

# CRECIMIENTO EN ÁREA BASAL DE *Pinus taeda* L. CON RELACIÓN A LA LONGITUD DE COPA VERDE \*

## BASAL AREA GROWTH OF *Pinus taeda* L. IN RELATION WITH GREEN CROWN LENGTH

Hugo Enrique Fassola<sup>1</sup>  
Paula Ferrere<sup>2</sup>  
Mónica Gelid de Ruibal<sup>3</sup>

Fecha de recepción: 20/10/2002  
Fecha de aceptación: 28/08/2008

1. Investigador. EEA INTA Montecarlo. AE 4. (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. Tel. y FAX +054-3751-480057 / 480512. Email: hfasola@ceel.com.ar
2. Ex becaria EEA INTA Montecarlo. AE 4. (3384) Montecarlo, Misiones, Argentina. Tel. y FAX +054-3751-480057 / 480512. Email: ferrere@infovia.com.ar
3. Ex Técnica APSA. Pto. Esperanza, Misiones Argentina. Tel. y FAX +054-3757-4270027. Email: mgelid@altoparana.com

\* Trabajo parcialmente financiado por el Proyecto Forestal de Desarrollo. SAGPyA – BIRF (Convenio de Préstamo 3948-AR). Proyectos de Investigación Aplicada (PIA) en Bosques de Cultivo, PIA 20/96.

### SUMMARY

Data base from a pruning and thinning trial of *Pinus taeda* L., located in the Iguazú Department, province of Misiones, Argentina was used to established the relationship among annual basal area increment and stand variables. Annual basal area increment was successfully explained by green crown length, so it was included in the model, as it did the variable that described heavy pruning in stands with high stockings. Diameter at breast height (d.b.h), height ratio, tree spacing in relation with total height, green crown length of the mean tree in relation with the height of the crown base and the age were other variables that contributed to the basal area prediction. The fitted model for annual basal area increment prediction for pruned and thinned stands, in the site under study, was tested against an independent sample and the mean estimation error was  $-0.035 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

**Key words:** pruning, thinning, crown length, growth models, *Pinus taeda* L.

### RESUMEN

La información producida en un ensayo de poda y raleo de *Pinus taeda* L., ubicado en el departamento Iguazú, Misiones, Argentina, se utilizó para ajustar un modelo de predicción del incremento anual en área basal en función de variables de estado de las parcelas. La longitud de copa verde fue una de las variables seleccionadas permitiendo explicar en gran parte el incremento en área basal, al igual que una variable que describe la aplicación de podas intensas en situaciones de altas densidades de rodal. Otras variables que intervinieron en el modelo finalmente ajustado fueron la relación entre diámetro y altura; la ocupación del sitio del árbol promedio establecida mediante el espaciamiento vinculado a la altura promedio; la profundidad promedio de copa verde con relación a la altura de la base de copa y la edad. El modelo ajustado para predecir el incremento anual en área basal, en el sitio bajo estudio, de rodales sometidos a tratamientos de poda y raleo fue validado contra una muestra independiente arrojando un error promedio de estimación de  $-0,035\text{m}^2/\text{ha}$ .

**Palabras clave:** poda, raleo, longitud de copa, modelos de crecimiento, *Pinus taeda* L.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Pinus taeda* L. está ampliamente difundido en la región de suelos lateríticos que se encuentra en el nordeste de la provincia de Corrientes y en la provincia de Misiones en Argentina.

Modelos que permiten analizar y prescribir tratamientos silviculturales a los fines de incrementar el valor potencial de los rodales de esta especie han sido desarrollados en Brasil y Misiones (MALHEIROS DE OLIVERA y DE OLIVERA, 1992; FRIEDL *et al.* 1997). Sin embargo, estos carecen de la posibilidad de simular o proyectar el crecimiento de rodales jóvenes sometidos a tratamientos de poda.

RADTKE y BURKHART (1999), al analizar la evolución de rodales de distintas densidades, consideran que modelos que describen la evolución de estadios tempranos no han sido ajustados, entre

otros motivos, por la naturaleza variable de las características del rodal a edades jóvenes.

Sin embargo si se considera que la densidad del rodal afecta el volumen de follaje y que este determina los incrementos corrientes (KIKUZAWA *et al.* 1986), pueden establecerse relaciones que incluyan la estructura de copas y permitan predecir la respuesta de un rodal a una multiplicidad de tratamientos de poda y raleo.

En Nueva Zelanda numerosos ensayos de raleos y podas de *Pinus radiata* fueron establecidos en sus inicios con objetivos simples, como observar cambios en área basal y en los incrementos en altura; pero posteriormente, aceptando la importancia del beneficio económico como el mayor objetivo de las plantaciones, surgió el interés en desarrollar modelos que permitieran analizar o expresar los resultados en términos de producción física y retorno financiero (WEST *et al.* 1982; KNOWLES y WEST, 1986). Como producto de esos nuevos objetivos se desarrolló el modelo EARLY, que era parte de un sistema silvicultural denominado SILMOD (WITHESSIDE y SUTTON, 1983), siendo su función proyectar el crecimiento en área basal de un rodal joven en función de la longitud de copa por hectárea.

La longitud de copa /ha, la cual se define como la sumatoria de la profundidad de copa verde, tomada desde la primera rama verde hasta el ápice, de todos los ejemplares/ha, permitió determinar los cambios en crecimiento asociados tanto con las podas como con los raleos. Este modelo se basó en el hecho de que existe una relación estable y predecible entre la suma de los largos de copa y el área basal, que es suficientemente independiente del manejo que ha creado la cantidad de follaje (FIGTH *et al.* 1995). Estos autores trabajando con Pino Oregón señalan, en forma preliminar, determinaron que básicamente el mismo modelo aplicado a *Pinus radiata* D. Don mostró un buen comportamiento predictivo al analizar los crecimientos juveniles de esa especie.

En Argentina, se encontró una fuerte asociación entre el incremento en área basal y la longitud de copa en rodales jóvenes de *Pinus caribaea* var *caribaea* y *Pinus elliottii* (FASSOLA, 1991, 1993) sometidos a podas y raleos. ALLEGRANZA *et al.* (1997) también determinaron una relación estrecha entre longitud de copa y la disponibilidad de forraje en un rodal de *Pinus caribaea* var *caribaea*.

Dada la simplicidad de medición o estimación de esta variable (KNOWLES y WEST, 1986) y con el objetivo de desarrollar modelos en *Pinus taeda* L. que permitan predecir el efecto de podas y raleos a edades tempranas en la provincia de Misiones, se analizó la información generada en un ensayo de esta especie combinando estructuras de copas muy diferentes, generadas mediante una amplia gama de tratamientos silvícolas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información fue obtenida en un ensayo de raleo y poda en *Pinus taeda* L. origen Marion que fue instalado en 1995 sobre una plantación comercial de la especie (FASSOLA *et al.*, 1997). El mismo se encuentra ubicado en el Lote A 13 de la empresa Alto Paraná, en la localidad de Puerto Libertad, Departamento Iguazú, provincia de Misiones, Argentina, a los 26° 14' de lat. sur y 54° 36' de long. oeste. Los suelos responden a las características del gran grupo Kandiuult y el clima es de tipo semi-tropical húmedo (PAPADAKIS, 1974).

En la plantación original espaciada inicialmente a una distancia de aproximadamente 3 x 1,7 m, a la edad de 3 años, adoptando un diseño sistemático clinal (ALDER, 1980), en fajas de distinta densidad, generadas por raleos a esa edad, se configuraron densidades de 1.967 pl/ha (corresponde a la densidad original), 983 pl/ha, 491 pl/ha y 245 pl/ha, las cuales fueron cruzadas en sentido perpendicular por sub-fajas de distinta intensidad de remoción de la profundidad de copa verde, 0 %, 30 %, 50 % y 70 % (siendo aplicada esta última intensidad sólo en las densidades extremas). En cada sub-faja de intensidad de poda, las podas fueron aplicadas en diferente número de realces o levantes, variando estos de uno a cuatro (por Ej.: 30 % de remoción de copa en 1, 2, 3 y 4 realces de poda). 4 realces de poda sólo se aplicaron a los tratamientos de 491 y 245 pla/ha en las intensidades de 30 % y 50 % de remoción de copa viva, en virtud de la superficie disponible. Las podas, realizadas durante el período invernal, fueron ejecutadas con intervalos de un año. Cada tratamiento contó con 5 replicaciones. El último año de observación fue 1998, correspondiendo con la aplicación del último levante de poda (FASSOLA *et al.* 1997).

La superficie total del ensayo con borduras fue 6,5 ha correspondiendo a los tratamientos con una densidad de 1.967 pla/ha una superficie por parcela cercana a los 150 m<sup>2</sup> y en las demás densidades de aproximadamente 300m<sup>2</sup>. En cada tratamiento se efectuó anualmente la medición del diámetro a la altura del pecho (dap) y en una muestra aleatoria de árboles por tratamiento, que varió en intensidad entre el 11 y el 43 % de los ejemplares, se tomó la altura desde el suelo hasta la base de la copa verde (bcv) y la altura total (h).

De un total de 215 parcelas conformadas, 196 de ellas (588 observaciones como consecuencias de las mediciones anuales) fueron utilizadas en el estudio. La información recogida en las mediciones efectuadas entre los años 1995 y 1998 permitió ajustar modelos de altura total y base de copa para cada tratamiento, con lo cual fue factible estimar la altura total promedio y la longitud de copa verde (LCV), expresada en km/ha, para cada uno de ellos, como también estimar los incrementos en área basal. La altura dominante se estimó sobre la base de la

altura media de los 100 árboles de mayor diámetro/ha.

En la Tabla 1 se detallan los valores mínimos y máximos de las principales variables de estado y respuesta de las parcelas empleadas en el trabajo.

Previo al ajuste del modelo, de la totalidad de las parcelas que componían el ensayo se extrajo una muestra al azar de 19 de las mismas, las cuales totalizaban 58 observaciones de incrementos en área basal, para utilizarlas como muestra independiente a fin de analizar el error de estimación del incremento en área basal del modelo ajustado. En la Tabla 2 se detallan los valores mínimos y máximos de las principales variables de estado y de respuesta de las

parcelas de la muestra independiente. Con esta información se procedió a analizar mediante análisis de regresión “paso a paso” variables de estado de los rodales o sus transformaciones que permitieran predecir el incremento anual en área basal de rodales jóvenes sometidos a diversos tratamientos de remoción de copa basándose el método en la selección de la variable independiente más correlacionada con la variable dependiente, incluyendo en el paso siguiente otra variable que presente la mayor correlación parcial, previo reexamen de los pasos anteriores y así sucesivamente, siendo testeadas posteriormente por el Test de F (SCHNEIDER, 1998).

**Tabla 1. Valores mínimos y máximos de las variables de las parcelas de *Pinus taeda* L. origen Marion utilizadas en el estudio.**

**Table 1. Minimum and maximum values of variables of the plots of *Pinus taeda* L. Marion used in the study**

	E	N	G	dapc	Hdom	h	LCV	inc G
	años	nº/ha	m <sup>2</sup> /ha	cm	m	m	km/ha	m <sup>2</sup> /ha/año
<b>min</b>	3	121	1,21	7,3	5,4	4,6	0,30	0,38
<b>max</b>	5	2267	33,35	21,2	12	11	13,00	10,32

Nota: E: edad; N: nº de árboles; G: área basal; dapc: diámetro cuadrático promedio a 1,3; Hdom: altura dominante; h: altura promedio; LCV: sumatoria de las longitudes de copa verde; inc G: incremento corriente anual en área basal.

**Tabla 2. Valores mínimos y máximos de las variables de las parcelas utilizadas en la muestra independiente.**

**Table 2. Minimum and maximum values of the plots variables from the plots of the independent sample**

	E	N	G	dapc	Hdom	h	LCV	inc G
	años	nº/ha	m <sup>2</sup> /ha	cm	m	m	km/ha	m <sup>2</sup> /ha/año
<b>min</b>	3	228	1,91	7,6	5,8	4,7	0,75	0,86
<b>max</b>	5	2094	25,71	21,9	11,3	10,3	11,89	8,63

Nota: E: edad; N: nº de árboles; G: área basal; dapc: diámetro cuadrático a 1,3 m; Hdom: altura dominante; h: altura promedio; LCV: sumatoria de las longitudes de copa verde; inc. G: incremento anual en G.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de estado de las parcelas y transformaciones de las mismas fueron utilizadas para ajustar un modelo que permitiera predecir el incremento anual en área basal. De todas ellas la longitud de copa verde (LCV) (Tabla 3, (1); Tabla 4), fue seleccionada en primer término. En el Gráfico 1 puede observarse la evolución de los incrementos en área basal en función de la longitud de copa.

De la tendencia observada surge que hasta aproximadamente 1,5 km/ha de copa viva se mantiene una relación casi lineal con el incremento anual en área basal; situaciones similares también han sido observadas en *Pinus radiata* D. Don, *Pinus elliottii* y *Pinus caribaea* (WEST *et al.* 1982; FASSOLA, 1991, 1993). WEST *et al.* (1982) sostienen que este constituiría el límite de la copa “activa”, denominación que puede atribuirse a que los árboles crecen en forma libre y toda la copa es funcional. Puede sostenerse que previo a ese límite un incremento de longitud de copa se vería correspondido con un incremento proporcional en el

área basal (WEST *et al.* 1982; FASSOLA, 1991, 1993).

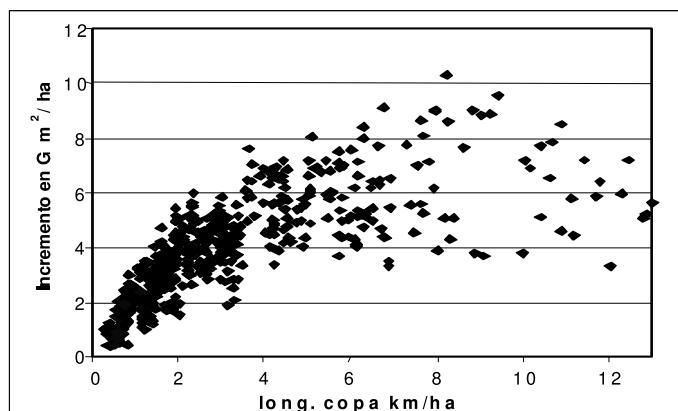
Entre 1,5 y los 5 km/ha de longitud de copa verde se puede observar la tendencia que ante nuevos incrementos de copa los incrementos en área basal serán menores que en la zona anterior, pudiendo denominarse a esta zona como de “copa parcialmente activa” (WEST *et al.* 1982), comenzando a producirse en su límite superior el cierre de copas del rodal.

Por encima de los 5 km/ha, la que de acuerdo con WEST *et al.* (1982) sería de “copa inactiva”, se observa la tendencia que nuevos incrementos de copa aportan incrementos mínimos en área basal.

Dado que el comportamiento de la copa está afectado por la densidad (WEST *et al.* 1982), otras variables independientes, que se describen a continuación y que incluyeron la misma, fueron analizadas y seleccionadas posteriormente por su contribución al modelo de predicción. Verificado el comportamiento de la variable independiente que

describe la poda alta y severa, en condiciones de existencias elevadas (HPHS) (Tabla 3 (2)) – descripta y empleada por WEST *et al.* (1982) –, se encontró que contribuía significativamente en la predicción del incremento en área basal, estableciéndose que las

parcelas que sufrieron podas intensas en condiciones de alta densidad, cayeron por debajo de la relación general establecida entre la longitud de copa verde y el incremento en área basal.



**Gráfico 1. Longitud de copa verde (km/ha) e incremento anual en área basal (m<sup>2</sup>/ha) en *Pinus taeda* L.**  
**Graph 1. Green crown length (km/ha) and basal area annual increment (m<sup>2</sup>/ha) of *P. taeda* L**

El “índice de esbeltez”, que relaciona el diámetro cuadrático a la altura del pecho con la altura (Tabla 3 (3)), también contribuyó significativamente en la predicción del incremento del área basal (tabla 4), al igual que lo establecieron WEST *et al.* (1982), constatándose que diámetros pequeños para una determinada altura cayeron por debajo de la relación general ya señalada.

El método “paso a paso” seleccionó otras dos variables independientes originadas de la transformación de variables de estado, una de ellas fue la que se denominó “factor de ocupación” (FO) (Tabla 3 (4); tabla 4), con el cual se refleja el espaciamiento medio entre árboles vinculándolo a la altura media. Otra fue la proporción establecida entre la longitud de copa del árbol medio (lcv) y base de la copa verde correspondiente al mismo (Tabla 3 (5)) y con la cual se describió la distribución de follaje verde del árbol medio de los distintos tratamientos, como también la posición de la última rama verde.

A diferencia de lo señalado por WEST *et al.* (1982) con *Pinus radiata* D. Don, la edad (Tabla 3 (6)) evidenció efectos sobre el crecimiento y junto con su transformación cuadrática fueron seleccionadas para ser incluidas en el modelo (Tabla 4).

En la Tabla 3 se detallan las variables independientes empleadas en la estimación del incremento en área basal.

La expresión del modelo ajustado, una vez depurada la base de datos, fue la siguiente:

$$\text{incG} = x1.LCV + x2.LCV^2 + x3.HPHS + x4. \\ \text{dmc/h} + x5.FO + x6.lcv/b\alpha + x7.E + x8.E^2$$

En la Tabla 4 se presentan los valores calculados para los coeficientes del modelo ajustado que arrojó un coeficiente de determinación de 0,974705 y un error estándar de 0,6595 y en la Tabla 5 los resultados del análisis de la varianza de la regresión. Puede observarse en la Tabla 4 que el coeficiente correspondiente a la variable LCV<sup>2</sup> presenta signo negativo, contrario al de LCV, ello encontraría su explicación en que nuevos incrementos de copa aportan incrementos mínimos en área basal, hasta el momento en que la biomasa foliar se hace constante, situación que no habría sido captada por un modelo determinístico como el empleado, aunque el valor del coeficiente – próximo a cero – atenúa su efecto, razón por lo cual no fue desechada.

Similar comportamiento tuvo el signo de los coeficientes de las variables edad y su expresión cuadrática, que encontraría una explicación en que, con el aumento de la misma, los incrementos tienden a disminuir y en forma marcada.

Los signos negativos de las variables HPHS y FO destacan, respectivamente, el efecto negativo de las podas intensas en condiciones de alta densidad sobre el crecimiento y que ese efecto negativo es dependiente de la ocupación del sitio que hacen los árboles al momento de su ejecución.

En las Figuras 2 y 3 se pueden observar los gráficos de incrementos observados y estimados y el de residuos.

**Tabla 3. Variables independientes utilizadas en el modelo de predicción de incremento en área basal.**  
**Table 3. Independent variables used in the prediction model of basal area increment**

Variable	Abreviación (unidades)	Significado	Cálculo
(1) Longitud de copa verde	LCV (km/ha)	Sumatoria largo todas copas/ha	
(2) Poda alta densidad alta	HPHS (m/m <sup>2</sup> )	Variable que relaciona la altura de poda con la densidad y la lcv del árbol medio	$((Hp - 1,3) * (n^o\ pla/ha/100) / lcv)^2$
(3) Relación dap/altura	dapc/h (cm/m)	Cociente dap-altura	$dapc / h$
(4) Factor de ocupación	FO (1/m)	Indicador de ocupación	$(10000/n^o\ pla/ha)^{(0,5/h)}$
(5) Relación lcv/base de copa verde	lcv/bcv (m/m)	Caracterización de la distribución del follaje	$lcv/bcv$
(6) Edad	E (años)	edad	

lcv : long. de copa verde del árbol medio (m); Hp = bcv : altura promedio de poda (m)

**Tabla 4. Coeficientes y estadísticos relevantes del modelo de predicción del incremento en G (m<sup>2</sup>/ha) de *Pinus taeda* L. entre los 3 y 5 años.**

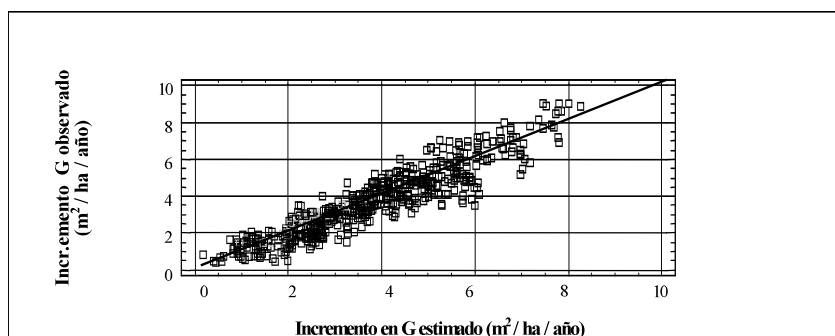
**Table 4. Coefficients and statistics of prediction model of G increment (m<sup>2</sup>/ha) of *Pinus taeda* L., between 3 and 5 years.**

Variables Indep.	Coefficientes	Error Estándar	Valor t	Valor P
LCV	1,013972	0,044	23,131	0,000
LCV <sup>2</sup>	-0,064202	0,004	-17,815	0,000
dapc/h	1,924748	0,251	7,660	0,000
HPHS	-0,000816	0,0001	-5,572	0,000
FO	-9,810902	0,549	-17,866	0,000
lcv/Hp	0,158291	0,029	5,530	0,000
E	6,021586	0,331	18,190	0,000
E <sup>2</sup>	-0,829456	0,044	-18,770	0,000

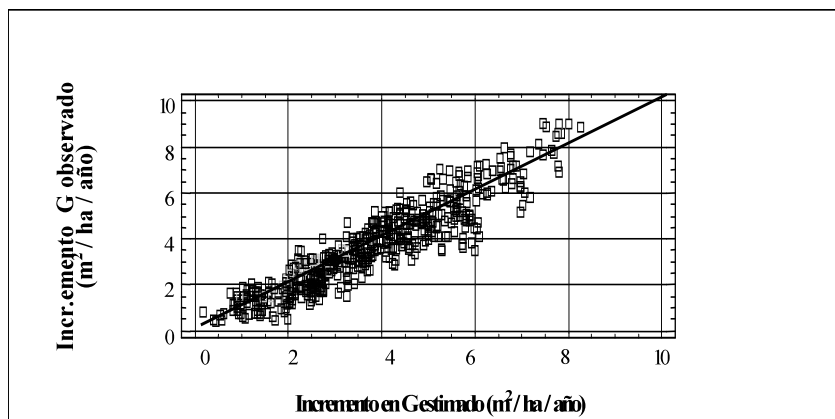
**Tabla 5. Anova del modelo de regresión para la predicción del incremento en G (m<sup>2</sup>/ha/año) de *Pinus taeda* L. entre los 3 y 5 años.**

**Table 5. Anova of the regression model for G increment (m<sup>2</sup>/ha/year) prediction of *Pinus taeda* L., between the ages of 3 and 5.**

Fuente	sc	n	F
Modelo	9419,42	8	2706,97
Error	244,448	562	
<b>Total</b>	<b>9663,868</b>	<b>570</b>	



**Gráficos 2. Valores estimados y observados de incremento anual en G (m<sup>2</sup>/ha) de *Pinus taeda* L.**  
**Graph 2. Estimated and observed value of G annual increment (m<sup>2</sup>/ha) of *Pinus taeda* L.**



Gráficos 3. Residuos del modelo de predicción del incremento en área basal de Pinus taeda L.  
Graph 3. Residuals of the prediction model for basal area increment of Pinus taeda L.

**Error de estimación del incremento en área basal**

Como resultado de los análisis de determinación del error de estimación del modelo ajustado se estableció un error promedio de estimación de  $-0,035$  m<sup>2</sup>/ha/año y un error absoluto promedio de  $0,474$  m<sup>2</sup>/ha/año. De las diferencias absolutas entre el incremento en área basal observado y estimado, según clases de error, surgió que el 81 % de los errores de estimación son inferiores a  $0,70$  m<sup>2</sup>/ha/año (Tabla 6).

**Tabla 6. Distribución porcentual de observaciones, según clases de errores de estimación del incremento en área basal.**  
Table 6. Percent distribution of observations, in relation to the error class of the basal area increment estimation

Dif. entre obs. y estim.	inc.G Parcial	Acumulado
m <sup>2</sup> /ha/año	%	%
< de 0,10	16	16
< de 0,2	11	26
< de 0,3	11	37
< de 0,4	18	54
< de 0,5	9	63
< de 0,6	7	70
< de 0,7	11	81
< de 0,8	5	86
< de 0,9	2	88
< de 1,1	2	89
< de 1,2	2	91
< de 1,3	4	95
< de 1,5	4	98
< de 1,7	2	100

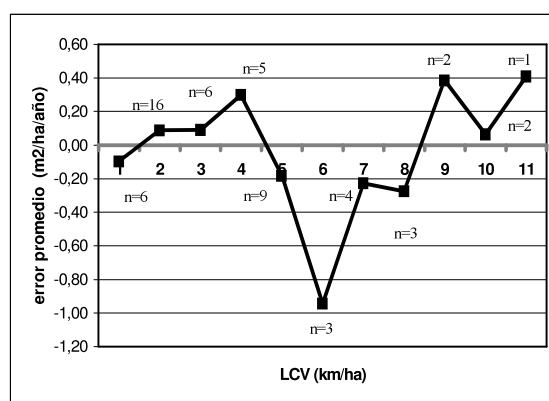


Gráfico 4. Distribución de los errores de estimación del incremento anual en G con relación a la longitud de copa verde  
Graph 4. Errors distributions of G annual increment estimation in relationship with green crown length.

Analizados los errores promedio de estimación ocurridos en función de la longitud de copa verde/ha (Graf. 4) se observó que se produjo una subestimación del incremento anual en área basal, no superior al  $0,5$  m<sup>2</sup>/ha/año, entre los  $2$  km/ha hasta los  $5$  km/ha y entre los  $8$  y los  $11$  km/ha. Una sobrestimación leve del mismo se produjo antes de  $1$  km/ha y entre los  $5$  y  $8$  km/ha, alcanzando un error cercano a  $1$  m<sup>2</sup>/ha/año cuando se alcanzan longitudes de copa de  $6$  km/ha. Aunque siendo el número de observaciones presentes en la muestra independiente a partir de los  $5$  km escasos, menos de  $4$  para todas las clases de longitudes de copa subsiguientes, puede considerarse que la estimación del error obtenida por encima de ese rango podría no ser lo suficientemente precisa.

Tal como sostienen KNOWLES y WEST (1986) la poda implicó la reducción de la longitud de copa verde y el raleo la disminución de las existencias o densidad en el rodal, por lo cual la longitud de copa/ha habría combinado tanto los efectos de la

poda como del raleo. A modo de ejemplo del uso de esta variable como expresión de la densidad puede mencionarse que una longitud de copa de 1,6 m/ha puede representar indistintamente un rodal donde sólo se practicó raleo y cuyas existencias son de 230 pla/ha con una altura media de 8,1 m y cuya base de copa se ubica a 1,2 m del suelo a los 4 años, o bien un rodal de igual edad con 490 pla/ha con una altura promedio de 7,6 m y podado hasta los 4,40 m. Una situación como la descrita se corresponde con la presentada a los 4 años de edad en el tratamiento sin poda con una densidad de 208 pla/ha o por el tratamiento con una densidad de 416 pla/ha y dos reales de podas (años 3 y 4) del 50 % de intensidad, donde los incrementos en área basal determinados al año 5 respectivamente para cada tratamiento fueron 3,4 y 3,2 m<sup>2</sup>/ha/año.

GARCIA (1990) considera, sin embargo, que tanto podas y raleos tienen impactos diferenciados en la competencia de raíces, como también en la ocupación del sitio, ya que el efecto de remover follaje por podas de la parte inferior de la canopia puede tener un efecto diferente al de la remoción de follaje verde del "interior" de la canopia, como sucedería en el caso de los raleos. Incluso al ejecutar raleos intensos, los árboles residuales no estarán en condiciones de realizar un uso inmediato de los nuevos recursos disponibles por efecto de la remoción de competidores. Por lo tanto, los incrementos del rodal raleado intensamente, serán generalmente menores al de uno de similar área basal, densidad y altura media, pero no recientemente raleado. Aunque este efecto es relativamente pequeño o incluso puede no ser perceptible.

A los fines de contrarrestar este efecto GARCIA (1990) propuso la incorporación en modelos de crecimiento de dos variables: 1) el grado relativo de "cierre" del rodal, que representa la cantidad de materiales de asimilación con relación a la que se encuentra en un rodal que hace plena ocupación del sitio y 2) la ocupación relativa del sitio, que es definida como el incremento bruto en volumen con relación al incremento que tendría en una situación de plena ocupación del sitio.

En el modelo ajustado, si bien tanto raleos como podas son expresados como remoción de longitud de copa verde, se incorporaron variables que hacen referencia a la ocupación del sitio y a la distribución del follaje, aunque estas no están con relación a valores que se alcanzarían en una ocupación completa del sitio.

Los estudios de biomasa foliar en *Pinus taeda* L., con los cuales se podrían obtener variables similares a la descrita por GARCÍA (1989), en nuestra región son incipientes y no cubren una gama relativamente amplia de situaciones (FRANGI *et al.* 2000). Pudiendo considerarse por lo tanto apropiado, hasta tanto se alcance una mayor evolución en los conocimientos sobre aspectos vinculados a la ecofisiología de la especie, el empleo de la longitud

de copa verde para predecir los incrementos en área basal de rodales sometidos a podas y raleos, dado el bajo costo de medición de la misma.

## CONCLUSIONES

Mediante el uso de la longitud de copa, variable práctica de medir y hasta cierto grado independiente del tipo de manejo que genera un determinado volumen de follaje, fue factible predecir para el sitio bajo estudio el efecto de podas y raleos, aplicados en parcelas juveniles de *Pinus taeda* L. origen Marion, sobre el incremento anual en área basal, debido a la estrecha relación que presentaron ambas variables.

Conjuntamente al efecto general de la copa sobre el crecimiento también se identificaron otras variables que fueron incluidas en el modelo de predicción del incremento en área basal, como aquella que describe podas intensas en rodales con alta densidad (HPS), la relación  $dapch$ , un factor de ocupación relacionado con el espaciamiento y la altura media del rodal (FO), una relación que describe la distribución del follaje del árbol medio y la edad.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada por D. Allegranza, J. Bernio, A. Field, A. Lupi, N. Pahr, J. Segovia y C. Valiente, durante las mediciones, como también por sus aportes y sugerencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol. 2 Predicción del rendimiento. Estudio FAO: Montes 22/2. Roma, 80 pp.
- ALLEGANZA D., Torres E., Reboratti H., Fassola H. 1997. Efecto de la densidad del *Pinus caribaea* var. *caribaea* sobre la oferta forrajera. Actas del II Congreso Argentino y Latinoamericano. Posadas Misiones, del 13 al 15 de agosto de 1997.
- FRANGI J. L., Goya J. F., Pérez C., Fernández R., Lupi A., Kuzdra H. 2000. Ciclo de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el norte de la Provincia de Misiones. Informe final Proyecto de Investigación Aplicada 46/96. Proyecto Forestal de Desarrollo. SAGPyA-BIRF (Convenio de Préstamo 3948 – AR). Bs. As., 62 pp.
- FASSOLA. H.E. 1991. Respuesta del *Pinus caribaea* var. *Caribaea* a los tratamientos silvícolas directos en Misiones, Arg. Informe de Avance 2. Actas Jornadas Sobre *Pinus Caribaea*. CIEF: 151-163.
- FASSOLA. H.E. 1993. Regímenes silvícolas con Producción de madera libre de nudos en *Pinus elliottii* Engelm en la zona central de la provincia de Corrientes. 1<sup>er</sup> informe de avance: El control del diámetro sobre muñón en 15 cm con

- tratamientos directos, en dos operaciones de poda. *Yvyrareta* 3:28-62 pp.
- FASSOLA. H.E. y Gelid M.. 1997. Diámetro máximo sobre muñones al momento de la primer poda en árboles dominantes de *Pinus taeda* L. del Dpto. Iguazú, Misiones. INTA EEA Montecarlo Inf. Técn n° 19: 1-6 pp.
- FIGTH R., Knowles L., Ian Mc Innes. 1995. Effect of Pruning on Early Growth and Stand Dynamics in Douglas-Fir Plantations. *Caring For the Forest: Research in a Changing World. Abstracts of Invited Papers. IUFRO XX World Congress*, pp:64. Tampere, Finland.
- FRIEDL A., Crechi E., Fassola H. 1997. Simulador Forestal. *Pinus taeda. Manual de Descripción Técnica*: 1-15.
- GARCÍA O. 1989. Growth of Thinned and Pruned Stands. IUFRO Conference “New approaches to spacing and thinning in plantation forestry” Session 2 “New Zealand techniques for the physical and economic evaluation of spacing and thinning options”. pp 84-96. Rotorua. New Zealand.
- KIKUZAWA K., Asai T., Mizui N. y Seiwa K. 1986. Optimum tree sizes and density in relation to crown volume in an alder plantation. Crown and canopy structure in relation to productivity. IUFRO. Edited by Fujimory T. And Withehead D. Forestry and Forest products Research Institute, Ibaraki, Japan: pp 98-103.
- KNOWLES R.L. y West G.G. 1986. The use of crown length to predict the effects of pruning and thinning in *Pinus Radiata*. Crown and canopy structure in relation to productivity. IUFRO. Edited by Fujimory T. and Withehead D. Forestry and Forest products Research Institute, Ibaraki, Japan: pp 104-117.
- MALHEIROS DE OLIVEIRA Y.M. y de Oliveira E.B.. 1992. Sistema de simulación de crecimiento y producción de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* en el Brasil. *Jornadas sobre pinos subtropicales. CIEF* (1):34-40 pp.
- PAPADAKIS J. 1974. Ecología, Posibilidades agropecuarias de las provincias argentinas. *Enc. Arg. de Agric. y Jardinería. Segunda Edición. Tomo II, fascículo 3:3-7. Ed. Acme Agency. Bs As.*
- RADTKE P. J. y Burkhart H.E.. (1999). Basal Area Growth and Crown Closure in a Lobolly Pine Spacing Trial. *Forest Science*, 45(1)1999: 35-44.
- SCHNEIDER P. R. 1998. Análise de Regressão Aplicada à Engenharia Florestal. Univ. Fed. de Santa Maria. Centro de Ciencias Rurais. Departamento de Ciências Florestais. Centro de Pesquisas Florestais – CEPEF. P. 236.
- WEST G.G., Knowles R. L., Koehler A. R., 1982. Model to predict the effects of pruning and early thinning on the growth of radiata pine. *FRI Bulletin* 5:1-35 pp. Rotorua. Nueva Zelanda.
- WITHEHEAD R. y Sutton W. J. 1983. A silvicultural stand model: Implications for radiata pine management. *New Zealand Journal of Forestry*: 300-313 pp.