

TABLA DE DENSIDADES Y CLASIFICACIÓN DE SITIOS PARA LA ESPECIE *TALIPARITI ELATUM* (SW.) FRYXELL EN LA PROVINCIA DE PINAR DEL RÍO

DR. ÁNGEL ZALDÍVAR SOLÍS, DR. EDILIO ALDANA PEREIRA Y EST. YANELYS ZALDÍVAR MANCHA

Universidad de Pinar del Río. Calle Martí 270 esq. a 27 de Noviembre, Pinar del Río, Cuba, azaldivar@af.upr.edu.cu

RESUMEN

En este trabajo se presenta una tabla de densidades y las curvas de índice de sitio (IS) para las plantaciones de la especie *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell en la provincia de Pinar del Río. La base para la tabla de densidades la constituye el siguiente modelo: $DC = 1,067 + 0,192 d_{1,3}$ ($r = 0,984$; $r^2 = 0,969$; Error estándar = 0,2089). Las curvas de IS se obtuvieron a partir del modelo matemático de crecimiento conocido como ecuación de Schumacher. La ecuación de mejores resultados fue $\ln H_0 = 3,392 - 2,422 / A^{0,5}$, la cual sirvió como «guía» para construir el abanico de curvas. Se fijó un turno de treinta años y se utilizó veinte como edad patrón.

Palabras claves: *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell, densidad, índice de sitio.

ABSTRACT

In this work it is presented a chart of densities and the curves of Index of Site (IS) for the plantations of the species *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell, in the county of Pinar del Río. The base for the chart of densities the following model constitutes it: $DC = 1,067 + 0,192 d_{1,3}$ ($r = 0,984$; $r^2 = 0,969$; standard Error = 0,2089). The curves of IS were obtained to leave mathematical model of well-known growth as equation of Schumacher, the equation of better results was: $\ln H_0 = 3,392 - 2,422 / A^{0,5}$, which served like «guide» to build the fan of curved, noticed a 30 year-old shift and it was used 20 as age pattern.

Key words: *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell, density, index of site.

INTRODUCCIÓN

Talipariti elatum (Sw.) Fryxell (*Paritium elaterum* G. Don.)—majagua azul—pertenecce a la familia Malvaceae. León y Alain (1953) la describen como un árbol de hasta 25 m, hojas redondeadas a redondeado-aovadas, de 8-20 cm,

por lo común abruptamente acuminadas, acorazonadas en la base, enteras o algo aserradas; el envés es gris tomentoso y con nervios prominentes, glandulosos en la base, involu-celo y cáliz comúnmente caedizos,

cáliz de 3,4-5 cm, pétalos de 9,5 - 11 cm, rojo oscuro en la base, cambiando de color, rosado en la mañana, luego amarillos y rojos por la tarde; cápsulas de 30-33 mm, globosa, hirsuta, semillas pelosas.

La madera de la majagua tiene el duramen de color algo variado, con tonos púrpura, aceituno y azul metálico; la albura se diferencia bien del duramen; su color es blanco opaco. Es de textura media, grano recto, medianamente dura y resistente, de brillo opaco, fácil de trabajar y durable. Fors (1965) informa que su peso específico es de 680 kg/m^3 ($0,69 \text{ g/cm}^3$). Ponce de León (1945) dice que la majagua proporciona madera preciosa; jaspe leñoso relativamente ligero, flexible resistente, que no se raja ni desprende astillas, fácil de trabajar y susceptible de adquirir el más acabado pulimento.

Las características antes mencionadas han llevado a que esta especie fuera objeto de una tala indiscriminada, y por ello desde el triunfo de la revolución ha estado contemplada en los planes de reforestación, siendo una de las especies latifolias más plantadas.

Hasta el presente no existen para la especie estudios dasométricos que permitan desarrollar en forma óptima su manejo. Es por ello que el presente trabajo tiene como objetivos:

1. Elaborar la tabla de densidades para *T. elatum* (Sw.) Fryxell.
2. Determinar los índices de sitio para la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de investigación

El trabajo se desarrolló en plantaciones distribuidas en prácticamente toda la provincia de Pinar del Río. Se levantaron parcelas y se cubicaron árboles derribados, y se obtuvo la información necesaria para estudiar prácticamente todos los aspectos dasométricos. En el presente artículo se aborda lo relacionado con la densidad y la clasificación de sitios. En próximos trabajos se irán tratando los demás aspectos.

Densidad

La definición de un criterio de densidad es primordial para construir las tablas de producción y lograr el manejo efectivo de las plantaciones.

Ortiz (1994) plantea que el crecimiento de un árbol (medido en metros cúbicos por año) depende de varios factores: la competencia, su estado sanitario, sus características genotípicas, el manejo silvicultural recibido y la calidad del sitio o micrositio en donde está creciendo.

Una plantación forestal puede ser manejada para maximizar su crecimiento por hectárea o para maximizar el crecimiento de los árboles individuales.

El manejo del bosque para alcanzar uno de estos objetivos implica el «manejo de la densidad del rodal», lo que consiste en la manipulación y control de la cantidad de material creciendo en él. El tratamiento silvícola aplicado para esto se ha denominado *raleo* o *aclareo forestal*.

Del análisis de las características de cada una de las variables utilizadas para evaluar la densidad del rodal se concluye que no existe una variable o medida perfecta. La variable menos recomendable para evaluar densidad del rodal es «número de árboles por hectárea», debido a que no se evalúa correctamente el estado de competencia entre los árboles en el rodal.

Pardé y Bouchon (1994) hacen referencia a la determinación de la densidad por medidas de distancias. Los mismos autores, citando a Ottorini (1978), Le Goff y Ottorini (1979) y Daniel *et al.* (1979) comentan otro método: factor de competencia de copas, sobre el cual indican que:

Creciendo libremente, la mayor parte de los árboles manifiestan una relación lineal entre el diámetro de su copa DC y su diámetro a 1,30 m: $DC = a + bd$.

Si se consideran N árboles que ocupan una superficie de terreno S , se llamará factor de competencia de copas (FCC) la relación entre la superficie que ocuparían árboles virtuales del mismo diámetro con crecimiento libre y la superficie S del terreno:

$$FCC = 100/S \sum_{y=1}^N n/4(a + bdi)^2$$

La competencia es tanto mayor cuanto más superior a 100 sea el FCC. El factor 100 corresponde aproximadamente al crecimiento libre. Muchos estudios silvícolas, principalmente en Norteamérica, se basan

ahora en este factor utilizado como estimador de la densidad de una masa dada.

Como ya se dijo, no existe un método perfecto para definir este problema, a pesar de las críticas que se les hacen a los diferentes métodos. La debilidad fundamental de cualquiera de ellos aplicado a las condiciones concretas de Cuba consiste en la deficiente información de campo que puede obtenerse debido al deficiente manejo a que han estado sometidas las plantaciones.

Según Ortiz (1994), al escoger una variable para evaluar la densidad de un rodal se debe tener en mente que la variable escogida pueda ser utilizada eficientemente en la planificación y ejecución de un programa de aclareos.

Teniendo en cuenta lo planteado por este autor, y lo que señala Pardé y Bouchon (1994) sobre el factor de competencia de copas, se ha decidido emplear el área de copa como variable principal para la determinación de la densidad. A juicio de los autores la única dificultad que presenta esta variable es que su estimación no es muy precisa, por lo que debe realizarse con mucho cuidado.

En el presente trabajo se empleó un criterio similar al usado por Garoz y Jerez (1989) e indicado por Pardé y Bouchon (1994), es decir, la determinación del diámetro de copa en función del diámetro normal. Para ello se procedió de la siguiente manera:

En un total de 20 parcelas representativas de las diferentes edades y calidades de sitio se midieron cua-

tro radios de copa según la orientación de los puntos cardinales a un árbol por clase diamétrica; luego se calculó el diámetro de copa y se determinó su valor promedio por clase diamétrica, y con estos valores se construyó el modelo matemático que ajusta la relación $DC = f(d_{1,3})$.

Calidad de sitio

Universalmente son utilizados dos métodos para realizar la clasificación de sitios forestales [Loetsch *et al.*, 1973; Bobko y Aldana, 1981; Hush *et al.*, 1982; Álvarez y Varona, 1988]: clasificación relativa y clasificación absoluta.

En el método de clasificación absoluta el empleo de la edad del arbolado y la altura es muy utilizado; sin embargo, a menudo se han notado las debilidades de la altura media, consistente en su poco valor biológico y principalmente a su sensibilidad a las intervenciones silviculturales. Actualmente lo que más se utiliza es la altura dominante, debido a que es casi insensible a diferencias de la densidad de los rodales [Alder, 1980].

Para la determinación de la calidad de sitio se contó con los registros de 253 parcelas temporales levantadas en cinco zonas de la provincia. Se tomó como criterio de calidad el valor de la altura dominante (H_0) en cada parcela de muestreo (el equivalente a los 100 árboles más gruesos por hectárea) [Keogk, 1979; García, 1986; Reinnolls y Peace, 1986; Wright, 1983; Sadig y Becwiht, 1986; Andrulot, 1972; citados por Peñalver (1988)]. Se construyó a partir de un análisis de regresión un modelo ma-

temático de crecimiento en altura dominante (H_0) en función de la edad. Los datos de altura dominante y edad obtenidos de las parcelas temporales incluidas se ajustaron al modelo matemático de crecimiento conocido como ecuación de Schumacher.

$$H_0 = H_{m\acute{a}x} \exp(b/A^k) \quad [1]$$

donde:

H_0 : Altura dominante

$H_{m\acute{a}x}$: Altura máxima que alcanza la especie

exp: Base de los logaritmos neperianos

A : Edad

b y k : Parámetros a ser ajustados

Utilizando logaritmos de base e ($\ln$) en ambos lados de la ecuación 1 se consigue:

$$\ln H_0 = \ln H_{m\acute{a}x} + b/A^k \quad [2]$$

Si se hace $a = \ln H_{m\acute{a}x}$, entonces a y b pueden ajustarse por regresión lineal siempre que k sea conocido.

Según Alder (1980), para la mayor parte de las especies los valores apropiados de k varían entre 0,2 y 2. Para muchas especies un valor asumido de $k = 1$ suministrará un ajuste satisfactorio. El parámetro b en la ecuación 2 debe ser siempre negativo. El parámetro a normalmente se halla entre 2 y 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad

Empleando la metodología descrita se obtuvo el siguiente modelo:

$$DC = 1,067 + 0,192 d_{1,3} \quad (r = 0,984; r^2 = 0,969; \text{Error estándar} = 0,2089)$$

Después se evaluó el modelo para un rango de diámetros de 3 hasta 35 cm y se establecieron valores de densidades (número de árboles por hectárea) desde 0,5 (5 000 m² de proyección de copa sobre 10 000 m²) hasta 1,5 (15 000 m² de proyección de copa sobre 10 000 m²) (Tab. 1).

Ahora bien, ¿cuál es la densidad normal? Pardé y Bouchon (1994) plantean que el FCC 100 (en Cuba se usa 1) corresponde aproximadamente al crecimiento libre.

Si se asume que la copa de los árboles tiene una forma circular perfecta de acuerdo con el modelo obtenido para estimar el diámetro de copa, un árbol de 20 cm de diámetro tendría 4907 m de diámetro de copa y 18,91 m² de área de copa. Si se divide 10 000 entre 18,91 se obtiene que en 1 ha caben 529 árboles de 20 cm. Al hacer esta división los 18,91 m² se consideran como si tuviesen una forma cuadrada, lo cual no es cierto.

Si como ya se dijo se acepta que la forma de la copa es un círculo perfecto, entonces para ser objetivos se tendría que circunscribir cada árbol dentro de un cuadrado de 18,91 m², y un cuadrado de estas dimensiones tiene 4,34 m de lado y casi 6 m por la diagonal. Por eso al circunscribir el círculo de 4907 m de diámetro ocurre que teniendo la misma área que el cuadrado, pequeñas áreas del círculo van a estar fuera del cuadrado y lo contrario. Esto va a provocar que se produzca un pequeño entrecruzamiento de copas y que queden pequeñas áreas sin cobertura. Por eso plantean Pardé y Bouchon (1994) que el factor 100

corresponde «aproximadamente» al crecimiento libre.

Como resultado del análisis anterior se puede afirmar que la densidad normal es la que corresponde al 100% de cobertura, es decir, 1. Esto no significa que se acepte la práctica corriente de que en cada raleo que se efectúe la densidad debe ser llevada a la normal (0,7 según la Norma Ramal 595), o a 1 para este caso. El manejo de la densidad debe ser gradual, comenzando por valores superiores al normal, efectuando el último raleo y dejando al arbolado con una densidad inferior a la normal.

Esto debe ser así porque teniendo en cuenta las características de crecimiento de *T. elatum* (Sw.) Fryxell y las metas de producción más probables, resulta conveniente someter a las plantaciones a una alta competencia en los primeros años de vida para de esta forma potenciar el crecimiento en altura, la poda natural de las ramas y la formación de un fuste más cilíndrico y libre de ramas hasta mayor altura.

A partir de aproximadamente la mitad del turno, cuando ya se hayan logrado los objetivos anteriores, se reduciría el nivel de competencia para potenciar el crecimiento en diámetro, llegando cinco años antes de la tala de aprovechamiento a una densidad por debajo de la normal, por ejemplo 0,7, de manera que en esos últimos cinco años, además de potenciar el crecimiento en diámetro, se potencie la regeneración natural, que según Betancourt (1987) puede ser abundante si se permite una adecuada penetración de la luz solar.

Calidad de sitio

Se definió 0,5 como valor para k . Para ello se escogieron valores tentativos para este parámetro dentro del rango dado, y se realizaron sus correspondientes análisis, con resultados

en cuanto a intercepto (a), pendiente (b), coeficiente de regresión (r), coeficiente de determinación (r^2) y suma de cuadrados de los residuos. El análisis de estos resultados permitió escoger el modelo de mejor ajuste: $\ln H_0 = 3,392 - 2,422 / A^{0,5}$.

R	R^2	R^2 Ajustada	S_x	F
0,832	0,693	0,691	0,1176	329,42

La ecuación obtenida es la ecuación guía para el establecimiento de la curva que diferencia los índices de sitio. Se escogió una edad patrón de veinte años (2/3 del turno) con índice de sitio a intervalos de 3 m. Utilizando la ecuación recomendada por Alder, 1980:

$$a_i = \ln IS - b/A_i^2 (3)$$

donde:

IS : Índice de sitio que define cada ecuación

a_i : Término independiente

A_i : Edad índice (20 años)

k = Parámetro a ser ajustado

Se obtuvieron las ecuaciones cuyos resultados se muestran a continuación:

IS	$Modelo$
13 m	$\ln H_0 = 3,106525 - 2,422/A_i^{0,5}$
16 m	$\ln H_0 = 3,314164 - 2,422/A_i^{0,5}$
19 m	$\ln H_0 = 3,486014 - 2,422/A_i^{0,5}$
22 m	$\ln H_0 = 3,632618 - 2,422/A_i^{0,5}$
25 m	$\ln H_0 = 3,760451 - 2,422/A_i^{0,5}$

Estos modelos fueron evaluados para edades entre cuatro y treinta años. Los resultados se pueden observar en la Tab. 2 y en la Fig. 1.

CONCLUSIONES

- La relación diámetro de copa, diámetro a diámetro normal mostró

un buen ajuste y posibilitó la obtención del modelo $DC = 1,067 + 0,192 d_{1,3}$, a partir del cual se confeccionó la tabla de densidades que será empleada para la obtención de las tablas de producción.

- Una cobertura del 100 % corresponde con la densidad normal.

- El modelo de crecimiento $Ln H_0 = 3,392 - 2,422 / A^{0.5}$ fue el que mejores resultados proporcionó, y sirvió como guía para la obtención del abanico de curvas que define los índices de sitio para *T. elatum* (Sw.) Fryxell. Además de su valor práctico propio, permitirá la elaboración de las tablas de producción para la especie.
- Los cinco índices de sitio (IS) establecidos cubren adecuadamente la variabilidad del potencial productivo de *T. elatum* (Sw.) Fryxell. En la provincia existe un predominio de plantaciones con IS = 16 m (35,1%), seguido por IS = 13 m (27,76%) e IS = 19 m (24,06%). El resto (13,08) corresponde a los índices 22 y 25 m.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, O. A.; E. M. ZEPEDA: «Estimación de índice de sitios para *Pinus pseudoestrobis* Lind. de la región de Iturbide, Nuevo León», *Ciencia Forestal* vol. 10, no. 56, 1985, pp. 50-64.
- ALDER, D.: *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, 1980.
- ÁLVAREZ, P.; J. C. VARONA: *Silvicultura*, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, 1988.
- BÁEZ, R.; H. GRA: «Estudio dasométrico en *Casuarina equisetifolia*. Tabla de volumen», *Revista Forestal Baracoa*, vol. 18, no. 2, 1980, pp. 41-52.
- BETANCOURT, A.: *Silvicultura especial de árboles maderables tropicales*, Ed. Científico-Técnica, La Habana, 1987.
- BOBKÓ, A.; E. ALDANA: *Ordenación de montes. Partes I y II*, Unidad Docente de Ingeniería Forestal, Centro Universitario de Pinar del Río, 1981.
- FORS, A.: *Maderas cubanas*, Ed. INRA, La Habana, 1965.
- GAROZ, M.; M. JEREZ: «Estudio preliminar de calidades de sitio y densidades para la especie *Hibiscus elatus* en tres empresas de la provincia de Pinar del Río», Trabajo de Diploma, Universidad de Pinar del Río, 1989.
- HUSCH, B.; C. I. MILLER; T. W. BEERS: *Forest Mensuration*, third edition, John Wiley and Sons, Nueva York, 1982.
- KLEPAC, D.: *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales*, Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1983.
- LEÓN, HNO.; HNO. ALAIN (SAUGET, J. C. y E. LIOGIER): *Flora de Cuba*, vol. III, Imp. P. Fernández y Cía., La Habana, 1953.
- LOETSCH, F.; F. ZÖHRER; K. E. HALLER: *Forest inventory V2 BLV Verlagsgesellschaft Munchen*, Bern Wien, 1973.
- ORTIZ, E.: *Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques*, t. 1, Serie de Apoyo Académico no. 16, ITCR, Cartago, Costa Rica, 1994.
- PARDE, J.; J. BOUCHON: *Dasometría*, Ed. Paraninfo, Madrid, 1994.
- PEÑALVER, A.: «Estudio del crecimiento y rendimiento de las plantaciones de *Eucaliptus* sp. de la provincia de Pinar del Río», tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales, Universidad de Pinar del Río, 1991.

ANEXOS

TABLA 1

Densidades para plantaciones de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (número de árboles por hectárea)

<i>d</i> (cm)	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
3	7075	6603	6132	5660	5188	4717	4245	3773	3302	2830	2358
4	5672	5294	4916	4538	4159	3781	3403	3025	2647	2269	1891
5	4648	4338	4029	3719	3409	3099	2789	2479	2169	1859	1549
6	3879	3620	3362	3103	2844	2586	2327	2069	1810	1551	1293
7	3286	3067	2847	2628	2409	2190	1971	1752	1533	1314	1095
8	2819	2631	2443	2255	2067	1879	1691	1503	1315	1127	940
9	2445	2282	2119	1956	1793	1630	1467	1304	1141	978	815
10	2141	1998	1855	1712	1570	1427	1284	1142	999	856	714
11	1890	1764	1638	1512	1386	1260	1134	1008	882	756	630
12	1681	1569	1457	1345	1232	1120	1008	896	784	672	560
13	1504	1404	1304	1204	1103	1003	903	802	702	602	501
14	1355	1264	1174	1084	993	903	813	722	632	542	452
15	1226	1144	1062	981	899	817	736	654	572	490	409
16	1115	1041	966	892	818	743	669	595	520	446	372
17	1018	950	882	815	747	679	611	543	475	407	339
18	934	871	809	747	685	622	560	498	436	373	311
19	859	802	745	687	630	573	515	458	401	344	286
20	793	740	687	635	582	529	476	423	370	317	264
21	735	686	637	588	539	490	441	392	343	294	245
22	682	637	591	546	500	455	409	364	318	273	227
23	635	593	551	508	466	424	381	339	296	254	212
24	593	553	514	474	435	395	356	316	277	237	198
25	555	518	481	444	407	370	333	296	259	222	185
26	520	486	451	416	382	347	312	277	243	208	173
27	489	456	424	391	358	326	293	261	228	196	163
28	460	429	399	368	337	307	276	245	215	184	153
29	434	405	376	347	318	289	260	231	202	174	145
30	410	382	355	328	300	273	246	219	191	164	137
31	388	362	336	310	284	258	233	207	181	155	129
32	367	343	318	294	269	245	220	196	171	147	122
33	348	325	302	279	256	232	209	186	163	139	116
34	331	309	287	265	243	221	199	177	155	132	110
35	315	294	273	252	231	210	189	168	147	126	105

TABLA 2

Altura dominante por índice de sitio para *Talipariti elatum* (Sw) Fryxell

Edad	13 m	16 m	19 m	22 m	25 m
4	6,66	8,19	9,73	11,26	12,80
5	7,56	9,31	11,05	12,80	14,55
6	8,31	10,23	12,15	14,07	15,99
7	8,95	11,01	13,07	15,14	17,20
8	9,49	11,68	13,87	16,06	18,25
9	9,97	12,27	14,57	16,87	19,17
10	10,39	12,78	15,18	17,58	19,98
11	10,76	13,25	15,73	18,22	20,70
12	11,10	13,67	16,23	18,79	21,35
13	11,41	14,05	16,68	19,31	21,95
14	11,70	14,39	17,09	19,79	22,49
15	11,96	14,71	17,47	20,23	22,99
16	12,19	15,01	17,82	20,64	23,45
17	12,42	15,28	18,15	21,01	23,88

Edad	13 m	16 m	19 m	22 m	25 m
18	12,62	15,54	18,45	21,36	24,28
19	12,82	15,78	18,73	21,69	24,65
20	13,00	16,00	19,00	22,00	25,00
21	13,17	16,21	19,25	22,29	25,33
22	13,33	16,41	19,48	22,56	25,64
23	13,48	16,60	19,71	22,82	25,93
24	13,63	16,77	19,92	23,06	26,21
25	13,76	16,94	20,12	23,29	26,47
26	13,90	17,10	20,31	23,51	26,72
27	14,02	17,25	20,49	23,72	26,96
28	14,14	17,40	20,66	23,92	27,19
29	14,25	17,54	20,83	24,12	27,40
30	14,36	17,67	20,99	24,30	27,61

