1988.** Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the eastern Transvaal highveld in South Africa. South-African-Forestry-Journal. 1988, No. 144, 10- 22.
- Raga, F. 1999.** Perspectivas futuras para Eucalipto en Chile. Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecnica XII, Concepción.
- Raga, F. 2003.** Madera sólida de Eucaliptos: una tendencia para considerar.
http://www.corma.cl/destacados/destacados_19.html
- Roper, J. 2000.** Sliced Veneer Production From Pruned Plantation Grown Eucalypts In New Zealand. IUFRO, Launceston, Proceedings, Page 135.
- Rozas, C. 2002.** Resultados tecnológicos proyecto FONDEF: Diversificación y aprovechamiento de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* para su utilización en la industria del mueble. Concepción.
- Sánchez, R.; Ruiz, P.; Elgorriaga, E. 1999.** Secado por vacío para *Eucalyptus globulus*, *nitens* y *regnans*. Maderas: Ciencia y Tecnología. Vol 1, N°2.
- Sepúlveda, R.; Urrutia, W. 1996.** Ensayos de contracción y medición de la velocidad de propagación del ultrasonido en madera de *Eucalyptus nitens*. Seminario de titulación para obtener el título de ingeniero de ejecución en maderas, Concepción.
- Shield, E. 1999.** Utilización de la madera de Eucalipto de plantaciones en el contexto de los mercados globales, particularmente *Eucalyptus nitens* (Partes 1 y 2). Actas simposio: Realidad y potencial del Eucalipto en Chile, Silvotecnica XII, Concepción.
- Touza, M. y Sanz, F. (s.f.).** Consulta febrero, 2004.
<http://www.cismadera.com/download/art9.pdf>
Consulta febrero, 2004.
- Wilkins, P.; Wilkes, J. 1987.** Observations on the mechanism of collapse in wood. Journal-of- the-Institute-of-Wood-Science.
- Yang, L.; Waugh, G. 1996.** Potential of plantation-grown *Eucalypts* for structural sawn products. II. *Eucalyptus nitens* (Dean & Maiden) Maiden and *E. regnans* F. Muell. CSIRO Forestry and Forest Products. Australia. 59: 2, 99-107.
- CSIRO. Onwood 35 - Summer 2001-2002.**
<http://www.ffp.csiro.au/publicat/onwood/onwood35/onwood35stripped.html>

