

El Desarrollo del *Eucalyptus nitens*

Por Guillermo Trincado¹
Jean Pierre Lasserre²

Esta especie, la tercera de mayor importancia comercial en Chile, fue sometida a diversas densidades iniciales de plantación a fin de determinar un mejor crecimiento.

Eucalyptus nitens (Deane et Maiden) registra en Chile una superficie plantada por sobre las 130.000 hectáreas concentradas entre la VIII y X regiones (INFOR 2002), pudiendo ser considerada como la tercera especie comercial de mayor importancia, después de *Pinus radiata* (D. Don) y *Eucalyptus globulus* (Labill). Las características destacables de esta especie introducida son: elevadas tasas de crecimiento, resistencia a largos periodos de bajas temperaturas y adecuadas propiedades pulpables (Jayawikrama et al. 1993). Su mayor resistencia a condiciones de bajas temperaturas ha determinado establecer plantaciones preferentemente en la precordillera andina. Tal como para otras especies del mismo género, aumentar su productividad ha requerido evaluar técnicas de establecimiento (Álvarez y Sandoval 1999) y desarrollar programas de mejoramiento genético (Barros et al. 1994; Ipinza et al. 1997).

Su uso principal está en abastecer como materia prima a la industria de pulpa y papel. Sin embargo, algunos estudios dan cuenta positivamente sobre otras posibilidades de utilización industrial (Donnelly et al., 2003).

Debido al uso final de estas plantaciones, el manejo silvícola aplicado no considera intervenciones de podas y/o raleos. Por lo tanto, una de las decisiones silvícolas de mayor relevancia ha sido determinar espaciamiento y densidad inicial de plantación. Investigación realizada en diferentes especies de *Eucalyptus sp* demuestran claramente que espaciamiento y densidad inicial de plantación tienen importantes efectos en el

desarrollo tanto a nivel de rodal como de árbol individual (Schonau y Coetze, 1989; Coetze 1998, Pinkard y Nielsen, 2003). En Chile se ha determinado una densidad inicial de plantación entre 1.250-2.000 árboles por hectárea, dependiendo de la calidad de sitio (Holmberg 1992). Esta decisión determina no sólo el tiempo necesario para alcanzar un tamaño de árbol medio industrialmente aprovechable, sino también la edad de rotación óptima, siguiendo un criterio biológico o económico. La problemática radica en el hecho que conocer el efecto real de la densidad inicial de plantación sobre el desarrollo de una especie y sitio en particular es sólo posible a través de observaciones planeadas en el largo plazo. Estas observaciones planeadas requieren establecer ensayos silvícolas utilizando un cierto diseño experimental.

Así, se pretende aportar con información cuantitativa respecto a crecimiento y rendimiento observado en plantaciones de *Eucalyptus nitens* establecidas en la precordillera de los Andes. Se espera que la información entregada sea de utilidad para manejadores forestales a fin de: (i) conocer el efecto de densidad inicial de plantación en el desarrollo tanto a nivel de rodal como de árbol individual, (ii) conocer la densidad inicial de plantación que maximiza el rendimiento en términos volumétricos y económicos a la edad de 10 años, (iii) orientar futuras decisiones de manejo en este tipo de plantaciones como son raleos y (iv) apoyar decisiones relacionadas al diseño de nuevos ensayos experimentales.



¹ Instituto de Manejo Forestal, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. (E-mail: gtrincad@uach.cl).

² School of Forestry, University of Canterbury, PO Box 4800, Christchurch, New Zealand. (E-mail: jpl32@student.canterbury.ac.nz).

Ensayo Experimental

El ensayo experimental fue establecido en 1992 y se localiza en la precordillera andina dentro de la VIII Región, comuna de Mulchén (38°00', 72°00'). El sitio seleccionado para establecer el ensayo puede ser considerado de alta productividad para la especie, con un índice de sitio promedio de 53 metros para una edad clave de 20 años. El origen de la semilla utilizada corresponde a Torongo Plateu, y su producción fue realizada en containers de 96 cavidades, cada uno con una capacidad de 110cc. El diseño experimental corresponde a un Diseño Aleatorio Completo en Bloques. Diez niveles de densidad inicial de acuerdo a un arreglo espacial cuadrado fueron asignados dentro de cada uno de cinco bloques (repeticiones). El tamaño de las parcelas (unidades experimentales) para cada uno de los niveles de densidad inicial fue constante de 288 m², determinando que el número de individuos dentro de cada parcela es variable entre niveles del tratamiento (cuadro 1).

La plantación se estableció manualmente y la localización de cada una de las plántulas se llevó a cabo con ayuda de huincha de distancia. Para cada una de las parcelas, un área buffer consistente de dos hileras de árboles fue localizada en el perímetro. Durante los primeros años se efectuaron controles químicos de malezas hasta lograr el cierre de copas. Posteriormente, el ensayo ha sido mantenido de manera cuidadosa y las mediciones desde su establecimiento se han ejecutado cada año. En cada ocasión, se han medido las siguientes variables a nivel de

árbol individual: (i) diámetro a la altura de cuello (mm.) hasta la tercera medición, (ii) diámetro a la altura del pecho (DAP) a partir de la tercera medición y (iii) altura total (mt.). A partir de la quinta medición sólo una sub muestra de árboles ha sido seleccionada dentro de cada parcela para la medición de alturas totales.

Crecimiento y Rendimiento

En el crecimiento y rendimiento medio observado en plantaciones bajo diversos niveles de densidad inicial de plantación, todos los tratamientos muestran similares respuestas para el desarrollo de la altura dominante, indicando una homogeneidad del sitio donde los tratamientos fueron aplicados y también una no mayor influencia de densidad inicial sobre altura dominante. La mortalidad observada en todos los tratamientos durante los diez primeros años fue entre 5.6 y 11.8% (cuadro 2). Por lo tanto, plantaciones de similares características en esta localización geográfica debieran presentar una mortalidad anual máxima no mayor a 1.2%. Los mayores efectos de densidad inicial de plantación se observan claramente en área basal y diámetro medio cuadrático, donde tratamientos con menor espaciamiento (mayor densidad) exhiben una mayor acumulación de área basal y tratamientos con mayor espaciamiento (menor densidad) registran árboles con mayores dimensiones.

El cuadro 2 presenta distribución de frecuencias diamétricas e información dasométrica para cada uno de los tratamientos a la edad de 10 años. Volúmenes comerciales fueron obtenidos utilizando una función de perfil fustal previamente ajustada para la especie (Trincado 1999). Los mayores rendimientos en volumen comercial e incremento medio anual son observados a la edad de 10 años, considerando densidades iniciales de plantación entre 1.111 y 1.275 árboles ha⁻¹. Mayores densidades iniciales reducen el crecimiento de árboles individuales y, por lo tanto, no permiten alcanzar a los 10 años dimensiones comerciales. Contrariamente, menores densidades iniciales favorecen el crecimiento de árboles individuales, pero no hacen máxima utilidad del sitio. Interesantes conclusiones son obtenidas al observar el crecimiento y el rendimiento en volumen comercial que han tenido estas plantaciones. Prácticamente todas

Cuadro 1. Niveles de densidad inicial de plantación establecidos en el estudio y valor potencial del suelo (VPS) a la edad de 10 años, considerando tres escenarios de tasas de descuento.

Densidad inicial (árb ha ⁻¹)	Espaciamiento (m x m)	Número de plantas por parcela	Valor Potencial de Suelo VPS (M\$ ha ⁻¹)		
			i = 8%	i = 10%	i = 12%
3086	1.8 x 1.8	89	839	538	343
2500	2.0 x 2.0	72	941	609	393
1890	2.3 x 2.3	54	851	537	334
1600	2.5 x 2.5	46	718	436	253
1275	2.8 x 2.8	37	1000	633	395
1111	3.0 x 3.0	32	894	549	327
918	3.3 x 3.3	26	683	385	192
816	3.5 x 3.5	24	664	362	167
692	3.8 x 3.8	20	286	70	-70
625	4.0 x 4.0	18	86	-90	-204

las densidades iniciales, exceptuando los menores espaciamientos iniciales 1.8 mt. x 1.8 mt. y 2.0 mt. x 2.0 mt., presentan una relación lineal. Estas plantaciones están aún desarrollándose a tasas crecientes. Comparaciones en cuanto a patterns de crecimiento entre densidades iniciales, con el fin de determinar asíntotas y puntos de inflexión (por ejemplo, máximo incremento anual corriente), son todavía prematuras. El efecto de densidad inicial de plantación sobre el rendimiento de volumen comercial a diferentes edades es notorio. Aparentemente, una densidad inicial entre 1.000-1.500 árboles ha⁻¹ permitiría obtener los mayores rendimientos en esta localización geográfica para este tipo de plantaciones.

Comparaciones entre tratamiento han tomado hasta ahora un criterio biológico, consistente en identificar aquella densidad inicial de plantación que maximiza el volumen comercial. Sin embargo, rendimiento pulparable y aptitud para la producción de material sólido a partir de materia prima proveniente de diversos espaciamientos iniciales tendrían que ser también considerados en el proceso de comparación. Este tipo de estudio debería aportar a futuro con valiosa información para dilucidar adecuadamente este tipo de interrogantes, junto con seguir entregando información sobre crecimiento y rendimiento.

Evaluación y Comparación Económica

Decisiones de manejo en plantaciones comerciales son determinadas en gran medida por el retorno económico obtenido a la edad de cosecha. Por lo cual, una evaluación económica de diversas alternativas de manejo son requeridas para una correcta toma de decisiones. Con el fin de tener información referente al valor económico de plantaciones y su rentabilidad a la edad de 10 años se consideró el cálculo de valor potencial del suelo (VPS). La metodología de cálculo utilizada es extremadamente simple y supone que cada una de las densidades iniciales es plantada y cortada cada 10 años, al infinito, bajo los mismos supuestos de precio, costo y rendimiento. Se trata de realizar comparaciones entre plantaciones establecidas bajo diferentes densidades iniciales de plantación a la edad de 10 años y no determinar edades óptimas de cosecha para cada una de ellas. Una vez obtenida una mayor información será posible efectuar este tipo de cálculos basado en

Tasa de descuento anual	8%, 10%, 12%	
	Año	Valor
Costo establecimiento (M\$ ha ⁻¹)	0	
1.8m x 1.8m		527
2.0m x 2.0m		473
2.3m x 2.3m		410
2.5m x 2.5m		376
2.8m x 2.8m		335
3.0m x 3.0m		312
3.3m x 3.3m		283
3.5m x 3.5m		267
3.8m x 3.8m		245
4.0m x 4.0m		232
Administración (M\$ ha ⁻¹)	Anual	10
Valor de madera en pie (M\$ m ⁻³)	10	5
Volumen pulparable	10	(ver cuadro 2)

información de rendimiento empírico. La fórmula utilizada para el cálculo de VPS corresponde a la dada por Clutter et al. (1983).

$$VPS = \frac{SY_t - R(1+i)^t}{(1+i)^t - 1} - \frac{T}{i}$$

Donde S = valor de madera en pie (M\$ ha⁻¹), Yt = rendimiento de la plantación a la edad de cosecha, R = costos de establecimiento (M\$ ha⁻¹), t = edad de rotación (= 10 años), i = tasa de descuento anual y T = costos de administración (M\$ ha⁻¹). Para realizar los cálculos se asumieron los siguientes valores derivados de información para el manejo de plantaciones entregada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) para el año 2005³.

Los resultados obtenidos bajo diferentes escenarios de tasas de descuento anual se presentan en el cuadro 1. El mayor valor de VPS para una edad de 10 años se obtiene al considerar una densidad inicial de plantación de 1.275 árb ha⁻¹ (2.8 mts. x 2.8 mts.). Al menos para uso pulparable menores densidades iniciales de plantación no muestran ser favorables, entregando incluso valores negativos al aumentar la tasa de descuento. Es necesario indicar que estas cifras podrían verse influenciadas si fueran considerados otros tipos de productos, como pudiera ser madera aserrada. Considerando las dimensiones alcanzadas por algunas densidades iniciales de plantación es posible obtener volúmenes aserrables a la edad de 10 años (cuadro 2). Esto podría aumentar diferencias entre densidades iniciales



³http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=75b1600add01fb992c0aab4086-43c3d1&seccion_padre_id=8ede9d088fbde2d4561f84ab475bb26a&unidad=08

y justificar una decisión de plantar a bajas densidades (ej., 4.0 mts. x 4.0 mts.). Sin embargo, actualmente no existe un mercado importante para justificar una producción extensiva de madera aserrable. Además, es necesario considerar el desarrollo de estudios para determinar si la madera producida cumple adecuadamente con estándares mínimos de utilización para este tipo de productos.

Discusión

Importantes efectos derivados de la densidad inicial de plantación han sido observados tanto a nivel de rodal como de árbol individual. A nivel de rodal, las variables más influenciadas han sido área basal y volumen comercial. Contrariamente, densidad inicial de plantación parece no influenciar mayormente el desarrollo en altura dominante. A nivel de árbol individual, significativas diferencias se observaron en tasas de crecimiento en diámetro medio entre las distintas densidades iniciales de plantación. Las dimensiones alcanzadas por árboles individuales a bajas densidades indican que es posible producir volúmenes aserrables a la edad de 10 años. No obstante, es necesario determinar si

la madera producida presenta adecuadas propiedades físico-mecánicas para este uso. Altos niveles de densidad inicial de plantación, con una extremadamente baja mortalidad, se han registrado para esta especie.

Tomado como criterio la maximización de volumen comercial, una densidad inicial de plantación entre 1.000-1.500 árboles ha⁻¹ permitiría obtener los mayores rendimientos en esta localización geográfica para este tipo de plantaciones. Una evaluación económica empleando como criterio VPS indicó que la densidad inicial que maximizaría retornos bajo un esquema de manejo pulpable es 1.275 árb ha⁻¹ (2.8 mts. x 2.8 mts.), si la decisión fuera cosechar a los 10 años. Se ha constado empíricamente a través de este ensayo que el rango de densidades identificadas como óptimas son coincidentes con los manejos silviculturales actualmente aplicados en estas plantaciones. Sin embargo, la

continúa búsqueda de oportunidades para mejorar la posición de los productos generados de las plantaciones de *Eucalyptus nitens* hacia el mayor valor podría hacer cambiar los esquemas de manejo actualmente aplicados, incluyendo la densidad inicial de plantación.

Si bien este ensayo silvicultural ha entregado valiosa información sobre crecimiento y rendimiento, es necesario considerar en futuros diseños experimentales el efecto que pudieran tener otros arreglos espaciales (rectangularidad) sobre el crecimiento de los árboles. Además, se requiere establecer estudios complementarios para determinar si la madera producida a bajas densidades iniciales de plantación es adecuada para usos aserrables. ■■

Cuadro 2. Distribución de frecuencias diamétricas y parámetros dasométricos medios para cada tratamiento a la edad de 10 años.

DAP (cm)	Densidad inicial de plantación (árboles ha ⁻¹)									
	3086	2500	1890	1600	1275	1111	918	816	692	625
<12	1107	672	242	176	116	54	82	56	24	7
12-14	399	294	192	87	85	35	34	16	20	12
14-16	399	269	147	123	94	47	44	69	12	19
16-18	316	255	211	227	114	84	85	30	24	29
18-20	227	241	317	219	164	111	61	43	62	35
20-22	196	195	181	172	162	91	81	98	30	30
22-24	146	208	192	166	191	163	136	49	47	74
24-26	44	39	116	106	136	156	106	106	102	44
26-28	13	19	56	130	93	119	121	104	73	105
>28	0.13	18	23	56	160	100	186	253	236	
Árboles ha ⁻¹	2847	2205	1673	1429	1209	1021	849	758	647	590
Mortalidad (%)	7.8	11.8	11.5	10.7	5.2	8.1	7.5	7.1	6.7	5.6
Área basal (m ² ha ⁻¹)	50.8	46.5	46.2	43.6	43.7	43.5	35.7	37.2	37.5	36.9
Diám. medio ^a (cm)	14.8	16.1	18.6	19.2	22.7	22.9	22.5	23.9	26.5	26.4
Alt. dominante ^b (m)	31.5	32.6	34.0	34.0	34.3	34.4	33.9	34.4	34.1	35.2
Volumen ^c (m ³ ha ⁻¹)	276.7	299.7	360.0	349.8	380.8	395.5	317.6	341.2	352.9	323.9
IMAd (m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	27.7	29.9	36.6	35.0	38.1	39.6	31.8	34.2	35.3	32.4

^a diámetro medio cuadrático (cm). - ^b altura dominante (m), correspondiente a la altura media aritmética de los 100 árboles ha⁻¹ de mayor DAP. - ^c volumen comercial SSC para árboles con un DAP ≥ 15 cms. y hasta un diámetro límite fustal de 10 cms. - ^d incremento medio anual observado (IMA).

Bibliografía

- Álvarez, J.; Sandoval, E., 1999: Silvicultura integrada en *Eucalyptus*. Actas simposio: Realidad y Potencial del Eucalipto en Chile, SILVOTECNA XII. CORMA.
- Barros, S.; Prado, J.A.; Alvear, C., 1994: Los eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile. Actas Simposio Instituto Forestal-Corporación de Fomento de la Producción. Pucón, Chile, Noviembre 24-26, 1993. 633pp.
- Coetze, J., 1998: Yield and growth information for *E. nitens*. ICFR-Newsletter. 1998, November, 19-23.
- Clutter, J.L.; Fortson, J.C.; Piennar, L.V.; Brister, G.H.; Bailey, R.L., 1983: Timber management: A quantitative approach. Krieger Publishing Company. 333p.
- Donnelly, R.; Flynn, B.; Shield, E., 2003: The global *Eucalyptus* wood products industry: a progress report on achieving higher value utilization: a comprehensive report. DANA Pub. Auckland.
- Holmberg, L.J., 1992: Silvicultura del *Eucalyptus*. Pp. 85-95 In: Proc. "Segundo taller silvícola, *Eucalyptus*, Bosque nativo", 5 Nov. 1993. Concepción, Chile. Fundación Chile.
- INFOR, 2002: Disponibilidad de madera pulpable de eucalipto en Chile, 2001-2018. Informe Técnico N° 163. Instituto Forestal, Santiago.
- Ipinza, R., 2003: Revista Lignum. Fundación Chile. Agosto 2003.
- Jayawikrama, K.J.S.; Schlatter, J.E.; Escobar, R., 1993: Eucalypt plantation forestry in Chile. Australian Forestry 56(2): 179-192.
- Jobet, J.P., 1996: Efectos del espaciamiento y arreglo de plantación sobre el crecimiento inicial (3 años) de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) en suelo trumao. Tesis de grado para optar al título de ingeniero forestal. Universidad de Concepción. 59pp.
- Pinkard, E.A.; Nielsen, W.A., 2003: Crown and stand characteristics of *Eucalyptus nitens* in response to initial spacing: implication for thinning. Forest Ecology and Management 172: 215-227.
- Schönau, A.P.G.; Coetze, J., 1989: Initial spacing, stand density and thinning in Eucalypt plantations. Forest Ecology and Management 29: 245-266.
- Tobar, J.; Lasserre, J.P., 2002: Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) sometidos a diversas condiciones de arreglo de plantación y espaciamientos en suelos trumaos. Informe interno, Forestal Mininco S.A. 35p.
- Trincado, G., 1999: Modelos fustales y de razón para *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. Convenio Específico Forestal Mininco S.A.-Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Manejo Forestal. 17pp.

