

APLICACION DEL ANALISIS FUSTAL EN LA EVALUACION DE REGIMENES DE PODA EN
Pinus taeda L. Marion EN MISIONES, ARGENTINA

Ramón A. Friedl ¹
Mónica Gelid de Ruibal ²
Julio C. Bernio ¹
Fabiana B. Isidro ¹

SUMMARY

The aims of this work was to study the applicability and precision of the stem analysis method applied to stand growth estimation in simulation of predefined pruning schedules, evaluating the production of total clearwood and clear plywood.

The data was obtained from stand of *Pinus taeda L. Marion*, 13 years old, at the Km 22 of Colonia Delicia, Misiones, Argentina; established in 1982, with a initial planting density of 2222 stems/ha.

Three predefined pruning schedules were used, formulated as to reach the same final pruning height. One of them (Regimen III), scheduled to perform 3 pruning operation at age 3, 4 and 5, a second one (Regimen II), with 2 pruning events at ages 4 and 5 and the last one (Regimen I) with only 1 pruning operation at age 5.

The methodology was easy to apply and there was a good approximation between the estimated volume and those obtained by the traditional forest inventory of the company.

On average the mean yield of total clearwood (m³/ha) was a 10% higher in Regimen III, and 7% higher in Regimen II, comparing both with Regimen I.

On average, the yield of clear plywood (m³/ha) was as compared with Regimen I, 16% higher in the Regimen III, and 11% higher in Regimen II.

On average, the yield of total clearwood and clear plywood was higher in Regimen II, starting pruning at 3 years of age with 3 pruning operations.

Key words: Stem analysis, pruning, *Pinus taeda L.*

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivos estudiar la aplicación y determinar la precisión de la metodología del análisis fustal en la evaluación de regímenes de poda predefinidos, determinando la producción de madera total y laminable libre de nudos.

El estudio se realizó en una plantación *Pinus taeda L. Marion* de 13 años de edad, ubicada en el km. 22 de Colonia Delicia, Misiones; plantada en 1982, con una densidad inicial de 2.222 plantas

por hectárea.

Los 3 regímenes de poda comparados, se formularon a fin de alcanzar una misma altura de poda final; uno de ellos con tres podas realizadas a los 3, 4 y 5 años, designado como régimen III; otro con dos podas a los 4 y 5 años, designado como II y el último con una sola poda a los 5 años, designado como I.

La metodología del análisis fustal fue fácil de aplicar, verificándose una gran coincidencia entre el volumen estimado y el obtenido en el inventario forestal tradicional de la empresa.

En promedio, la producción de madera total libre de nudos por hectárea fue un 10 % mayor en el régimen III que en el I y del 7 % mayor en el régimen II que en el I.

En promedio, la producción de madera laminable libre de nudos por hectárea fue un 16 %

(1) Integrantes de la Cátedra de Dasometría. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124. 3382. Eldorado. Misiones. Argentina.

(2) Jefe del Departamento de Investigaciones de la Empresa Alto Paraná S. A., Puerto Esperanza, Misiones.

mayor en el régimen III que en el I y del 11 % mayor en el II que en el I.

En promedio la producción de madera total y laminable libre de nudos fue mayor en el régimen de poda con tres levantes de poda anuales a partir del tercer año.

Palabras claves: Análisis de fustes, poda, *Pinus taeda* L..

INTRODUCCION

El crecimiento y la producción de una plantación depende de varios factores: material genético, calidad de sitio, densidad de plantación, edad, tratamientos culturales y tratamientos silviculturales aplicados, tales como raleos y podas.

La introducción de los materiales genéticos mejorados (semillas de orígenes seleccionados y de huertos semilleros), los cuales presentan mayores ritmos de crecimiento, exigen una revisión de los regímenes de raleos y de podas aplicados en la zona.

Por otro lado, en forma similar a lo ocurrido en Sudáfrica, Nueva Zelanda y Chile, entre otros países; todo indica que el manejo de las plantaciones forestales de Misiones se tornará progresivamente más intensivo en el mediano plazo y la puesta en práctica del mismo, requiere poder analizar varios programas alternativos de raleos y podas y seleccionar luego los más compatibles con los objetivos de la empresa; considerando en cada caso el sitio, el material genético, los costos y la distancia al mercado.

La operación de poda tiene varios objetivos, entre los que se destaca la producción de madera libre de nudos, que se considera de mayor calidad, mayor valor y demanda asegurada en el mercado mundial de productos madereros.

Las decisiones a tomar en relación a un programa de podas, son las siguientes:

- a- edad (o tamaño de los árboles) necesaria para aplicar cada operación de poda.
- b- altura de cada intervención.
- c- cantidad de árboles a podar.
- d- época en el año en la cual se aplicará la poda.

Para realizar la evaluación de un programa de poda, se debe disponer de informaciones sobre el volumen de madera libre de nudos generado en cada programa, entre otras.

Paralelamente a la instalación de una serie de ensayos experimentales de mediano y largo plazo, un estudio como el presentado permite en un tiempo relativamente breve y a bajo costo, obtener la

información de crecimiento que se encuentra registrada en los anillos de crecimiento de los árboles de las primeras plantaciones realizadas en la región con el material mejorado.

El análisis fustal es una técnica epidométrica, utilizada para determinar el crecimiento pasado de los fustes de los árboles, que combinada con la de los árboles tipos o medios, permite estudiar el crecimiento pasado de un rodal.

A pesar de las restricciones de la metodología, ya que se trabaja con datos de árboles no podados para estimar el comportamiento de árboles podados, la misma constituye hoy una de las pocas alternativas de análisis posible de aplicar, dada la juventud de los ensayos de poda instalados y la carencia de modelos de simulación de podas locales que permitan cuantificar el efecto de diferentes regímenes de poda.

OBJETIVOS

1.- Estudiar la aplicación de la metodología del análisis fustal en la evaluación de regímenes de poda predefinidos.

2.- Comparar 3 regímenes de poda predefinidos en lo referente a la producción total de madera libre de nudos y de madera laminable libre de nudos.

3.- Evaluar la precisión de la metodología. El mismo material se podría emplear para estudiar el espesor de los anillos de crecimiento y las propiedades físico-mecánicas de la madera pero esto no constituyó el objetivo de este trabajo.

MATERIALES Y METODOS

CARACTERISTICAS DE LA PLANTACION BAJO ESTUDIO

El estudio se realizó en una plantación de *Pinus taeda* L., origen *Marion*, ubicada en el km. 22 de Colonia Delicia, Provincia de Misiones, plantada en 1982, con una densidad inicial de 2.222 plantas por hectárea.

A los 7 años la plantación contaba con una densidad de 1.800 plantas por hectárea, aplicándose un raleo sistemático con una intensidad de 50 %, que redujo la densidad a 900 plantas por hectárea. A los 11 años se efectuó el segundo raleo, extrayéndose nuevamente el 50 % de los ejemplares, resultando una densidad de 450 plantas por hectárea. Al realizarse el estudio la plantación contaba con 13 años de edad.

METODOLOGIA

Se aplicó la técnica del análisis fustal, tradicionalmente usada en la epidometría, para

reconstituir el crecimiento pasado de los árboles, cuando los mismos no han sido medidos a través del tiempo y presentan anillos anuales de crecimiento posibles de diferenciar, tal el caso de las coníferas en Misiones.

En el estudio se combinó el análisis de fustes con la cubicación de la plantación a través del método de los árboles tipo o medios.

La metodología utilizada se puede dividir en tres partes:

- a) Inventario forestal
- b) Análisis de fustes
- c) Análisis de los regímenes de poda

a) Metodología del Inventario Forestal de la Plantación

Se realizó según la metodología de inventario aplicada normalmente por la empresa, estableciéndose 13 parcelas rectangulares de aproximadamente 500 m², en un diseño de muestreo sistemático, midiéndose en cada una de ellas, los diámetros a la altura del pecho de todos los árboles y alturas en una submuestra de 10 árboles distribuidos uniformemente en las clases diamétricas. El procesamiento de los datos se realizó con el sistema de inventario forestal de la empresa.

b) Metodología del Análisis Fustal

Definición de las dimensiones y localización de los árboles

Para la determinación de las dimensiones de los árboles a cortar, se elaboró primero una tabla de distribución diamétrica con clases de 1 cm y se ajustó una relación hipsométrica para la plantación.

Posteriormente se consideraron 5 clases diamétricas, definidas según se indica en la tabla 1, utilizando la media aritmética y el desvío estándar de los diámetros.

Tabla 1.- Definición de las clases diamétricas

Clase Número	Intervalo de clase (cm)
1	$d < \bar{d} - 2s$
2	$\bar{d} - 2s < d < \bar{d} - s$
3	$\bar{d} - s < d < \bar{d} + s$
4	$\bar{d} + s < d < \bar{d} + 2s$
5	$d > \bar{d} + 2s$

donde:

d = diámetro a la altura del pecho (cm)

\bar{d} = diámetro promedio (cm)

s = desvío estándar del diámetro (cm)

Posteriormente se estimaron las alturas medias correspondientes al punto medio de cada clase diamétrica y luego empleando una tabla con los diámetros medios y las alturas medias estimadas para cada clase diamétrica, el equipo de inventario de la empresa procedió a localizar en la plantación un árbol de dichas dimensiones por clase diamétrica.

Apeo de los árboles

El apeo de los árboles se realizó en forma conjunta entre el personal del Departamento de Investigaciones de la Empresa, de la Facultad y de la EEA-INTA de Montecarlo.

En cada uno de los árboles seleccionados, se marcó la altura de 1,30 m del suelo previo al apeo, lo cual sirvió para localizar exactamente la posición del diámetro a la altura del pecho después de apearse el árbol.

Marcación, corte y tratamiento de los discos

Los discos empleados en el trabajo fueron marcados según un patrón predeterminado, a las alturas de 0,1; 0,3; 0,7; 1,3; 2,0 m y en adelante a cada metro hasta el ápice del árbol. Se los marcó sobre la corteza con lápiz de cera, cortándolos con un espesor de aproximadamente 5 cm.

En el árbol de la clase diamétrica 3, se cortaron dos discos sucesivos en cada una de las alturas, uno de ellos para el análisis fustal y otro para un estudio complementario sobre la densidad de la madera.

Los discos cortados fueron transportados al laboratorio del Departamento de Investigaciones de la Empresa, sometiéndolos inmediatamente a un baño antifúngico preventivo. Luego se procedió a su secado durante 1 mes, en un lugar ventilado y bajo techo. Finalmente se los lijó en una de las caras.

Medición de los discos

La medición de los discos se realizó siguiendo la metodología empleada por Barusso (1977) y Friedl et. al. (1990), marcándose inicialmente en cada disco, cuatro radios perpendiculares, de los cuales el primero se establecía a 45° del diámetro máximo.

La medición de los radios de cada anillo se realizó con escalímetros, registrándose los datos en planillas pre-impresas diseñadas al efecto.

Procesamiento de los datos

Posteriormente se grabaron y verificaron los datos de cada árbol, corrigiéndose algunos errores de medición y de grabación. El procesamiento final se hizo a través de un sistema de análisis fustal, obteniendo para cada uno de los árboles una planilla de resultados donde se presentan el diámetro, la altura, el área transversal, el volumen y sus respectivos crecimientos corrientes y medios anuales y coeficientes mórnicos en función de la edad del árbol. Asimismo se obtuvo un gráfico del perfil en escala de cada árbol y un archivo con los radios medios de los anillos a cada altura de medición.

c) Análisis de los regímenes de poda

A modo de ejemplo del uso de esta metodología se consideró el análisis de tres regímenes de poda, que se describen en la Tabla 2, mientras que en la Figura 1 se representa gráficamente el efecto de cada uno de los ellos en una clase diamétrica.

Dichos regímenes contemplan obtener tres

Tabla 2.- Regímenes de poda analizados

REGIMEN DE PODA	EDAD DE LA PODA	ALTURAS DE PODA	CANTIDAD DE ARBOLES
III	3	0 - 2,50	300
	4	2,50 - 4,90	300
	5	4,90 - 7,30	300
II	4	0 - 4,90	300
	5	4,90 - 7,30	300
I	5	0 - 7,30	300

rollos de madera podada de 2,40 m de longitud, considerándose una altura de tocón de 10 cm, con una, dos y tres podas.

La densidad final se fijó en 300 árboles por hectárea, seleccionando los mismos en forma acumulativa de mayor a menor clase diamétrica. O sea, se consideraron inicialmente todos los árboles de la clase 5, luego todos los de la clase 4 y finalmente los de la clase 3 en cantidad suficiente para completar los 300 árboles por hectárea.

Se evaluó en forma numérica y gráfica el efecto de cada régimen de poda sobre la producción de madera total y laminable libre de nudos, en los árboles medios de cada una de las 5 clases diamétricas y en una hectárea de la plantación, a la edad de 13 años en que se realizó el estudio.

Para ello se calcularon los volúmenes de madera podada y de madera con nudos, aplicando

la fórmula de Smalian para el cálculo del volumen de cada rollo y acumulando los volúmenes según las edades y las alturas de poda hasta 7,30 m. El volumen de madera total libre de nudos se obtuvo como diferencia de los anteriores.

La comparación de los volúmenes de madera total libre de nudos entre los regímenes de poda, se realizó calculando los porcentajes, tomando para ello como base los volúmenes producidos por el régimen I, considerados como el 100 %.

Finalmente se evaluó el efecto de cada régimen de poda sobre la producción de madera laminable en cada clase diamétrica y en la plantación.

Para determinar el volumen de madera laminable en cada una de las secciones de 2,40 m, se consideraron dos cilindros. Uno interno (cilindro con nudos) determinado a partir del radio mínimo de la sección inferior y otro externo (cilindro sin nudos) determinado por el radio máximo de la sección superior. Los volúmenes se obtuvieron a través de la fórmula del volumen del cilindro y el volumen laminable libre de nudos de cada troza de 2,40 m,

como diferencia de los volúmenes anteriores hasta la altura de poda de 7,30 m, según la Figura 2.

La comparación de la madera laminable producida se realizó de la misma manera que en el caso anterior, considerando como 100 % lo producido por el régimen I.

En ambos casos, para el cálculo de los volúmenes por hectárea se multiplicaron los volúmenes de los árboles individuales por la cantidad de árboles correspondientes, en las tres clases diamétricas consideradas para totalizar los 300 árboles por hectárea.

Para evaluar la precisión del método usado, se comparó el volumen total obtenido por el método bajo estudio con el obtenido a través del inventario forestal aplicado tradicionalmente por la empresa.

RESULTADOS Y DISCUSION

Figura 1.- Descripción gráfica de los regímenes de poda

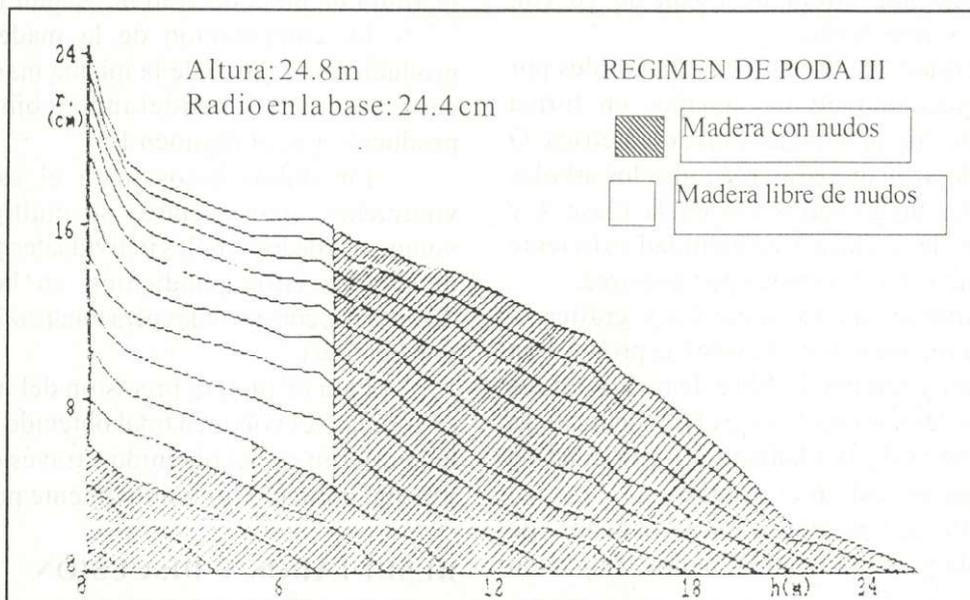
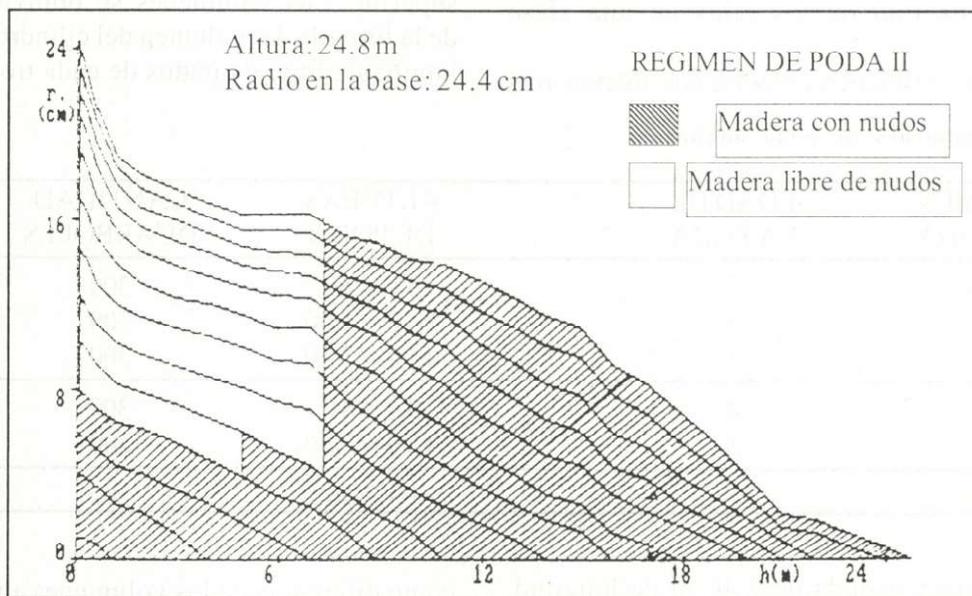
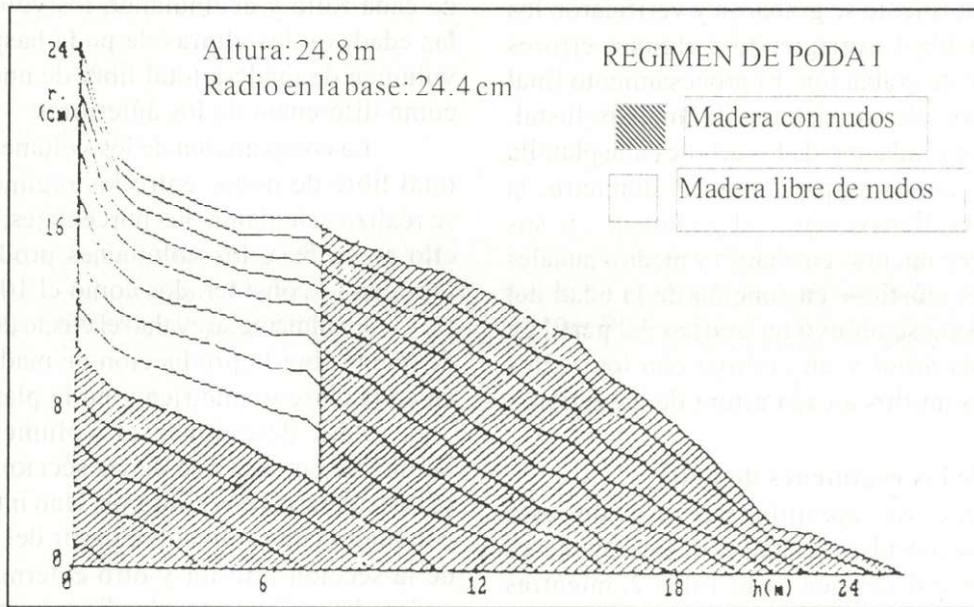
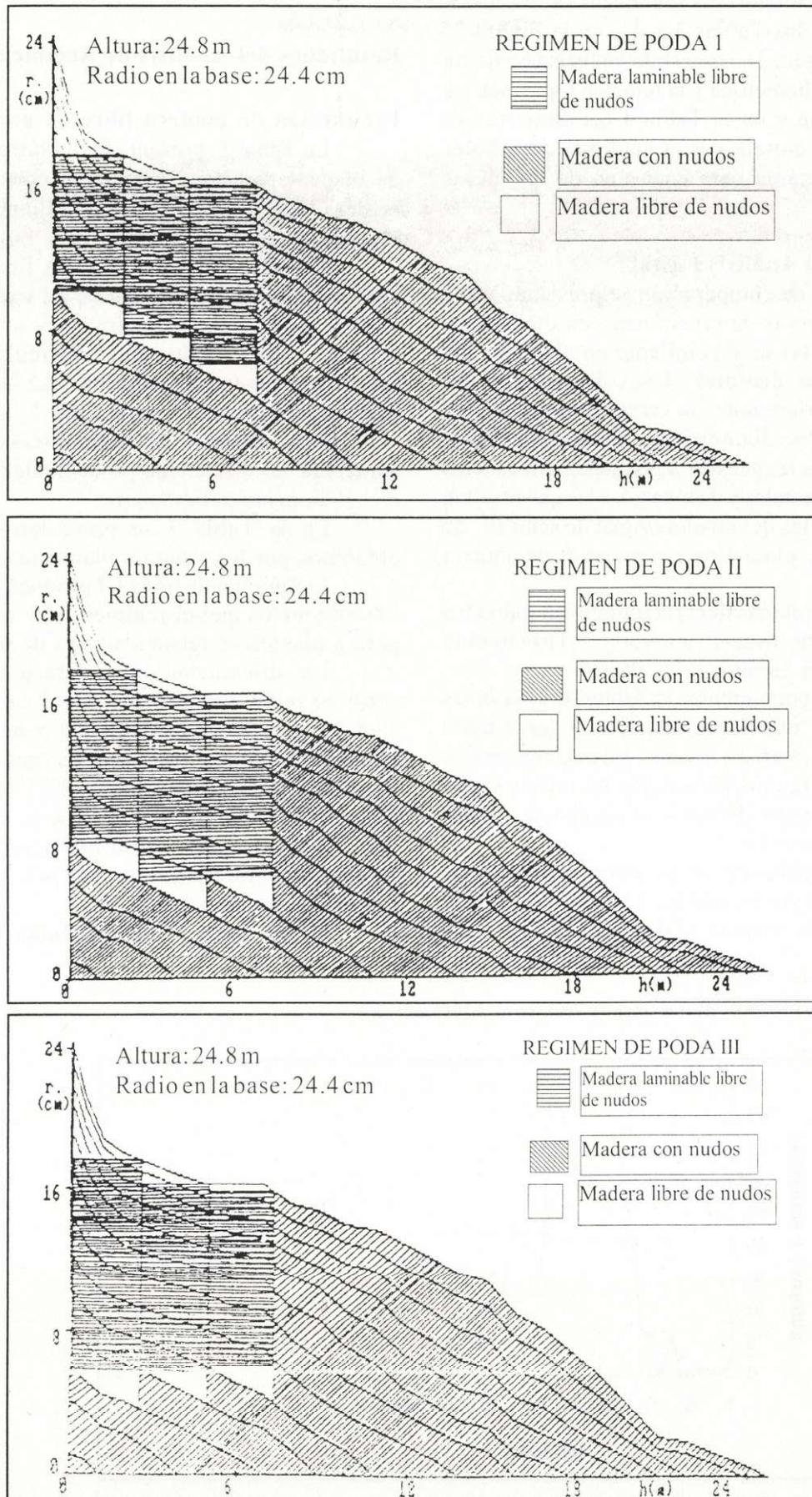


Figura 2. Descripción de la madera laminable libre de nudos según régimen de poda



Resultados del Inventario Forestal

El inventario forestal suministró los resultados presentados en las Tablas 3 y 4 y en la Figura 3.

En la Figura 3 se muestran en forma conjunta la distribución diamétrica y la relación hipsométrica de la plantación y en la Tabla 4 las dimensiones de los árboles cortados y la cantidad de árboles totales por hectárea para cada una de las clases diamétricas.

Resultados del Análisis Fustal

A modo de comparación se presentan en la Figura 4 las curvas de crecimiento en diámetro y en la Figura 5 las de crecimiento en altura de los árboles, de las distintas clases diamétricas. Se observan las diferencias de crecimiento naturales entre las clases diamétricas. Esas diferencias manifiestan las respuestas a pequeñas diferencias genéticas, ambientales y de manejo, a las que resultan sometidos árboles del mismo origen de semilla, de la misma edad, plantados y manejados de manera similar.

Las diferencias del crecimiento en diámetro entre las clases diamétricas son relativamente mayores que en el caso de la altura.

Los comportamientos variables de los árboles en las edades inferiores respecto a las edades superiores, resultan de efectos microambientales que luego de algunos años dejan de influir significativamente, pero afectan a las decisiones sobre las podas tempranas.

Esto sugiere que en próximas aplicaciones de la metodología se trabaje con secciones más próximas en las menores alturas del árbol, por

ejemplo cada 20 cm en los primeros 3 m de altura, a efectos de una mejor descripción del crecimiento en las edades tempranas.

Resultados del Análisis de Regímenes de Poda

Producción de madera libre de nudos

La Tabla 5 presenta los volúmenes totales, de madera podada, de madera con nudos y de madera libre de nudos por clase diamétrica y por régimen de poda estudiado.

Las diferencias de madera libre de nudos entre los regímenes de poda III y I varían entre un 37,5 % en la clase diamétrica 1 y un 9,18 en la clase 5. Mientras que entre los regímenes II y I las diferencias varían entre un 22,5 % en la clase diamétrica 1 y un 6,39 en la clase 5.

Aun cuando las diferencias absolutas aumentan, las diferencias porcentuales disminuyen con el aumento del diámetro.

En la Tabla 7 se presentan los valores obtenidos por hectárea de plantación.

El régimen de poda III produce más madera libre de nudos que el régimen II y este que el I, pese a plantarse iguales alturas de poda.

Las diferencias de madera libre de nudos entre los regímenes de poda III y I varían entre un 37,5 % en la clase diamétrica 1 y un 9,18 en la clase 5. Mientras que entre los regímenes II y I las diferencias varían entre un 22,5 % en la clase diamétrica 1 y un 6,39 en la clase 5.

Aun cuando las diferencias absolutas aumentan, las diferencias porcentuales disminuyen con el aumento del diámetro.

En la Tabla 7 se presentan los valores

Figura 3.- Distribución diamétrica y relación hipsométrica

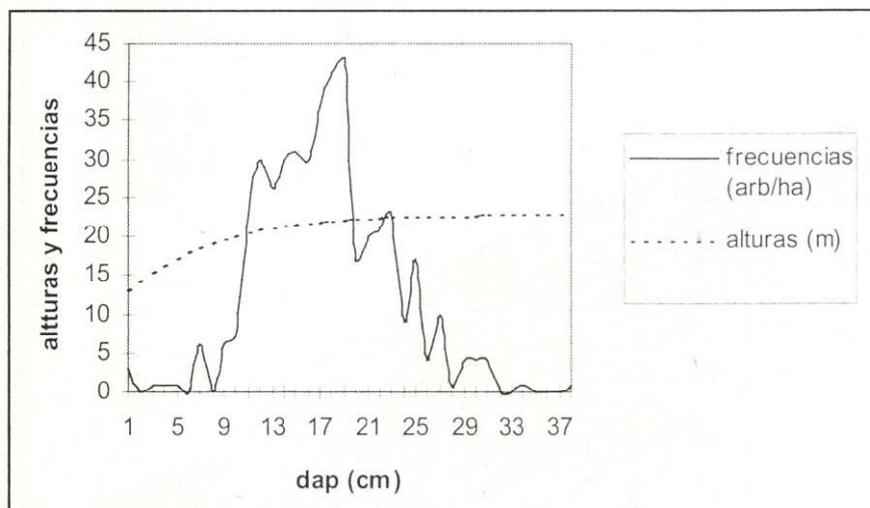


Tabla 3.- Resultados del Inventario Forestal

Característica	Unidad	Valor
Edad	(años)	13
Tamaño de la muestra	parcelas	13
Número de árboles	(Arb/ha)	457
Área basal	(m ² /ha)	29,25
Diámetro medio	(cm)	30,11
Altura media	(m)	22,14
Volumen	(m ³ /ha)	279,50

Tabla 4.- Dimensiones de los árboles cortados y cantidad de árboles por clase

Clase diamétrica	diámetro medio (cm)	altura media (m)	Número de árboles (Arb/ha)
1	13,00	17,54	7
2	21,75	21,99	72
3	27,55	23,36	298
4	34,45	24,82	64
5	40,85	24,84	16

Figura 4.- Curvas de crecimiento en diámetro por clase diamétrica

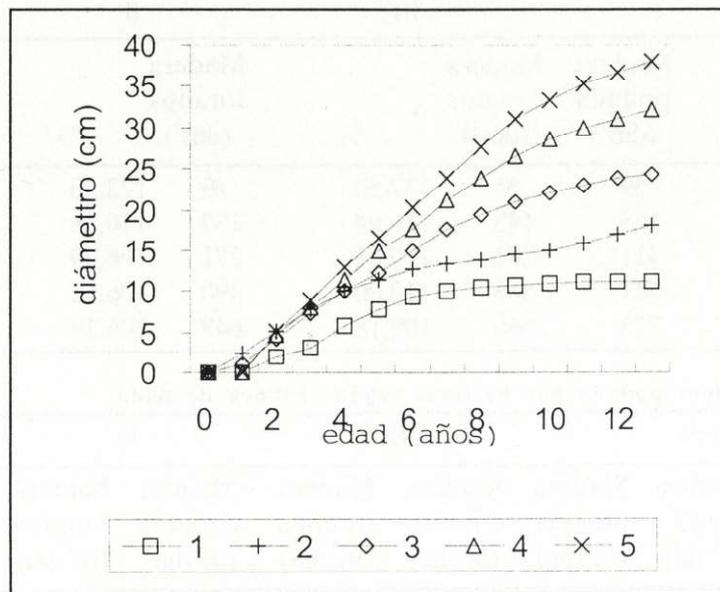


Figura 5.- Curvas de crecimiento en altura por clase diamétrica

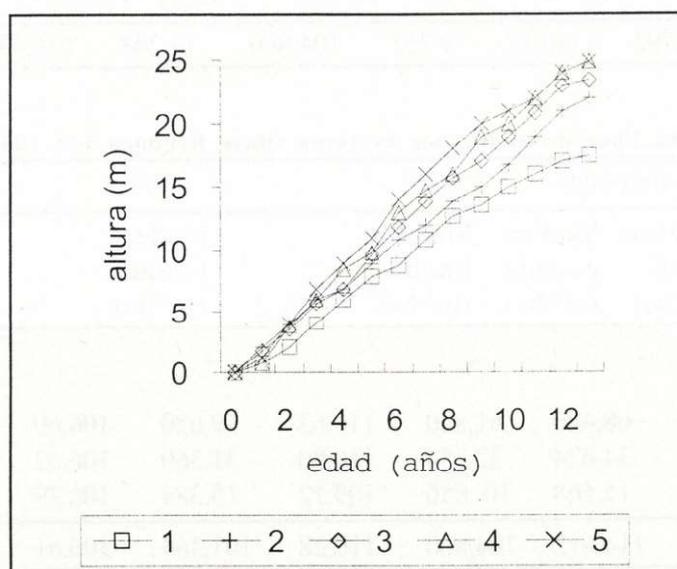


Tabla 5.- Producción de madera podada y libre de nudos por clase diamétrica y árbol medio según régimen de poda

Clase diamétrica número	Volumen total (dm ³)	Régimen de poda						
		III			II		I	
		Madera podada (dm ³)	Madera c/nudos (dm ³)	Madera l/nudos (dm ³)	Madera c/nudos (dm ³)	Madera l/nudos (dm ³)	Madera c/nudos (dm ³)	Madera l/nudos (dm ³)
1	82	59	4	55	10	49	19	40
2	318	168	23	145	31	137	44	124
3	569	311	30	281	40	271	57	254
4	991	541	35	506	51	490	81	460
5	1.271	723	57	666	74	649	113	610

Tabla 6.- Proporción de madera libre de nudos por árbol medio según régimen de poda

Clase diamétrica número	Volumen total (dm ³)	Régimen de poda						
		III			II		I	
		Madera podada (dm ³)	Madera l/nudos (dm ³)	%	Madera l/nudos (dm ³)	%	Madera l/nudos (dm ³)	%
1	82	59	55	137,50	49	122,50	40	100
2	318	168	145	116,94	137	110,48	124	100
3	569	311	281	110,63	271	106,69	254	100
4	991	541	506	110,00	490	106,52	460	100
5	1.271	723	666	109,18	649	106,39	610	100

Tabla 7.- Producción de madera podada por hectárea según régimen de poda

Clase diamétrica número	Régimen de poda		III			II		I	
	Arb. podados (Arb./ha)	Volumen total (m ³ /ha)	Madera podada (m ³ /ha)	Madera c/nudos (m ³ /ha)	Madera l/nudos (m ³ /ha)	Madera c/nudos (m ³ /ha)	Madera l/nudos (m ³ /ha)	Madera c/nudos (m ³ /ha)	Madera l/nudos (m ³ /ha)
1	—	0,574							
2	—	22,896							
3	220	169,562	68,420	6,600	61,820	8,800	59,620	12,540	55,88
4	64	63,424	34,624	2,240	32,384	3,264	31,360	5,184	29,44
5	16	20,336	11,568	0,912	10,656	1,184	10,384	1,808	9,76
Total	300	276,792	114,612	9,752	104,860	13,248	101,708	19,532	95,08

Tabla 8.- Porcentajes de madera libre de nudos por hectárea (Base Régimen I = 100)

Clase diamétrica número	Régimen de poda		III			II		I	
	Arb. podados (Arb./ha)	Volumen total (m ³ /ha)	Madera podada (m ³ /ha)	Madera l/nudos (m ³ /ha)	%	Madera l/nudos (m ³ /ha)	%	Madera l/nudos (m ³ /ha)	%
1	—	0,574							
2	—	22,896							
3	220	169,562	68,420	61,820	110,63	59,620	106,69	55,88	100
4	64	63,424	34,624	32,384	110,00	31,360	106,52	29,44	100
5	16	20,336	11,568	10,656	109,12	10,384	106,39	9,76	100
Total	300	276,792	114,612	104,860	110,28	101,364	106,61	95,08	100

Tabla 9.- Producción de madera laminable libre de nudos por clase diamétrica y árbol medio según régimen de poda

Régimen de poda		III			II		I	
Clase diamétrica número	Volumen total (dm ³)	Cilindro exterior (dm ³)	Cilindro c/nudos (dm ³)	Volumen láminas (dm ³)	Cilindro c/nudos (dm ³)	Volumen láminas (dm ³)	Cilindro c/nudos (dm ³)	Volumen láminas (dm ³)
1	82	49	13	36	20	29	30	19
2	318	157	42	114	52	105	68	89
3	569	287	42	245	55	232	79	208
4	991	501	59	442	77	424	113	388
5	1.271	636	81	555	104	532	154	482

Tabla 10.- Proporción de madera laminable libre de nudos por árbol medio según régimen de poda

Régimen de poda		III			II		I	
Clase diamétrica número	Volumen total (dm ³)	Cilindro exterior (dm ³)	Volumen láminas (dm ³)	%	Volumen láminas (dm ³)	%	Volumen láminas (dm ³)	%
1	82	49	36	189,47	29	152,63	19	100
2	318	157	114	128,09	105	117,98	89	100
3	569	287	245	117,79	232	111,54	208	100
4	991	501	442	113,92	424	109,28	388	100
5	1.271	636	555	115,15	532	110,37	482	100

Tabla 11.- Producción de madera laminable por hectárea según régimen de poda

Régimen de poda		III			II		I	
Clase diamétrica número	Volumen total (m ³ /ha)	Cilindro exterior (m ³ /ha)	Cilindro c/nudos (m ³ /ha)	Volumen láminas (m ³ /ha)	Cilindro c/nudos (m ³ /ha)	Volumen láminas (m ³ /ha)	Cilindro c/nudos (m ³ /ha)	Volumen láminas (m ³ /ha)
1	0,574							
2	22,896							
3	169,562	63,140	9,240	53,900	12,100	51,040	17,380	45,760
4	63,424	32,064	3,776	28,288	4,928	27,136	7,232	24,832
5	20,336	10,176	1,296	8,880	1,664	8,512	2,464	7,712
Total	276,792	105,38	14,312	91,068	18,692	86,688	27,076	78,304

Tabla 12.- Proporción de madera laminable libre de nudos por hectárea según régimen de poda

Régimen de poda		III			II		I	
Clase diamétrica número	Volumen total (dm ³)	Cilindro exterior (dm ³)	Volumen láminas (dm ³)	%	Volumen láminas (dm ³)	%	Volumen láminas (dm ³)	%
1	0,574							
2	22,896							
3	169,562	63,140	53,900	117,79	51,040	111,54	45,760	100
4	63,424	32,064	28,288	113,92	27,136	109,28	24,832	100
5	20,336	10,176	8,880	115,14	8,512	110,37	7,712	100
Total	276,792	105,380	91,068	116,30	86,688	110,71	78,304	100

obtenidos por hectárea de plantación.

En la Tabla 8 se compara la madera libre de nudos obtenida por clase diamétrica y por hectárea según régimen de poda.

De manera similar, la producción de madera libre de nudos por hectárea se manifiesta en forma decreciente en los regímenes III, II y I.

Las diferencias son más parecidas entre las clases diamétricas, siendo en promedio de 10,28 % entre los regímenes III y I y de 6,61 % entre los regímenes II y I. Pese a haberse tratado con la misma altura final de poda y cantidad de árboles por hectárea.

Producción de madera laminable libre de nudos

La Tabla 9 presenta los resultados obtenidos en el árbol medio de cada clase diamétrica estudiada, según régimen de poda.

La producción de madera laminable libre de nudos resulta menor que la de madera total libre de nudos. Las diferencias absolutas aumentan con la clase diamétrica, existiendo variaciones importantes entre las mismas.

La Tabla 10 presenta una comparación entre dichos resultados, por clase diamétrica y régimen de poda.

Las diferencias porcentuales entre los regímenes III y I, disminuyen de 89,47 en la clase 1 a 15,15 en la clase 5, mientras que entre los regímenes II y I, disminuyen de 52,63 en la clase 1 a 10,37 en la clase 5.

La Tabla 11 presenta las producciones de madera laminable por hectárea, según régimen de poda aplicado, mientras que en la Tabla 12 se pretende comparar los resultados obtenidos entre los regímenes de poda estudiados.

Los regímenes producen diferentes cantidades de madera laminable libre de nudos, en el orden decreciente III, II, I.

Las diferencias porcentuales por hectárea

son similares entre clases diamétricas, siendo en promedio de 16,30 entre los regímenes III y I y de 10,71 entre los regímenes II y I.

Evaluación de la precisión del método

En la Tabla 13 se presenta el volumen total estimado a través del método empleado.

La diferencia entre el volumen total obtenido en el inventario forestal y el obtenido en este método es de (279,50-276,792) 2,708 m³/ha, equivalente al 0,97 % o sea una diferencia menor al 1 %, lo cual indica una alta precisión del método aplicado.

CONCLUSIONES

1. Aun siendo laboriosa, la metodología empleada fue fácil de aplicar en el estudio de la plantación.
2. Los árboles presentan mayores diferencias relativas de crecimiento en diámetros que en altura.
3. En edades tempranas, se detectaron comportamientos de crecimiento irregular de los árboles de las distintas clases diamétricas.
4. La producción de madera total libre de nudos y laminable libre de nudos crece con la clase diamétrica.
5. La producción de madera total y laminable libre de nudos mostró un orden decreciente en los regímenes de podas III (3 años, 3 levantes de poda), II (4 años, 2 levantes de poda) y I (5 años, 1 levante de poda).
6. Los volúmenes de madera total libre de nudos a los 13 años resultaron 104, 101 y 95 m³/ha para los regímenes III, II y I, respectivamente.
7. Los volúmenes de madera laminable libre de nudos fueron de 91, 86 y 78 m³/ha, para los regímenes III, II y I, respectivamente.
- 8.- En promedio la producción de madera total libre de nudos por hectárea es un 10 % mayor en el régimen III que en el I y del 7 % mayor en el

Tabla 13. Cálculo de volumen total por el método empleado

Clase diamétrica número	Volumen de árbol medio (dm ³)	Número de árboles por Hectárea	Volumen por clase (m ³ /ha)
1	82	7	0,574
2	318	72	22,896
3	569	298	169,562
4	991	64	63,424
5	1.271	16	20,336
Total		457	276,792

- régimen II que en el I.
9. En promedio la producción de madera laminable libre de nudos es del 16 % mayor en el régimen III que en el I y de 11 % mayor en el II que en el I.
 10. La metodología empleada ha resultado globalmente precisa, presentando una diferencia menor del 1 % entre el volumen estimado a través de la misma y el obtenido en el inventario forestal tradicional.

RECOMENDACIONES

1. Reducir la distancia entre discos en los primeros 3 metros de altura para evaluar con mayor precisión la evolución del crecimiento en las edades tempranas.
2. Aplicar la metodología para realizar estudios en plantaciones podadas y no podadas de mayor edad o próximas al turno de corta.
3. Continuar con la instalación y medición de los ensayos estratégicos de poda y raleos.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa Alto Paraná S.A. por el suministro del material, a los miembros del Área de Planeamiento de la Empresa, en especial al equipo de Inventario y al Ing. Hugo Fassola del INTA-Montecarlo; por la colaboración en la obtención del mismo. A los evaluadores del trabajo por todas las sugerencias para mejorar la redacción del mismo.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMATEIS, R. L. ; Radtke, P.J.; Burkhart, H.E. 1996. Growth and Yield of Thinned and Unthinned Plantations. *Journal of Forestry*. v. 94, N° 12, pag. 19 - 23.
- BARUSSO, A. P.; 1977. A determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco. Curitiba. Tesis de Maestría no-defendida. Universidad Federal de Paraná. Curitiba. Brasil.
- BRIGGS, D. 1996. Modeling Crown Development and Wood Quality. *Journal of Forestry*. v. 94, N° 12., pag. 24 - 25.
- CLUTTER, J. L.; Fortson, J.C.; Piennar, L.V.; Brister, G.H.; Bailey, R. L. 1992. *Timber Management, a quantitative approach*. Krieger Publishing Company. Malabar. 333 p.
- FRIEDL, R. A.; Hosokawa, R.T.; do Amaral Machado, S. ; Kirchner, F. 1990. Estudio de la dinámica de la forma de árboles individuales de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. en plantaciones de Açunguá, Paraná, Brasil. *Revista Yvyrareta*.

N° 1. Facultad de Ciencias Forestales. Eldorado. pag. 93 -110.

- KOLLN, R.F. y Viola, J. 1988. Estudio epidométrico y económico de la masa principal de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda* de 19 años de edad. VI Congreso Forestal Argentino. Santiago del Estero. Actas. pag. 329 - 338.
- LEUSCHNER, W. A. 1992. *Introduction to forest resource management*. Krieger Publishing Company. Malabar. 298 p.
- MAS PORRAS, J. 1970. Instructivo para realizar análisis troncales. Boletín divulgativo N° 23. I.N.I.F. México.
- NOZZI, D. M.; Barrera, C. A.; Tarnoski, B. C. y Vogel, H. C. 1993. Poda de árboles forestales. Primeras Jornadas de Estudiantes de Ciencias Forestales. Actas. Eldorado. Misiones. Pag. 63 - 77.
- PARDÉ, J. y Bouchon, J. 1994. *Dasometría*. 2da. ed. Editorial Paraninfo S.A. . Madrid. 387 p.
- RIVERA H., J.; Sobarzo, M., G. 1992. Efecto de raleo y poda extrema en plantaciones de pino radiata, Fundo Jauja, Novena Región. Pag. 124 - 134. In: *Pinus radiata: Investigación en Chile, Silvicultura, Manejo y Tecnología*. Editores: Olivares, B.P.; Meneses V., M. y Paredes V., G. . Universidad Austral de Chile. Valdivia. 27 - 30 de octubre de 1992. 386 p.
- SEITZ, R. A. 1995. *Manual da poda de espécies arbóreas florestais*. Fupef. Curitiba. 88 p.