

TURNO DE CORTA EFICIENTE PARA LA OBTENCIÓN DE MAYORES PRODUCTOS MADERABLES EN PLANTACIONES DE *PINUS CARIBAEA* DE LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL VIÑALES

EFICIENT AGE OF HARVEST FOR OBTENTION OF MORE WOODS PRODUCTS IN *PINUS CARIBAEA* PLANTATIONS OF VIÑALES'S FOREST ENTERPRISE

DR. C. EDILIO ALDANA-PEREIRA,¹ DR. C. GERMÁN PADILLA-TORRES¹ Y M. SC. JACIEL A. RODRÍGUEZ-PENATE²

¹ Universidad de Pinar del Río. Martí 270, esq. a 27 de Noviembre, Pinar del Río, C. P. 20100,
Cuba, aldana@af.upr.edu.cu

² Empresa Forestal Integral Viñales. Municipio de Viñales, Pinar del Río, Cuba

RESUMEN

Se determinan los incrementos en diámetro y volumen por calidades e índices de sitios en plantaciones de Pinus caribaea en la Empresa Forestal Integral (EFI) Viñales. Se calculan sus indicadores dendrométricos y dasométricos principales, empleando modelos de regresión, previamente elaborados, para la estimación de los diámetros, áreas basales, volumen y número de árboles por hectárea. Se comparan los volúmenes de madera que se obtienen a edades de 21, 31, 35 y 44 años, y se argumenta con datos de volumen y a través de una valoración económica que el turno de 21 años, que actualmente se aplica en Cuba en las plantaciones de Pinus caribaea, no es el adecuado, ya que se obtiene pérdida en volumen y dinero. Mediante el mismo análisis se demuestra que el turno de mayor eficiencia a aplicar es el de 31 años. Asimismo se argumentan las razones por las que el turno no debe prolongarse por encima de ese tiempo.

Palabras claves: *Pinus caribaea*, corta, diámetro, volumen, productos forestales, pérdidas de la cosecha

ABSTRACT

This project is all about the determination of increase in volume and diameter based on the qualities and indices of sites of the Pinus caribaea plantations in forest enterprise Viñales. In this case, the principal dendrometric and dasometric indicators of the same plantations are being calculated, some regression models which were previously made, were employed for the estimation of the diameters, basal area, volume and the number of trees per hectare. A comparison is being made for the wood volumes which were obtained in ages such as 21, 31, 35 and 44 years. Based on the volume data and some economic evaluation, it is being argued that the harvest time of 21 years, which is the one applied in Cuba, is not adequate since it leads to loss of volume and money. Based on the same analysis, it is being demonstrated that the harvest time which is more efficient is that of 31 years, and at the same time, it is being argued that the harvest time should not be prolonged up to more than 31 years.

Key words: *Pinus caribaea*, felling, diameter, volume, forest products, crop losses

INTRODUCCIÓN

En los casos de producciones de maderas se han puesto a punto, durante decenios, diferentes criterios de optimización: criterios de *máxima renta en especie*, para masas coetáneas y regulares; *criterios tecnológicos*, que buscan determinadas dimensiones, empleados pre-

ferentemente en masas irregulares; *criterios financieros*, buscan maximizar valores actuales netos, conocidos como valores potenciales del suelo, o tasa de rendimiento interno, y *criterios de cortabilidad física* para montes protectores [Madrigal, 1994].

La aplicación de estos criterios conduce hoy a la determinación del turno, es decir, a la edad de corta de la masa o dimensiones de corta del árbol.

Aldana *et al.* (2006 y 2008) plantean que la edad de corta final o turno de tala depende de la especie, la calidad del sitio y el objetivo de producción o tipo de surtido que se requiere.

Por otra parte, las bases silvícolas de la ordenación considera los modelos teóricos de montes ordenados, en los que la organización intencionada de la silvicultura, en el espacio y el tiempo, perpetúa la consecución de los objetivos de la ordenación. Tales modelos teóricos o estructuras globales precisan de un estudio económico para estimar los turnos o edades de corta de las masas coetáneas, regulares y semirregulares, en las que se determinará el número de hectáreas a talar anual, periódica o biperiódica.

Suárez *et al.* (2001) plantean como edad de corta principal a la edad mínima, empezando por los rodales, que ya estén aptos para la tala. Asimismo establecen, por grupos de especies y grupos de edades, el turno de tala según sean naturales o plantaciones, y para las plantaciones de *Pinus caribaea* se establece un turno de 21 años para talar árboles con dimensiones diamétricas de 32 cm como promedio.

Como la tala principal en estas plantaciones generalmente se ejecuta con el fin de obtener madera para aserrar, es casi imposible, por un lado, que en un turno de 21 años se logren diámetros de 32 cm para todas las calidades de sitio, y por otro que cuando se tala a los 21 años se corre casi siempre el riesgo de caer en lo que se denomina *sacrificio de cortabilidad*, al talarse rodales que aún pueden continuar incrementando.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo es fundamentar la propuesta de un turno mayor de 21 años, con el cual se puedan alcanzar árboles de mayores dimensiones diamétricas y volúmenes de productos maderables en las plantaciones de *Pinus caribaea*, sobre la base de un estudio de caso en la EFI Viñales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de investigación fue ubicada dentro de la formación de bosque *pinar*, que cuenta, según Aldana *et al.* (2008), con una superficie plantada de 12 394,9 ha, de las cuales 10 362,9 son de *Pinus caribaea* con objetivo de producción.

En total se muestreó un área de 432,1 ha distribuidas en 18 rodales plantados con *Pinus caribaea* de la unidad silvícola Los Jazmines en la EFI Viñales, en las localidades de Isabel María, Moncada, Cementerio, Tibisí, Los Cuetos y Cayos de San Felipe.

Las edades de los rodales muestreados fluctúan entre tres y 44 años, y fueron agrupadas en clases de edades con rangos de cinco años entre ellas.

Para la toma de datos se levantó en cada uno de los rodales seleccionados una parcela de área fija, de forma circular y con una superficie de 0,05 ha (500 m²), es decir, 18 parcelas que en su conjunto constituyó el tamaño de la muestra del inventario piloto, que sirvió de base para determinar el tamaño definitivo necesario de la muestra para una precisión del 10% y con un nivel de confianza del 95%, para lo cual se utilizó un método de muestreo estratificado basado en la edad, donde cada clase de edad con rango de cinco años representa un estrato. Se trabajó con el 0,2% de intensidad de muestreo, esto es:

$$f = \frac{0,05 \times 18}{432,1} \times 100 = 0,2\%$$

En cada parcela fueron medidas las variables dendrométricas y dasométricas de interés de todos los árboles, tales como diámetro a 1,30 m del suelo y altura total. Se midió además la altura dominante (ho) y edad (E) del rodal.

Para la determinación de la edad se tuvo en cuenta la fecha de plantación registrada en los archivos de la empresa y en la dinámica de la ordenación. Se encuestaron también a trabajadores activos y fundadores que trabajaron en la plantación de las diferentes áreas.

Se seleccionó, derribó y cubicó el árbol tipo por parcela, a los cuales se les realizó el conteo de los anillos de crecimiento desde la

base hasta el final de la copa en cada sección de un metro de distancia, y se tomaron sus diámetros respectivos.

Para la determinación de los índices de sitios de las plantaciones se emplearon los resultados de Rodríguez y Aldana (2009) para la misma localidad, basado en el modelo predictivo de Schumacher. Se utilizaron como base de datos las informaciones obtenidas en las parcelas muestreadas. Este modelo predictivo también fue probado por Alder (1980), García (1983), García *et al.* (2004), Padilla (1999) y Zaldívar (2000).

$$\text{IS 8} — \ln h_0 = 5,8393 + (-6,845) \times \frac{1}{A^{0,2}}$$

$$\text{IS 11} — \ln h_0 = 6,1577 + (-6,845) \times \frac{1}{A^{0,2}}$$

$$\text{IS 14} — \ln h_0 = 6,3989 + (-6,845) \times \frac{1}{A^{0,2}}$$

$$\text{IS 17} — \ln h_0 = 6,5930 + (-6,845) \times \frac{1}{A^{0,2}}$$

$$\text{IS 20} — \ln h_0 = 6,7556 + (-6,845) \times \frac{1}{A^{0,2}}$$

Y para la modelación del crecimiento de las diferentes variables dasométricas –área basal (G/ha), volumen (V/ha) y número de árboles por hectárea (N/ha)– se utilizaron también los modelos obtenidos por Rodríguez y Aldana (2009) mediante procedimiento de regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados, esto es:

$$G/\text{ha} = 1 \leq 517 \times e^{\beta^{2,67} 0,28 \times H_0}$$

$$V/\text{ha} = 0,013 \times d^{1,516} h^{0,614}$$

$$N_{\text{opt}}/\text{ha} = 6543e^{0,116H_0}$$

Para la definición del turno se realizó una comparación de la pérdida o ganancia de los volúmenes de madera a talar, sobre la base de los incrementos, aplicando las edades de tala de 21, 31, 35 y 44 años. El análisis económico se hizo sobre la base de los volúmenes de los diferentes surtidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamaño de la muestra

Con las 18 parcelas medidas en el inventario piloto se determinó que:

- La edad media estratificada es

$$\bar{E}_{st} = \sum_{h=1}^L w_h \bar{E}_h = 17,4 \text{ años}$$

- La varianza estratificada es

$$S_{st}^2 = \sum_{h=1}^L w_h S_h^2 = 8,35 \text{ años}$$

Por tanto, el tamaño de la muestra, para una población infinita, mediante el método de muestreo estratificado basado en la edad para una precisión de $\pm 10\%$ y una probabilidad del 95%, es:

$$n = \frac{t^2 \sum_{h=1}^L w_h S_h^2}{E^2}$$

donde

$$E = \frac{L.E\% \times \bar{X}_{st}}{100} = \frac{10\% \times 17,4}{100} = 1,74$$

y

$$t(0,05;17) = 2,11$$

$$n = \frac{t^2 \sum_{h=1}^L w_h S_h^2}{E^2} = \frac{2,11^2 \times 8,35}{1,74^2} = 12,28 \approx 13$$

El tamaño de la muestra para alcanzar la precisión deseada es de 13 parcelas, y se establecieron 18, lo que demuestra que el muestreo piloto realizado fue representativo y suficiente para evaluar estadísticamente las diferentes variables dasométricas del área objeto de estudio.

Análisis para la determinación del turno de tala

Análisis del comportamiento de los principales índices dasométricos

Con los valores de los diámetros y alturas medidos en las parcelas, y empleando los

modelos de regresión obtenidos por Rodríguez y Aldana (2009), se calcularon las principales variables dasométricas para las diferentes calidades de sitio en las plantaciones de *Pinus caribaea*, para turnos de tala de 21, 31, 35 y 44 años (véase *Tabla 1*).

TABLA 1
Índices dasométricos alcanzados en diferentes turnos por calidades de sitios

Índice dasométrico	Edad	Calidad de sitio				
		I	II	III	IV	V
Diámetro medio (cm)	21	23,6	20,18	16,77	13,38	10,02
	31	31,0	26,42	21,89	17,38	12,90
	35	33,6	28,64	23,71	18,80	13,93
	44	39,0	33,2	27,4	19	14
Altura media (m)	21	20,74	17,63	14,52	11,41	8,30
	31	27,42	23,31	19,19	15,08	10,97
	35	29,78	25,31	20,85	16,38	11,91
	44	34,61	29,42	24,23	19,04	13,85
Área basal del árbol medio (m ²)	21	0,0437	0,0320	0,0221	0,0141	0,0079
	31	0,0754	0,0548	0,0376	0,0237	0,0131
	35	0,0886	0,0644	0,0442	0,0278	0,0152
	44	0,1193	0,0865	0,0591	0,0284	0,0154
Número de árboles por hectárea	21	460	620	900	1420	2540
	31	260	360	540	840	1500
	35	220	320	460	720	1320
	44	160	240	340	720	1300
Volumen promedio por hectárea (m ³)	21	194,99	165,74	136,49	107,24	78,00
	31	257,74	219,08	180,42	141,76	103,10
	35	279,94	237,95	195,95	153,96	111,97
	44	325,37	276,56	227,76	178,95	130,15

Se observa en la *Tabla 1* que a los 21 años las plantaciones de *Pinus caribaea* todavía no han alcanzado los volúmenes ni las dimensiones diamétricas requeridas, pues según el *Manual para la ordenación forestal*, en las plantaciones de *Pinus caribaea* deben obtenerse dimensiones diamétricas de 32 cm.

A lo anterior hay que añadir que, según el citado manual, el raleo II se realiza entre los 16 y los 25 años, y el raleo III a las plantaciones con más de 26 años, por lo que nunca

se llegaría a realizar el raleo III a estas plantaciones cuando se aplica el turno de 21 años.

Cuando se tala a los 31 años y no a los 21, hay una ganancia en volumen y en diámetro, y además es posible aplicar el raleo III para buscar diámetros aún mayores, y la producción de resina también se elevaría al resinar árboles con diámetros superiores a los 20 cm, principalmente en las calidades I, II y III (véase *Tabla 2*).

TABLA 2
Comparación de los diámetros y volúmenes por calidades de sitio a los 21 y 31 años

Índice dasométrico	Edad	Calidad de sitio				
		I	II	III	IV	V
Diámetro	21	23,6	20,18	16,77	13,38	10,02
	31	31	26,42	21,89	17,38	12,9
Ganancia		7,4	6,24	5,12	4	2,88
%		31,4	31,0	30,5	30,0	28,7
Volumen	21	194,99	165,74	136,49	107,24	78
	31	257,74	219,08	180,42	141,76	103,1
Ganancia		62,75	53,34	43,93	34,52	25,1
%		32,2	32,2	32,2	32,2	32,2

En la *Tabla 2* se observa que cuando se tala a los 31 años hay un incremento en diámetro que fluctúa entre el 28,7 y el 31,4% en todas las calidades de sitios, y en el caso del volumen el incremento es del 32,2%. Esto signi-

fica que, para talar el mismo volumen de madera que se alcanza a los 31 años, se tendría que talar 1,32 ha para cada una de las calidades de sitios si la tala se ejecutara a los 21 años.

TABLA 3
Diámetros y volúmenes por calidades de sitio a los 31 y 35 años

Índice dasométrico	Edad	Calidad de sitio				
		I	II	III	IV	V
Diámetro	31	31	26,42	21,89	17,38	12,9
	35	33,6	28,64	23,71	18,80	13,93
Ganancia		2,6	2,22	1,82	1,42	1,03
%		8,4	8,4	8,3	8,2	8,0
Volumen	31	257,74	219,08	180,42	141,76	103,1
	35	279,94	237,95	195,95	153,96	111,97
Ganancia		22,2	18,87	15,53	12,2	8,87
%		8,6	8,6	8,6	8,6	8,6

En la *Tabla 3* se comparan los diámetros y volúmenes a los 31 y 35 años, y se observa que si se prolonga el turno a 35 años, se obtendría, como es lógico, un volumen mayor que a los 31 años; pero el diámetro medio no incrementa significativamente, pues solo incrementa 2,6 cm a 1,03 cm. Descendentemente de la calidad

de sitio I a la V, y en caso del volumen, las ganancias solo aumentan un 8,6%, lo que demuestra que no hay necesidad de ampliar el turno a más de 31 años, pues si se tala a ese tiempo y se planta, esta nueva plantación en cinco años incrementa de dos a tres veces más en diámetros y volumen.

TABLA 4
Comparación de los diámetros y volúmenes por calidades de sitio a los 31 y 44 años

Índice dasométrico	Edad	Calidad de sitio				
		I	II	III	IV	V
Diámetro	31	31	26,42	21,89	17,38	12,9
	44	39	33,2	27,4	18,80	13,93
Incremento		8,0	6,8	5,6	1,5	1,1
Volumen	31	257,74	219,08	180,42	141,76	103,1
	44	325,37	276,56	227,76	178,95	130,15
Incremento		68,0	57,5	47,4	37,2	27,1

En la *Tabla 4* se compara el incremento en diámetro y volúmenes cuando se tala a los 31 y 44 años. Se observa que los incrementos en diámetros, en los 13 años transcurrido de 31 a 44 años, es bajo, con valores que fluctúan entre 5,6 y 8,0 cm en las calidades de sitios I, II, III. En las calidades de sitios IV y V prácticamente no incrementa.

En el caso del volumen oscila entre 68,0 y 27,1 m³/ha en orden descendente desde la calidad I a la V.

Ganancia en incremento en diámetro y volumen cuando se tala a los 31 años en vez de a los 44 años

En la *Tabla 5* se observa que cuando la plantación se mantiene en pie de 31 hasta 44 años, los incrementos en diámetros y volumen son mucho más bajos que si se tala a los 31 años y se planta, pues transcurrido ese mismo período de tiempo de 13 años se obtiene el doble de ganancia en diámetro y en volumen.

Resumiendo los aspectos analizados cuando se en los turnos analizados, la mayor ganancia se compara la ganancia en diámetro y volumen obtiene cuando la tala se efectúa a los 31 años.

TABLA 5
Incremento en diámetros y volúmenes por calidades de sitio a los 13 años

Índice dasométrico	Período de 13 años	Incremento de los diámetros por calidad de sitio				
		I	II	III	IV	V
Diámetro	Manteniendo el rodal sin talar de 31 hasta los 44 años	8	6,78	5,51	1,42	1,03
	Talando a los 31 años y plantando	16,5	14,16	11,84	9,53	7,23
Ganancia		8,5	8,7	6,4	8,2	6,2
	Período de 13 años	Incremento de los volúmenes por calidad de sitio				
		I	II	III	IV	V
Volumen	Manteniendo el rodal sin talar de 31 hasta los 44 años	68,0	57,5	47,4	37,2	27,1
	Talando a los 31 años y plantando	134,04	113,93	93,83	73,72	53,62
Ganancia		66,00	56,43	46,43	36,72	26,52

Evaluación económica con los turnos de tala por calidad de sitio

Se calculó los volúmenes por surtidos para 9, 13, 21, 31, 35 y 44 años en las diferentes

calidades de sitio. Asimismo se calcularon los valores dinero de los surtidos para los diferentes turnos por calidad de sitio (véase Tabla 6).

TABLA 6
Ganancia en volumen y dinero cuando se tala a los 31 años en vez de a los 21

Calidad de sitio	Edad	Metro cúbico de madera en bolo	Total general	
			Total (m ³ /ha)	Valor total (\$)
I	21	88	175	9129
	31	116	232	12067
Diferencia	m ³	28	57	2938
	Ganancia (%)	24	25	24
II	21	75	149	7760
	31	99	197	10257
Diferencia	m ³	24	48	2497
	Ganancia (%)	24	24	24
III	21	61	123	6,390
	31	81	162	8,447
Diferencia	m ³	20	39	2057
	Ganancia (%)	25	24	24
IV	21	48	97	5,021
	31	64	128	6,637
Diferencia	m ³	16	31	1616
	Ganancia (%)	25	24	24
V	21	35	70	3,652
	31	46	93	4,827
Diferencia	m ³	11	23	1175
	Ganancia (%)	24	25	24

En la *Tabla 6* se hace un análisis de los volúmenes en metro cúbico y el valor en dinero cuando se tala a los 21 y 31 años.

Como se observa en esta tabla, la tala a los 31 años ofrece más ventajas que a los 21, ya que se obtiene una ganancia tanto en volumen de madera en bolo como en dinero, que fluctúa entre el 24 y el 25%.

CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta lo anterior, se concluye que el turno más eficiente a aplicar para la tala en las plantaciones de *Pinus caribaea* es de 31, el cual es válido para todas las calidades de sitios, aunque los mejores resultados se obtienen en las calidades de sitios I, II, III.
- El turno de 31 años también tiene la ventaja de que a las plantaciones se les puedan ejecutar todos los tratamientos silviculturales, desde su fomento hasta el raleo III, los cuales, además de elevar la calidad y dimensiones de la madera, aportan surtidos que generan ingresos a la empresa.
- En el caso de la tala a los 21 años nunca se realizaría el raleo III para las tres primeras calidades de sitios, y en el caso de las calidades de sitios IV y V no se llegaría a realizar, en ocasiones, ni el raleo II.
- El turno a los 31 años también permitiría planificar la producción de resina, pues el número de árboles por hectárea con dimensiones resinables sería mucho mayor.

- La ganancia en diámetro y volumen, así como en dinero, es también superior cuando se talan y plantan los rodales a los 31 años en vez de a los 44, conforme se muestra en la *Tabla 5*.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDANA, E.; FRÍAS M.; PEÑALVER A.; ARES, A. E. 1994: *Manual de dasometría*, Ed. Félix Varela, La Habana, 183 p.
- ALDANA, PEREIRA E. ET AL. 2006: «Proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal de la Empresa Forestal Integral Macurije para el decenio 2006-2015», Pinar del Río, 181 p.
- ALDANA, PEREIRA E. ET AL. 2008: «Proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal de la EFI Viñales para el decenio 2008-2017», Pinar del Río, 174 p.
- ALDANA, PEREIRA, E. 2008: «Medición forestal», Universidad de Pinar del Río (inédito).
- ALDER, D. 1980: *Estimación del volumen y predicción del rendimiento*, vol. 2, Estudio FAO: Montes 22/2, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 118 p.
- GARCÍA, I.; ZALDÍVAR, A.; ALDANA, E. 2004: «Tabla de producción para las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *caribaea* de la Empresa Forestal Integral Macurije», Pinar del Río, SIMFOR, 17 p.
- MADRIGAL, A. 1994: *Ordenación de montes arbolados*, Colección Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (ICONA), España, 375 p.
- PADILLA, G. 1998: «Índices de sitio para plantaciones de *Pinus tropicalis* en Pinar del Río», II Congreso Forestal, La Habana, 14 p.
- RODRÍGUEZ, J.; ALDANA, E. 2009: «Índices de sitios y modelos de crecimiento de las plantaciones de *Pinus caribaea* en la Empresa Forestal Integral Viñales», 15 p. (inédito).
- SUÁREZ, M. T.; PALENZUELA L.; ROLDÁN P. P. 2001: *Manual para la ejecución de la ordenación forestal*, reelaborado basándose en el trabajo original de Alexander Eremeev, asesor internacional del equipo técnico de Ordenación Forestal, Dirección Forestal del Ministerio de la Agricultura, La Habana, 103 p.

RESEÑA CURRICULAR

Autor principal: Edilio Aldana Pereira

Ingeniero Forestal, doctor en Ciencias Forestales, es profesor titular de la Universidad de Pinar del Río. Imparte los cursos de Medición Forestal, Inventario Forestal y Ordenación de Montes, tanto en pregrado como en posgrado. Desarrolla las siguientes líneas de investigación: tablas dasométricas de las especies forestales, diseño de inventarios forestales y métodos de ordenación de montes y manejo de bosques. Realizó investigaciones de diseño de muestreo estratificado para el inventario forestal en la EFI Macurije; alternativas para la elaboración del plan de tala en la UBPF Mina Dora, EFI Macurije; proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal de la Empresa Forestal Integral Macurije para el período 2006-2015; proyecto de organización y desarrollo de la economía forestal de la Empresa Forestal Integral Viñales para el período 2008-2017; turno de tala para las plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* en la EFI Viñales. provincia de Pinar del Río.