

ENSAYOS DE RALEO EN *Eucalyptus grandis*

Ricardo Methol¹

I - Introducción

Numerosos estudios han destacado la importancia que tiene la valorización de las plantaciones de *E. grandis* mediante sistemas intensivos de manejo silvicultural, tendientes a la obtención de trozas aserrables libres de nudos de grandes diámetros (PRAIF, 1994, Shield y Hansen, 1995). Esto permitirá una mayor generación de mano de obra y una valorización de la producción, la cual es fundamental para hacer frente a los importantes costos asociados al transporte de materias primas voluminosas como la madera.

En el país existen zonas en las que se justifica más que en otras la producción orientada a la obtención de productos aserrables. Esto está determinado por la distancia hacia los puertos y por la productividad del sitio. En la zona Norte (Tacuarembó-Rivera) tendría mayor importancia la adopción de este enfoque, ya que esta zona tiene las máximas distancias hasta los puntos de comercialización y, coincidentemente, los suelos de mayor productividad forestal.

No obstante, esta apuesta productiva también es una alternativa interesante para otras zonas del país (Centro, Litoral, etc.) como una forma de incrementar el rendimiento económico de las actividades forestales.

Este esquema de producción involucra el uso combinado de podas y raleos, fundamentalmente en las primeras etapas de la rotación. Si bien ambas prácticas de manejo se aplican en conjunto y pueden generar algunas interacciones, se decidió en una primer etapa abordar el tema de raleo. La priorización de este tema es coincidente con las demandas de investigación expresada por la Sociedad de Productores Forestales. En efecto, en la Revista Forestal No. 2 de Diciembre 1996 (pág. 29), se afirma que, si bien la mayoría de los productores tienen claro las ventajas de la poda cuando se produce madera para aserradero, no se cuenta con un nivel de conocimientos tecnológicos adecuado para la aplicación de raleos, tanto en lo que respecta al momento como a la intensidad y la forma de realizarlos.

En el año 1997 se instaló un ensayo de evaluación de intensidades de raleo en el establecimiento "La Zulma" del Instituto Nacional de Colonización. En este artículo se presentan los resultados iniciales obtenidos hasta los 15 meses de efectuados los raleos. Naturalmente se trata únicamente de tendencias iniciales, las cuales sirven de base para discutir algunos aspectos generales del raleo.

Complementariamente, se presentan datos de crecimiento de parcelas intensamente raleadas en 1994, sobre un rodal que actualmente está entrando en el 10º año. Estas parcelas se instalaron en un predio del Frigorífico Tacuarembó para evaluar alternativas de manejo para un área de colecta de semillas (Kubota y Trujillo, 1998). Si bien no se trata de

¹ Ing. Agr. Programa Nacional Forestal INIA Tacuarembó

un ensayo específicamente diseñado para evaluar intensidades de raleo, sirve para mostrar algunas tendencias a una edad algo más avanzada.

II - Materiales y métodos

II.1 - Ensayo de raleo "La Zulma"

El ensayo fue instalado sobre un rodal de 4 años (plantación de Octubre de 1993) ubicado en las proximidades de la ciudad de Tacuarembó, sobre suelos del Grupo 7 (CIDE). El marco de plantación inicial fue de 4 x 2 m (1250 árboles/ha) aunque al 4º año la población efectiva era de aproximadamente 1000 árboles/ha. El DAP promedio era de 12.7 cm y la altura media de unos 12.7 m. La altura media de los árboles dominantes, h_{100} (definidos como los 100 árboles por hectárea de mayor diámetro) era de 13.9 m. Esta relación h_{100} -edad, de acuerdo a la ecuación de índice de sitio de Sorrentino (1992), indica que se trata de un sitio de alta productividad (Clase A, IS estimado de 24 a 25 m). El incremento medio anual en volumen con corteza (IMAV) al cuarto año era de 21 m³/ha/año y al quinto año ya se ubicaba entorno a los 30 m³/ha/año.

Las intensidades de raleo evaluadas (Cuadro 1) fueron definidas como un porcentaje de reducción del área basal. Esto permitió que se pudiera aplicar el mismo tratamiento en las distintas repeticiones de cada tratamiento, las cuales presentaban poblaciones y áreas basales iniciales levemente variables.

Cuadro 1: Intensidades de raleo evaluadas.

Tratamientos	Reduccion del area basal	area basal remanente (m ² /ha)	Poblacion remanente aprox.	Parcelas / bloque
raleo fuerte	36%	8	450	3
raleo medio	24%	10	600	3
raleo suave	12%	12	750	3
testigo	0%	14	1000	1

El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela contenía 135 árboles (9 filas de 15 árboles) ocupando un área de aproximadamente 1080 m².

Cada intensidad de raleo se repitió 3 veces dentro de cada bloque (3 parcelas) de manera de que se puedan aplicar 3 intensidades distintas en el segundo raleo. Esto dará lugar a 9 combinaciones de intensidades del primer y segundo raleo, las cuales implicarán un amplio rango de poblaciones dejadas a turno final.

Una vez delimitados los 3 bloques, con sus 10 parcelas cada uno, se midió el DAP de todos los individuos y se registraron los árboles con defectos (bifurcados, curvados, torcidos, etc.). Estos datos fueron ingresados en computadora en donde se simuló el raleo de algunos árboles en base a tamaño, defectos y ubicación, hasta llegar al área basal objetivo de cada

parcela. Posteriormente se marcaron los árboles en el campo, realizándose las correcciones que fueran necesarias, y se efectuó el raleo.

Se probaron 3 herbicidas diferentes para matar las cepas (Cuadro 2), aplicados sobre el tocón inmediatamente después del apeo con una pulverizadora manual. También se dejaron parcelas sin tratar para evaluar el nivel de rebrote que se obtendría.

Cuadro 2: Herbicidas evaluados para el control de las cepas

Herbicida (nombre comercial)	Concentración (% p. c.)	Costo (US\$/lt soluc.)
Roundup	15%	1.0
Banvel	5%	1.5
Tordon 101	10%	2.1
testigo s/herbicida	-	

Cada herbicida se probó con y sin el agregado de azul de metileno para ver si este producto disminuía la efectividad de los herbicidas. La utilización de este u otro colorante puede ser muy conveniente operativamente para facilitar las tareas de control. El colorante no tuvo efecto en ninguno de los productos por lo que no se volverá a hacer mención al mismo.

El volumen extraído (Cuadro 3) es, probablemente, muy reducido como para justificar una extracción comercial (inclusive en el tratamiento de raleo más intenso) y se trataría más bien de un raleo a pérdida o no comercial.

Cuadro 3: Volumen de madera extraído en los distintos tratamientos

Tratamiento	m estereos /ha (c.c.)	m ³ solidos /ha (c.c.)
Raleo fuerte	25	15
Raleo medio	18	11
Raleo suave	9	6
Testigo	-	-

A los 8 meses de efectuados los raleos se hizo la primer medición, registrándose el DAP de todos los árboles y la altura de una muestra de la población. Con las observaciones que tenían DAP y altura se ajustó una regresión para estimar la altura de los árboles a los cuales no se midió ésta. Posteriormente, a los 15 meses se midió nuevamente el DAP de todos los árboles, no midiéndose la altura en esta oportunidad.

II.2 - Ensayo de manejo de área de colecta de semillas

El rodal fue plantado en Octubre de 1989 por lo que al instalarse el ensayo en 1994 tenía 5 años de edad. Está ubicado a unos 20 km. de Tacuarembó sobre suelos del Grupo

CONEAT 7.2. El espaciamiento inicial fue de aprox. 3 x 2.5 m (1384 árboles/ha) pero los árboles presentes a 1994 eran promedialmente 1262 por hectárea. El crecimiento era excelente, con una altura promedio de al 5º año de 15.3 m y un DAP de 14.2 cm.

Se probaron dos intensidades de raleo ambas muy severas, dejándose parcelas testigo sin ralear (Cuadro 4). Las parcelas son de 40 x 40 m pero se mide una sub-parcela interna de 25 x 25 m. Cada tratamiento tuvo 2 repeticiones.

Cuadro 4: Tratamientos evaluados en el ensayo de área de colecta de semillas.

Tratamiento	Reduccion de area basal	area basal remanente (m ² /ha)	Poblacion remanente
raleo muy intenso	70.0%	6.8	272
raleo intenso	69.6%	7.3	336
testigo sin raleo	0	22.0	1352

El raleo fue combinado, es decir parcialmente sistemático, raleándose fila por medio, y parcialmente selectivo, dejándose en pie los mejores árboles de las filas no raleadas.

Al inicio del ensayo se midió altura y DAP de todos los árboles. En este ensayo, los volúmenes extraídos (Cuadro 5) son bastante mayores que en el ensayo anterior, debido a la mayor edad del rodal y a las mayores intensidades de raleo.

Cuadro 5: Volumen de madera² extraída en los distintos tratamientos

Tratamiento	m ³ /ha con corteza		m ³ /ha sin corteza
	leña	pulpa	pulpa
raleo muy intenso	114	109	94
raleo intenso	109	104	89
testigo sin raleo	-	-	-

En abril de 1999, cuando el monte tiene unos 9 años y medio se realizó una nueva medición del DAP de todos los árboles y de la altura de una muestra de la población con la que se ajustó una regresión para estimar las alturas de los árboles no medidos.

² Para el cálculo de estos volúmenes se utilizaron factores de forma de 0.45 para leña (diám. mínimo 7 cm c.c.) y 0.43 para pulpa (diám. mínimo 10 cm c.c.), publicados por Sorrentino (1992, pag. 131). Dichos coeficientes fueron calculados para un rodal de 17 años sobre un suelo 7.2. Naturalmente, los volúmenes reales obtenidos en este ensayo serían algo menores dado que habría una mayor proporción de material que no alcance el tamaño mínimo para ser comercializado. El % de corteza considerado fue de 14,1 de acuerdo a datos aún no publicados de Resquin y Balmelli (1999).

III - Resultados y discusión

III.1 - Ensayo de raleo "La Zulma"

a) Crecimiento en diámetro

El DAP medio después del raleo variaba entre 12.8 y 15.2 cm dependiendo de la intensidad del raleo (Cuadro 6). Naturalmente era mayor en las parcelas más intensamente raleadas, en las que se eliminó un número mayor de árboles pequeños. El incremento en el diámetro ya a los 15 meses mostró una tendencia a ser mayor en los tratamientos de mayor intensidad de raleo, lo cual era de esperar.

Cuadro 6: Crecimiento diamétrico hasta 15 meses después de efectuados los raleos

Tratamiento	DAP medio (cm)			Increm. 15 meses	DAP ₃₀₀ (cm)		Increm. 15 meses
	inicial	post raleo	15 meses		post raleo	15 meses	
Raleo fuerte	12.5	15.2	19.5	28.6%	15.8	20.5	29.6%
Raleo medio	12.5	14.5	18.6	28.2%	16.0	20.5	28.5%
Raleo suave	12.8	14.2	17.8	25.2%	16.4	20.6	25.6%
Testigo	12.8	12.8	16.0	25.2%	16.4	20.3	23.6%

Si en lugar de considerar el diámetro promedio de todos los árboles consideramos el diámetro de los 300 árboles por hectárea de mayor diámetro (DAP₃₀₀), que son los que tienen mayor probabilidad de ser dejados para turno final, vemos como las diferencias en el incremento porcentual del diámetro tienden a acentuarse. Esta tendencia, que ya se detecta a los 15 meses, posiblemente tienda a acentuarse en los próximos meses, en la medida de que estos árboles logren un mayor desarrollo de sus copas haciendo uso de los espacios dejados libres mediante el raleo.

b) Crecimiento en área basal

En términos absolutos el incremento en área basal es superior en las parcelas testigo y va decreciendo a medida que el raleo es más intenso. Esto se debe a que las parcelas testigo o levemente raleadas están haciendo una ocupación total del sitio, mientras que las parcelas que recibieron raleos más intensos no han logrado todavía recuperar dicha ocupación. Sin embargo, el incremento expresado en porcentaje es mayor en las parcelas más intensamente raleadas. Es dable esperar que esta tendencia se acentúe en la medida que se vaya recuperando la ocupación del sitio por parte de las parcelas raleadas más fuertemente. De esta manera, en pocos años se lograría igualar los niveles de AB del testigo.

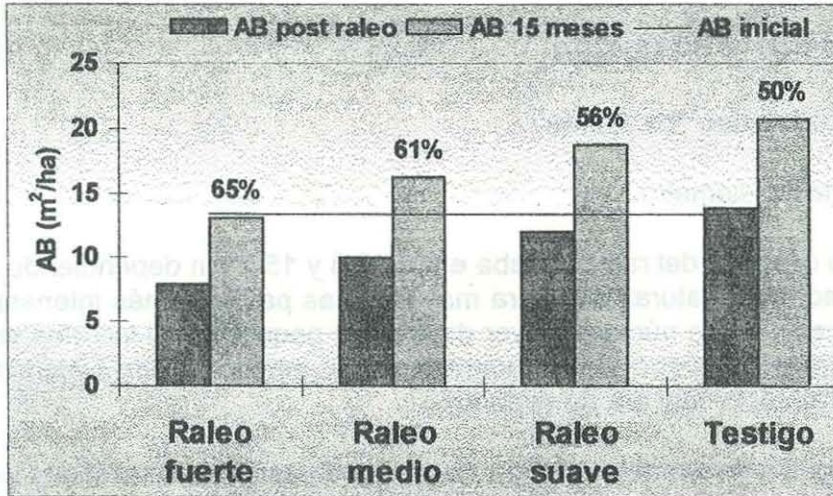


Figura 1: Evolución del área basal en los distintos tratamientos (los valores sobre las barras corresponden al incremento porcentual en AB en 15 meses)

c) Crecimiento en altura

La altura media tanto al 4º como al 5º año tiende a ser mayor en los tratamientos de raleo más intenso (Cuadro 7). Esto era esperable, ya que en estos tratamientos se eliminó un mayor número de árboles pequeños, lo que explica el aumento de la altura media.

Cuadro 7: Altura media y altura media de los árboles dominantes al 4º y 5º año.

Tratamiento	Altura media (m)		h ₁₀₀ (m)	
	4 años	5 años	4 años	5 años
Raleo fuerte	13.0	16.6	13.7	17.3
Raleo medio	12.6	16.2	13.6	17.2
Raleo suave	12.8	16.0	14.2	17.3
Testigo	12.2	15.3	13.9	17.2
Promedio	12.6	16.0	13.9	17.3

Contrariamente, la altura media de los árboles dominantes (h₁₀₀) no muestra una tendencia clara al 4º año y tiende a igualarse al 5º año. Esto confirma una vez más la validez del concepto de "Índice de Sitio" (altura de los árboles dominantes a determinada edad clave) como descriptor de la calidad del sitio, ya que es un indicador bastante independiente de la población (dentro de límites razonables).

d) Crecimiento en volumen

El incremento en volumen a los 8 meses después del raleo mostró la misma tendencia que el crecimiento en área basal. Los incrementos en términos absolutos fueron mayores en las

parcelas testigo, mientras que el incremento porcentual fue mayor en las parcelas de mayor intensidad de raleo (Cuadro 8).

Cuadro 8: Volumen en pie con corteza (c.c.) después del raleo y a los 8 meses, e incremento corriente de volumen c.c. en 8 meses.

Tratamiento	volumen c.c. (m ³ /ha)		ICA (8 meses)	
	post raleo	8 meses	m ³ /ha	%
Raleo fuerte	51.8	94.2	42.4	82%
Raleo medio	64.2	116.6	52.5	82%
Raleo suave	77.9	131.6	53.7	69%
Testigo	88.5	144.9	56.4	64%

Es destacable el notable incremento en volumen con corteza (42 a 56 m³/ha) observado en un periodo de tan solo 8 meses. Esto se explicaría por la buena calidad del sitio y por el adecuado régimen de lluvias registrado en ese periodo.

e) Control de cepas

Para evaluar el nivel de control que tuvieron los distintos herbicidas se utilizó la siguiente escala:

- 1 - no rebrota
- 2 - rebrote mínimo
- 3 - rebrote medio
- 4 - rebrote vigoroso

Los tres herbicidas mostraron un excelente control, no presentando diferencias entre ellos (Cuadro 9). No se observaron síntomas en árboles vecinos que podrían haber ocurrido si los herbicidas se translocaran a través de injertos de raíces. Un 64% de las cepas no tratadas tuvieron un rebrote medio y vigoroso y un 20% no rebrotó naturalmente.

Cuadro 9: Grado de rebrote de las cepas tratadas con distintos herbicidas

Herbicida (nombre comercial)	Grado de rebrote (%)			
	1	2	3	4
Roundup	89%	6%	0%	5%
Banvel	96%	2%	1%	0%
Tordon 101	91%	6%	2%	2%
testigo s/herbicida	20%	16%	18%	46%

III.2 - Ensayo de manejo de área de colecta de semillas

a) Crecimiento en diámetro

Al igual que en el ensayo anterior, el incremento diamétrico es mayor en las parcelas que tuvieron mayor intensidad de raleo (Cuadro 10). Las diferencias en el diámetro de los 250 árboles por hectárea de mayor diámetro (DAP_{250}), de unos 5 a 6 cm, podrían haber sido mayores si el raleo hubiera sido totalmente selectivo.

Cuadro 10: Crecimiento diamétrico hasta 5 años después de efectuados los raleos

Tratamiento	DAP medio (cm)			incred.	DAP ₂₅₀ (cm)		incred.
	inicial	post raleo	al 10º año	5 años	al 5º año	al 10º año	5 años
Raleo muy intenso	15.1	17.8	32.5	82.8%	18.7	32.9	75.6%
Raleo intenso	14.3	16.5	29.7	80.1%	18.5	31.1	68.0%
Testigo sin raleo	14.4	14.4	20.0	38.9%	18.6	26.5	42.2%

b) Crecimiento en área basal

En la Figura 2 se observa el área basal promedio al inicio del ensayo (línea), el AB dejada después del raleo y el AB 5 años después (al 10º año de edad). El incremento de AB en términos absolutos en todo el período fue muy similar en todos los tratamientos (15.8 m²/ha en promedio). Este incremento, expresado en porcentaje, es naturalmente muy superior en las parcelas raleadas respecto a las no raleadas (207% vs 72%). Esto confirma la gran capacidad de respuesta al raleo que tiene *E. grandis*.

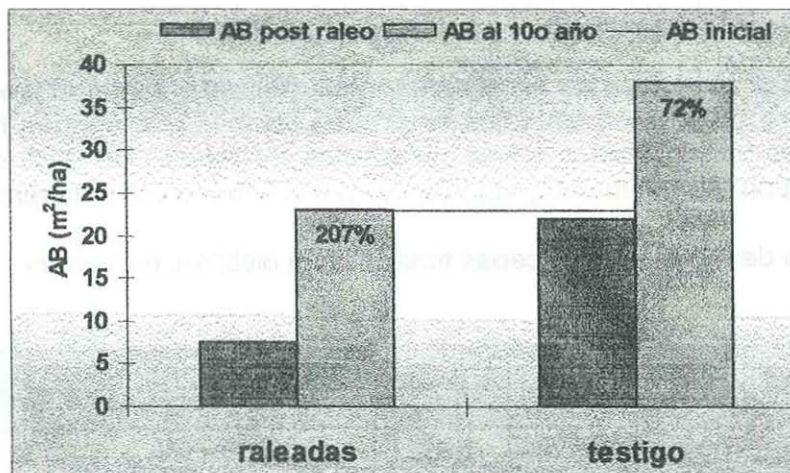


Figura 2: Evolución del área basal en los distintos tratamientos (los valores sobre las barras corresponden al incremento porcentual en AB en 5 años)

c) Crecimiento en altura

En este ensayo se observa, al igual que en el ensayo de "La Zulma" que si bien la altura media tiende a ser mayor en los tratamientos de mayor intensidad de raleo, la altura de los árboles dominantes (h_{100}) parece ser independiente de la población. Es interesante confirmar este comportamiento aún a densidades bastante extremas (tan bajas como 270 árboles por hectárea), como las exploradas en este ensayo.

Cuadro 11: Altura media y altura media de los árboles dominantes al 5° y 10° año.

Tratamiento	altura media		h_{100}	
	5° año	10° año	5° año	10° año
Raleo muy intenso	17.6	27.8	18.8	28.3
Raleo intenso	16.9	27.5	18.4	28.4
Testigo sin raleo	15.7	24.6	17.9	28.4
Promedio	16.7	26.7	18.4	28.3

d) Crecimiento en volumen

El incremento en volumen entre los años 5 y 10 fue algo superior en las parcelas no raleadas, lo cual se explica por una mayor ocupación del sitio en las mismas respecto a las parcelas raleadas. Al igual que lo observado para el AB, el incremento porcentual fue sustancialmente mayor en las parcelas raleadas (Cuadro 12).

Cuadro 12: Volumen en pie con corteza (c.c.) después del raleo y al 10° año, incremento medio entre los años 5 y 10 e incremento medio anual de volumen total c.c.

Tratamiento	volumen c.c. (m^3/ha)		Incremento		IMA_5	IM_{5-10}	IMA_{10}
	post raleo	10° año	m^3/ha	%	$m^3/ha/año$	$m^3/ha/año$	$m^3/ha/año$
Raleo muy intenso	55	287	232	421%	35	46	41
Raleo intenso	57	297	240	422%	36	48	42
Testigo sin raleo	162	449	287	177%	32	57	45

Entre el 5° y el 10° año se observa un fuerte incremento del IMA en todos los tratamientos. Al no disponerse de datos de incremento corriente anual (ICA) no se puede precisar si éste aún se encontraría por encima del IMA o bien si ambos indicadores ya se habrían cruzado (momento en que ocurre el IMA máximo).

El incremento promedio de volumen entre el 5° y el 10° año (IM_{5-10}) es mayor al IMA_{10} , por lo que posiblemente el ICA al 9° o 10° año todavía sea superior al IMA. Esto implica que el IMA aún no habría llegado a su valor máximo.

El IMA_{10} , si bien algo mayor en las parcelas testigo, no se aparta demasiado del de las parcelas raleadas. Probablemente, con raleos no tan extremos se mantendrían los mismos niveles de IMA que los obtenidos sin raleo.

IV - Discusión

Al efectuarse el primer raleo puede buscarse, además de un mayor crecimiento en diámetro de los árboles dejados, un ingreso intermedio en la rotación proveniente de la venta de la madera extraída (raleo comercial). Otra posibilidad es realizar el primer raleo en forma más temprana sin la comercialización del material extraído (raleo pre-comercial o raleo no comercial o raleo "a pérdida").

El raleo comercial tiene como ventaja el retorno económico obtenido y como desventajas, una mayor reducción del crecimiento de los árboles dejados a turno final, mayor riesgo de daño a los árboles dejados (al efectuarse la entresaca), mayor riesgo de daños por viento en los árboles dejados, etc. En definitiva, al hacerse un primer raleo comercial se está obteniendo un ingreso intermedio a costa de un menor ingreso a turno final (ya sea por reducción del rendimiento o por alargamiento del turno).

Con un primer raleo no comercial se busca maximizar el crecimiento de los árboles de mayor valor, para lo cual se asume el "no ingreso" por venta del material raleado más el costo de efectuar el raleo. La elección de una estrategia o la otra dependerá de factores económicos (costo de oportunidad), financieros, de la disponibilidad de mercados, etc.

En el ensayo de La Zulma se observa que a la edad de 4 años ya estaba ocurriendo una importante competencia entre árboles que limitaba el crecimiento en diámetro. Esto se desprende de la importante respuesta al raleo ya a los 15 meses, registrada en el incremento diamétrico relativo (por ejemplo dicho incremento para el DAP₃₀₀ fue de 29.6% y 23.6% para los tratamientos de raleo fuerte y sin raleo, respectivamente). Asimismo, el volumen de madera extraído a esa edad, a las intensidades de raleo evaluadas, fue bastante reducido como para justificar una extracción comercial.

De lo anterior surge que, de optarse por un primer raleo pre comercial, este debería realizarse con anterioridad, por ejemplo al 2º o 3º año, lo cuál coincidiría con la primera poda. Si por el contrario se optara por un primer raleo comercial, el mismo debería postergarse unos 2 años (6º año) y debería ser relativamente intenso (por ejemplo dejándose uno 400 a 500 árboles por hectárea).

Un manejo extremo con un único raleo muy intenso, como el ensayado en el ensayo de Area de Colecta no sería recomendable ya que reduce la productividad del sitio (por una subutilización de mismo) y además conlleva demasiado riesgo de daño por viento.

Es necesario realizar más ensayos que permitan cuantificar el efecto de realizar el primer raleo a distintas edades (por ejemplo del 2º al 6º o 7º año) con relación al crecimiento diamétrico, volumen de madera a extraer y viabilidad de su comercialización, así como su efecto frente a otros factores (viento, forma, etc.).

Con la información aportada por estos ensayos, sumada a la información proveniente de parcelas permanentes ubicadas en plantaciones comerciales, es posible desarrollar modelos que permitan simular el crecimiento a obtener bajo distintas estrategias de raleos, lo que facilitaría enormemente la toma de decisiones a este respecto.

El INIA ya está trabajando en el desarrollo de modelos de simulación de crecimiento y rendimiento, aunque la información de crecimiento bajo distintos sistemas de raleo es aún escasa. El aporte de datos de empresas privadas que tengan parcelas permanentes o ensayos de raleo o de densidades, constituye un elemento esencial para el desarrollo de modelos precisos y confiables.

Referencias

- Kubota, G. y Trujillo, M.I. 1998. Transformación de un rodal comercial en un área de colecta de semilla. Convenio INIA-JICA. Boletín No 30.
- Proyecto Regional de Alternativas para la Inversión Forestal (PRAIF). Dirección Forestal, MGAP. OEA. 1994. 209 p
- Resquin, F. y Balmelli, G. 1999. Evaluación de especies y orígenes de *Eucalyptus* al 5º año (en preparación)
- Revista Forestal. 1996. Aporte de la Sociedad de Productores Forestales a la Mesa de la Madera - Demandas de Investigación de los Productores Forestales. Revista Forestal No. 2, Diciembre 1996, pág. 29
- Shield, E. & Hansen, R. 1995. Perspectivas para la transformación con alto valor de las plantaciones de *Eucalyptus* en el Uruguay. Consultoría realizada para la Dirección Forestal, MGAP. Montevideo. 106 p
- Sorrentino, A. 1992. Proyecto: Índices de Sitio, Volumetría y Crecimiento de Pinos y Eucaliptos en el Uruguay. Informe final: Documento completo. Consultoría realizada para la Dirección Forestal, MGAP. Montevideo. 228 p