

## **Determinación del sistema de raleos por índices de sitios para plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari**

### **Thinnings by site index in plantations of *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barrer and Golfari**

Dr. C Pedro Antonio Álvarez Olivera<sup>1</sup>; MSc Ilya María García Corona<sup>2</sup>; Ing. Yunio Maragoto Reyes<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Profesor jubilado de la Facultad Forestal y de Agronomía, de la UPR, Ingeniero forestal y Doctor en Ciencias agrícolas, <florencia @upr.edu.cu>, Agramonte No. 46, Tamarindo, prov. Ciego de Ávila, teléfono 0133- 55 4257

<sup>2</sup> Profesora de la Facultad Forestal y de Agronomía, de la UPR <[ilya@upr.edu.cu](mailto:ilya@upr.edu.cu)>

<sup>3</sup> Ingeniero forestal, adiestrado de la Empresa Forestal Integral Pinar del Río.

#### **RESUMEN**

Se utilizó una base de datos dasométricos de plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari, de la región occidental de Cuba, para determinar el rendimiento por índices de sitios y la necesaria introducción de raleos para mantener incrementos semejantes de diámetro y de volumen, para cada índice de sitio, con aproximación al turno biológico de la especie. Se consultó la literatura disponible sobre crecimiento y producción de la especie. Con la aplicación del software SPSS 15.0 y de Microsoft Excel se obtuvieron las curvas ajustadas por el modelo matemático de Schumacher y las tablas de producción, previamente seleccionados los intervalos de índices de sitios. Con la gráfica de diámetros y ancho de copas de Stefan se determinó la aplicación de los raleos, lo que se complementó con los modelos estadísticos por

índices de sitios. Se cumplieron los objetivos expresados en las conclusiones y se discute la aplicación de los resultados obtenidos para la ejecución de los raleos en la especie. Los índices de sitios van de 14 a 26 m a la edad patrón de 30 años. Los incrementos tabulados permiten la estimación de la producción para el turno fijado.

**Palabras claves:** *Pinus caribaea* var *caribaea*, índices de sitio, limpia, raleos, tablas de producción

## **ABSTRACT**

A forest mensuration database from plantations of *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret and Golfari was used. The species was planted in the western region of Cuba. Objective was determine the yield by site index, with the necessary clearings and thinning to maintain similar increments of diameter and of volume, with approach to the biological rotation of the species. The available literature was consulted on growth and production of the species. With the application of the software SPSS 15.0 and of Microsoft Excel the curves were obtained adjusted by the mathematical pattern of Schumacher formula to obtain yield tables, previously selected the intervals of indexes of sites. With the Stefan graph of diameters and width crowns was determined the thinning, application according to accumulated basal area, what was supplemented with the statistical models The objectives were completed expressed in the conclusions to the application of the results obtained by the means of consulted information. The site indexes go from 14 to 26 m for basic age of 30 years. The increments allow a valuation economic practice of application of logging by site index at rotation fixed.

**Key words:** *Pinus caribaea* var *caribaea*, site indexes, clearings, thinnings, yield tables

## INTRODUCCIÓN

*Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barrett et Golfari es la variedad autóctona de esta especie de pino en Cuba, que además de existir como pinares naturales es la especie maderable más plantada en el país, dentro y fuera de sus áreas naturales.

Según Enger (1974) el establecimiento de la calidad del sitio mediante la relación altura-edad se basa en el hecho de que los rodales con un mismo patrón de crecimiento en altura tienen la semejante producción cuando se les aplica el mismo tratamiento.

Álvarez y García (2006) demostraron la eficacia de la aplicación de los raleos por índices de sitios en las plantaciones de otras especies en la misma región geográfica que la presente especie.

Los silvicultores que se ocupan de plantaciones por el método del monte alto regular, conocen que sin raleos no se puede optimizar el producto de la tala principal, según Osmaston (1968), citado por Álvarez y Varona (2007).

La determinación de los índices de sitio por intervalos, acorde a la amplitud ecológica de la especie objeto de estudio, simplifica la planificación de los raleos y su aplicación, si se establecen tablas de producción basadas en datos dasométricos reales (Halaj, 1978).

Stefan (1988) estableció la relación  $d - Ac$  (diámetro- Ancho de copa) para *Pinetum caribaea typicum*, como una base práctica para los raleos en la especie, con alto valor metodológico.

Con este trabajo se pretende un documento para el manejo de la especie por calidades de sitios, un turno suficiente para obtener la calidad estándar internacional de madera de pino y una adecuada planificación de limpiezas y raleos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Se utilizaron los siguientes materiales:

- Datos de archivo inéditos de la Prof. MSc Ilya M. García Corona sobre Tablas de producción de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea*
- Datos de la relación d- Ac (diámetro -Ancho de copas) del Profesor Stefan, en su trabajo en Pinares de Cajálbana
- Datos de índices de copas en trabajo de Álvarez-Olivera y García- Corona en Revista Baracoa, vol. 25 (2) de 2006
- Datos dendrométricos y de la autoecología de *P. caribaea*, en Fomento de plantaciones de pinos de Varona Torres
- Datos sobre *P. caribaea* en Betancourt-Barroso: Silvicultura especial de árboles maderables tropicales

Datos sobre silvicultura de plantaciones, particularmente sobre índices de sitios en Silvicultura, de Álvarez- Olivera y Varona-Torres (2007)

### Método de trabajo

De las tablas de Producción de García- Corona, se tomaron datos de tres en tres años desde los tres años hasta los 48.

Estas tablas se ajustaron al marco de plantación actual de 3x2 m, para un 90% de supervivencia, o sea, 1 500 p/ha como poblaciones establecidas.

Para la aplicación práctica de los raleos por lo bajo, se tiene en cuenta que las clases de vuelo de oprimidos, intermedios y codominantes, tengan índices de copas inferiores a los que corresponde, para el rodal regular y coetáneo normal, cuyos valores aparecen en el artículo de Álvarez Olivera y García Corona (2006).

El índice de sitio crítico de 11 m a los 30 años se consideró fuera del espectro económico de la especie, por pertenecer a sitios de *Agavo- Pinetum* o de *Pinetum tropicalis cladietosum*, según Samek y del Risco (1989).

El índice de sitios  $I_{30} = 29 \pm 1$  m se encontró en pocos rodales, en sitios de excepcional

calidad para la especie, por lo que se desestimaron por ser escasos e incompletos sus datos dasométricos.

Se usó el modelo matemático de Schumacher para la obtención del abanico de curvas de índices de sitios de la especie, con los datos disponibles, según Alder (1980).

Se usó el software SPSS 15 para correr los datos de área basal por ha (G), volumen por ha (V) e incremento medio anual por ha (IMA). Los datos se procesaron en Microsoft Excel y en el software SPSS 15.

Se asume que los datos de Stefan en Cajálbana para *Pinetum caribaea typicum* se pueden aplicar a las áreas geográficas de la especie en las comunidades originales de *Quercetum- Pinetum* y en sitios fuera de su área natural por el concepto universalmente aceptado de que la calidad absoluta del sitio depende de la altura media dominante de los rodales raleados, independientemente del suelo y otras propiedades ecológicas locales.

Se realizó el cálculo complementario de la tendencia del IMA en los últimos tres años de las tablas, para determinar si en algún índice de sitio se manifiesta decrecimiento, para fijar fin del turno.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se utilizaron el diámetro del árbol medio (dg) y la altura dominante de cada índice de sitio, por la edad de los rodales, desde 14 a 26 m de altura media dominante y se determinó la cantidad de árboles/ha inicial de cada índice

Se construyeron las curvas de índices de sitios por el método de regresión. Se utilizó el modelo de crecimiento en altura basado en la ecuación de Schumacher, según Alder (1980):  $h_{00} = h_{máx} \exp(b/A^k)$ , donde:  $h_{00}$  = altura dominante de los cien árboles más gruesos y prometedores por hectárea.

### Las tablas de producción obtenidas por índices de sitio.

Se presentan en orden ascendente de la calidad productiva de los sitios, como se observa en las tablas I, II, III, IV y V todas de elaboración propia (Own Elaboration).

**Tabla I. Tabla de producción de  $I_{30} = 14$  m. Plantación a 3x 2 m; 90% de supervivencia para 1 500 p /ha.**

Fuente: Elaboración Propia

edad(a)	dg(m)	h <sub>00</sub> (m)	N/ha	g( $\dot{m}$ )	$\dot{G}$ (m .ha $\dot{}$ )	$\dot{V}$ (m .ha $\dot{}$ )	IMA (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .a <sup>-1</sup> )
3	0,0141	1,04	1500	0	0,23422	0,114118	0,038039
6	0,0407	4,36	1500	0,001521	1,95151	3,997149	0,666191
9	0,0840	7,03	1500	0,002552	8,31267	27,47909	3,053232
9	0,0880	7,03	1050	0,002827	6,38624	21,11092	2,345658
12	0,1156	8,94	1050	0,005411	11,02036	46,28056	3,856714
15	0,1247	10,32	1050	0,00639	12,82369	62,16996	4,144664
18	0,1395	11,35	1050	0,008875	16,04828	85,61947	4,756637
18	0,1490	11,35	735	0,011423	12,81595	68,37458	3,798588
21	0,1752	12,15	735	0,013253	17,71930	101,225	4,820239
24	0,1879	12,79	735	0,018194	20,38130	122,5593	5,106638
27	0,2014	13,31	735	0,022939	23,41516	146,5329	5,427145
27	0,2146	13,31	514	0,028443	18,59146	116,346	4,309111
30	0,2396	13,75	514	0,031763	23,17542	149,7354	4,99118
33	0,2513	14,11	514	0,043116	25,49406	169,0732	5,123431
36	0,2618	14,42	514	0,048344	27,66899	187,5333	5,209258
36	0,2782	14,42	360	0,053338	21,88304	148,3176	4,119934
39	0,3061	14,69	360	0,061663	26,49232	182,8945	4,689602
42	0,3208	14,92	360	0,070969	29,09793	204,0779	4,858997
45	0,3343	15,13	360	0,090152	31,59848	224,6671	4,992602
48	0,3471	15,31	360	0,101675	34,06455	245,1167	5,106599

Yield table No. I.  $I_{30} = 14$  m, plantation to 3x2 m, 90% of survival for 1 500 p/ha  
Source: Own Elaboration

**Tabla II. Tabla de producción de  $I_{30} = 17$  m. Plantación a 3x 2 m; 90% de supervivencia para 1 500 p /ha**  
**Fuente: Elaboración Propia**

edad(a)	dg(m)	$h_{00}$ (m)	N/ha	$g(\text{m}^2)$	$\hat{G}(\text{m} \cdot \text{ha}^{-1})$	$\hat{V}(\text{m} \cdot \text{ha}^{-1})$	IMA( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )
3	0,0000	1,2913	1500	0,000156	0,00000	0	0
6	0,0440	5,2476	1500	0,001301	2,29155	5,651782	0,941964
9	0,0570	8,3741	1500	0,005542	3,84568	15,13594	1,681771
9	0,0600	8,3741	1000	0,006082	2,84076	11,18075	1,242305
12	0,0830	10,5786	1000	0,010496	5,43611	27,02803	2,252336
15	0,0902	12,1709	1000	0,012213	6,42015	36,72528	2,448352
18	0,1063	13,3634	1000	0,015284	8,91659	56,00342	3,111301
21	0,1206	14,2861	1000	0,017437	11,47695	77,0619	3,669614
21	0,1299	14,2861	700	0,024108	9,32070	62,58373	2,980177
24	0,1522	15,0198	700	0,02773	12,79556	90,32755	3,763648
27	0,1709	15,6163	700	0,031857	16,13297	118,4104	4,385572
30	0,1903	16,1105	700	0,03617	20,00358	151,4661	5,04887
30	0,2011	16,1105	490	0,045088	15,63696	118,4023	3,946743
33	0,2343	16,5265	490	0,049599	21,22622	164,874	4,996181
36	0,2481	16,8814	490	0,053831	23,80026	188,8371	5,245476
39	0,2606	17,1876	490	0,060786	26,25893	212,1239	5,439074
42	0,2802	17,4545	490	0,07359	30,35739	249,0398	5,929518
42	0,3006	17,4545	343	0,080828	24,45705	200,6358	4,777043
45	0,3388	17,6891	343	0,087774	31,06798	258,2954	5,739898
48	0,3598	17,8970	343	0,094624	35,03874	294,7316	6,140241

Yield Table No. II,  $I_{30} = 17$  m. Plantation a 3x 2 m; 90% of survival for 1 500 p /ha,  
 Source: Own Elaboration

**Tabla III. Tabla de producción de  $I_{30} = 20$  m. Plantación a 3x 2 m; 90% de supervivencia para 1 500 p /ha**  
**Fuente: Elaboración Propia**

edad(a)	dg(m)	h <sub>00</sub> (m)	N/ha	g(m <sup>2</sup> )	G(m .ha <sup>-1</sup> )	V(m .ha <sup>-1</sup> )	IMA m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .a <sup>-1</sup> )
3	0,021	1,58	1500,00	0,000346	0,51954	0,385812	0,128604
6	0,0559	6,26	1500,00	0,002454	3,68134	10,83123	1,805206
9	0,1216	10,06	1500,00	0,011613	17,42005	82,36546	9,151718
9	0,1366	10,06	920,00	0,014655	13,48280	63,74938	7,083264
12	0,1585	12,78	920,00	0,019731	18,15253	109,035	9,086251
15	0,172	14,74	920,00	0,023235	21,37645	148,0918	9,872785
15	0,1891	14,74	644,00	0,028085	18,08672	125,3012	8,353412
18	0,221	16,21	644,00	0,03836	24,70366	188,2098	10,4561
21	0,2368	17,35	644,00	0,044041	28,36222	231,2797	11,01332
24	0,2456	18,26	644,00	0,047375	30,50939	261,8377	10,9099
24	0,2542	18,26	451,00	0,050751	22,88856	196,4342	8,18461
27	0,2877	18,99	451,00	0,065009	29,31887	261,6797	9,69184
30	0,2996	19,61	451,00	0,070498	31,79443	293,0397	9,767991
33	0,3102	20,13	451,00	0,075574	34,08404	322,4725	9,771893
33	0,3245	20,13	315,00	0,082703	26,05139	246,4748	7,468933
36	0,3409	20,57	315,00	0,091274	28,75117	277,9634	7,721205
39	0,3576	20,95	315,00	0,100435	31,63709	311,5146	7,987553
42	0,3625	21,28	315,00	0,103206	32,51004	325,1524	7,741724
45	0,3715	21,57	315,00	0,108395	34,14437	346,1522	7,692271
48	0,3821	21,83	315,00	0,114669	36,12065	370,6015	7,720864

Yield Table No. III  $I_{30} = 20$  m. Plantation to 3x 2 m; 90% of survival for 1 500 p /ha.  
 Source: Own Elaboration

**Tabla IV. Tabla de producción de  $I_{30} = 23$  m. Plantación a 3x 2 m; 90% de supervivencia para 1 500 p /ha**

Fuente: Elaboración Propia

edad(m)	dg(m)	$h_{00}$ (m)	N/ha	$g(\text{m}^2)$	$\hat{G}(\text{m} \cdot \text{ha}^{-1})$	$\hat{V}(\text{m} \cdot \text{ha}^{-1})$	IMA ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )
3	0,0086	2,5	1500	5,81E-05	0,08713	0,10238	0,034127
6	0,0711	7,3592	1500	0,00397	5,95554	20,59917	3,433196
6	0,1103	11,8465	750	0,009555	7,16644	39,90167	6,650279
9	0,1535	11,8465	750	0,018506	13,87934	77,27817	8,586463
12	0,1695	15,0304	750	0,022565	16,92355	119,5529	9,962738
15	0,2258	17,3380	750	0,040044	30,03309	244,7355	16,3157
18	0,2562	19,0700	750	0,051552	38,66432	346,5445	19,25247
21	0,2708	20,4121	750	0,057595	43,19659	414,4146	19,73403
21	0,3012	20,4121	525	0,071253	37,40762	358,877	17,08938
24	0,326	21,4803	525	0,083469	43,82131	442,4086	18,43369
27	0,3324	22,3497	525	0,086779	45,55880	478,5659	17,72466
30	0,3509	23,0704	525	0,096707	50,77114	550,516	18,35053
33	0,367	23,6773	525	0,105785	55,53699	618,034	18,7283
33	0,376	23,6773	368	0,111037	40,86151	454,7204	13,77941
36	0,3904	24,1953	368	0,119705	44,05126	500,9417	13,91505
39	0,409	24,6424	368	0,131382	48,34876	559,9718	14,35825
42	0,4083	25,0322	368	0,130933	48,18340	566,8842	13,49724
42	0,4099	25,0322	257	0,131961	33,91407	399,0035	9,500084
46	0,4245	25,3751	257	0,141529	36,37302	433,7955	9,430337
48	0,4306	25,6789	257	0,145626	37,42588	451,6961	9,410336

Yield Table No. IV.  $I_{30} = 23$  m. Plantation to 3x 2 m; 90% of survival for 1 500 p /ha.

Source: Own Elaboration

**Tabla V. Tabla de producción de  $I_{30} = 26$  m. Plantación a 3x 2 m; 90% de supervivencia para 1 500 p/ha**

Fuente: Elaboración Propia

edad(m)	dg(m)	$h_{00}$ (m)	N/ha	$g(\text{m}^2)$	$\bar{G}(\text{m} \cdot \text{ha}^{-1})$	$\bar{V}(\text{m} \cdot \text{ha}^{-1})$	IMA ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ )
3	0,0293	2,1575	1500	0,000674	1,01139	1,025572	0,341857
6	0,0832	8,4634	1500	0,005437	8,15509	32,4393	5,406551
6	0,1196	8,4634	1050	0,011234	11,79621	46,92295	7,820491
9	0,1636	13,644	1050	0,021021	22,07226	141,5423	15,72693
12	0,1865	17,2856	1050	0,027318	28,68388	233,0345	19,41954
15	0,231	19,9394	1050	0,04191	44,00522	412,3957	27,49304
15	0,2372	19,9394	735	0,04419	32,47937	304,381	20,29207
18	0,2678	21,9313	735	0,056326	41,39991	426,7383	23,70768
21	0,2805	23,4749	735	0,061795	45,41967	501,1244	23,86307
24	0,3246	24,7033	735	0,082754	60,82404	706,2006	29,42503
24	0,3289	24,7033	515	0,084961	43,75482	508,0175	21,1674
27	0,3401	25,7031	515	0,090846	46,78551	565,1904	20,93298
30	0,3567	26,532	515	0,09993	51,46410	641,7593	21,39198
33	0,3706	27,228	515	0,10787	55,55318	710,923	21,54312
33	0,3788	27,228	360	0,112697	40,57078	519,1907	15,73305
36	0,3987	27,8275	360	0,124849	44,94546	587,8384	16,32884
39	0,4099	28,3399	360	0,131961	47,50608	632,7693	16,22485
42	0,4102	28,7991	360	0,132155	47,57565	643,9638	15,33247
42	0,4133	28,7991	252	0,13416	33,80822	457,6137	10,89556
45	0,4295	29,1824	252	0,144883	36,51050	500,7681	11,12818
48	0,4357	29,9318	252	0,149096	37,57219	528,5636	11,01174

YieldTable No. V.  $I_{30} = 26$  m. Planted: 3x 2 m; 90% of survival (1500/ha)

Source: Own Elaboration

### Análisis y discusión de estas tablas de producción.

Las tablas de producción aquí obtenidas son similares a las de *Pinus elliotii* Engelm, en Forbes (1956), especie considerada como la misma antes de 1950.

El ajuste realizado a la población inicial se considera conveniente, y además corroborado por la práctica y por los trabajos experimentales de Samek (1969).

Estos resultados también tienen coincidencia con Varona (1982), quién planteó que para madera aserrada, el turno según la calidad de sitio estará entre 40 y 50 años para sitios buenos (índices 23 y 26), y entre 50 y 60 años para sitios regulares (índices de sitio 17 y 20)

También se relacionan con Betancourt (1987) al reportar plantaciones de esta variedad, con altura de 13 m a los 13 años en La Alcarraza, Sierra Maestra, de 7,23 m a los 7,5 años en Viñales y de 22,7 m a los 23 años en Itabo, Matanzas.

### Consideración económica

Si el IMA no ha decrecido en la edad 46, 47 y 48, promediando, se puede considerar que el turno pudiera fijarse a tres años más, según tabla VI

**Tabla VI. Incremento medio anual periódico de los años 46, 47 y 48, promediado para todos los índices de sitio, expresado como  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$**

Fuente: Elaboración Propia

$I_{30} = 14m$	$I_{30} = 17m$	$I_{30} = 20m$	$I_{30} = 23m$	$I_{30} = 26m$	Promedio.
5.11	6.14	7.72	9.41	11.01	7.88

Table VI. Regular annual average increase of the years 46, 47 and 48, averaged for all site index, expressed as  $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$

Source: Own Elaboration

Como el precio oficial de la madera de primera en bolo o en trozas de esta especie, es de 75,38 CUP, serían 593, 99 CUP adicionales en cada hectárea, si la corta final se realiza a los 51 años. Aun cuando IMA cayese al de los peores sitios, sería rentable prolongar el turno, porque se gana en densidad y calidad para madera para usos estructurales.

## CONCLUSIONES

- Los índices de sitios se establecieron con 14, 17, 20, 23 y 26 metros, así como las tablas calculadas, las que resultan suficientes y necesarias para el trabajo práctico en la silvicultura y los inventarios periódicos con la especie *Pinus caribaea* var *caribaea*.
- El objetivo posible es la producción de madera lignificada aserrada de calidad estándar internacional.
- Las limpiezas se aplican entre los 7- 9 años, para los sitios 14, 17 y 20 y a los 5- 6 años para los sitios 23 y 26, y serán tres raleos efectivos para todos los índices de sitio, excepto el índice 26 que necesita cuatro raleos.

## RECOMENDACIONES

1. Que se prepare un manual con la explicación práctica, aprobado por el Consejo Científico Ramal de la UPR, si el Servicio Estatal Forestal Nacional lo considera adecuado para el trabajo silvícola en las plantaciones de la especie.
2. Que el Centro de Estudios Forestales oferte la capacitación del uso de estas tablas en las empresas.
3. Que estas tablas se usen de forma transitoria, hasta que se realicen estudios científicos más concluyentes con datos de parcelas permanentes de incremento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, D. Estimación del volumen y predicción del crecimiento. *Estudios FAO Montes*, 1980, **22** (2), 118.
- ÁLVAREZ OLIVERA, P. A; GARCÍA CORONA, I, M. Determinación del sistema de raleos por índices de sitio, para plantaciones de *Eucalytus* sp en Pinar del Río,

*Revista Forestal Baracoa*, 2006, **25**(2), 3- 12, ISSN 0138-6441.

- ÁLVAREZ OLIVERA, P.A; VARONA TORRES, J.C. *Silvicultura*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2007. ISBN978-959-07-1165-7.
- FORBES, R.D. *Forestry Handbook. Section 3, Forest Management- Yield Tables and Stocking*. Society of American Foresters (1956). The Ronald Press Company, New York, 61 p (Section 3 only).
- HALAJ, J. *El crecimiento en altura y la estructura de los rodales*. Academia de Ciencias Eslovaca, 1978.
- STEFAN, G. *La variación en el número de árboles en plantaciones de Pinus caribaea* T U Dresde, Sección Forestal de Tharandt, 1980.

**Aceptado:** 10/12/2014