

Algunos Aspectos Epidiométricos del Jaúl (*Alnus acuminata* (HBK) O. Ktze) en Costa Rica¹

E. E. Gutiérrez*, O. Murillo**, P. Camacho**

ABSTRACT

Alnus acuminata ((HBK) O. Ktze) was studied on 88 natural plots and on 126 plantations. Site index equations were developed for both cases, while taper and volume equations were only for plantations. Additionally, an exploratory yield relation was performed for plantation cases.

COMPENDIO

Un estudio preliminar de la especie arbórea *Alnus acuminata* ((HBK) O. Ktze) fue conducido en 88 parcelas naturales y 126 parcelas plantadas. Para ambos casos, se desarrollaron ecuaciones de índices de sitio como también ecuaciones para modelar la forma y el volumen para el caso de las plantaciones. Además, se desarrolló una relación exploratoria de rendimiento para las plantaciones.

INTRODUCCION

El jaúl (*Alnus acuminata* (HBK) O. Ktze) es una especie forestal, de rápido crecimiento, que puede alcanzar hasta 25 m de altura y 20 cm de diámetro en 10 años (15). Está distribuido en Costa Rica entre los 1500 y 2800 msnm. De acuerdo con el Mapa Ecológico de Costa Rica, elaborado por Tossi (20), el jaúl se ubica en las zonas de vidas: bosque muy húmedo montaña bajo, pluvial montaña bajo y pluvial montaña.

Se conoce relativamente poco sobre el manejo de la especie, especialmente en lo que se refiere a las primeras intervenciones silviculturales (17). En cuanto a su uso, el jaúl ha sido utilizado especialmente en la fabricación de ataúdes, cajas de fósforos, hormas de zapatos, palos de escoba, ebanistería, construcción de viviendas y paletería (16, 19). Su madera ha sido clasificada como moderadamente liviana (1, 3, 11, 22); presenta fibras fuertes e impregnables, lo cual coloca a la especie entre las especies de buena calidad para la producción de papel (3, 15, 21).

Este estudio tiene como objetivo dar a conocer algunos aspectos epidiométricos preliminares del jaúl con el fin de conocer mejor la especie y así, maximizar su utilización como recurso maderero. Específicamente, se analizan tópicos relacionados con índices de sitio para el jaúl y forma fustal, los cuales generan aplicaciones en lo que se refiere al manejo de plantaciones de la especie.

En plantaciones, el crecimiento en altura de los árboles casi no es afectado por la densidad del rodal (23) en consecuencia, la altura dominante y codominante del rodal es considerada como un buen indicador de evaluación de la calidad del sitio. Así es como el índice de sitio es definido como la altura promedio que alcanzarían los árboles dominantes y codominantes de una área, a una edad base. Por ejemplo, un índice de sitio de 25 sobre la edad base de 15 años significa que esos árboles, a la edad de 15 años, deberían alcanzar una altura de 25 metros. Esta relación de altura dominante *versus* edad sigue el patrón sigmoideal característico de las curvas de crecimiento. Estas tienen una fase inicial lenta, seguida por una fase de crecimiento acelerado que podría ser hasta lineal y luego por una etapa de crecimiento decreciente, hasta que el árbol termina de incrementar su altura (6).

El índice así definido ha sido la forma más común y convencional de comparar calidades de sitios en plantaciones. En cambio, en rodales naturales se debe de hacer una modificación. La determinación de la edad en árboles de bosques tropicales, ha sido motivo de estudio por hace más de dos décadas. Sin embargo, todavía no se tiene una metodología común que lleve a la determinación exacta de dicha variable.

¹ Recibido para publicación el 22 de mayo de 1986
El presente estudio se realizó bajo un convenio de cooperación entre la Escuela de Estadística (UCR) y el Depto. Ing. Forestal (ITCR).
Los autores desean manifestar su agradecimiento al Ing. Rodrigo Infante y al Sr. Eliécer Solano, del ITCR, por su valiosa colaboración en el trabajo de campo y de laboratorio, respectivamente.

* Profesor invitado de la Escuela de Estadística de la Universidad de Costa Rica

** Profesores del Departamento de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica

Un método alternativo fue planteado por McLintock y Rickford (10), utilizando la relación diámetro a la altura del pecho (dap) *versus* altura dominante. Ellos encontraron que, en bosques heterogéneos, tal relación era la medición más sensible y confiable de la calidad de sitio.

El propósito del estudio de la forma fustal del jaúl fue el de modelar el crecimiento diamétrico de la especie y desarrollar una ecuación de volumen generada a partir del modelo inicial. Varios modelos han sido aplicados en el estudio de conicidad de especies arbóreas (4, 5, 9, 14) Bruce *et al.* (2) encontraron que, para *Alnus rubra* (Bong.), el cuadrado de la razón entre un diámetro cualquiera y el dap, ambos sin corteza, tenía aproximadamente variancia constante sobre un ámbito de diferentes alturas en el tronco. Kozak *et al.* (12) asumen que la forma de un árbol puede ser representada como una función parabólica entre diámetro sin corteza, dap, altura variable (podría ser la comercial) y altura total.

MATERIALES Y METODOS

Para la determinación de una familia de curvas de sitio para el jaúl, se tuvo la disponibilidad de 214 parcelas, de las cuales 126 provenían de plantaciones y 88 de rodales naturales no intervenidos. La selección de las parcelas fue hecha a juicio, debido a que se carecía de un mapa actualizado que señalara las plantaciones y rodales naturales de jaúl en Costa Rica. Sin embargo, se estima que la cobertura del estudio abarca más del 95% de las plantaciones y rodales naturales existentes en el país. Las parcelas fueron establecidas tratando de cubrir la composición dasocrática del rodal, o sea, tratando de cubrir todas las diferentes características de ésta, como son pendiente, exposición, topografía y drenaje superficial.

Para cada árbol se captó información acerca de su altura usando un clinómetro Blume-Leiss y se registró al decímetro; el diámetro a la altura del pecho (dap) fue determinado usando una cinta diamétrica y anotada al centímetro; la altura dominante de la parcela se determinó a través del promedio de los 100 árboles más altos por hectárea; la edad del árbol fue determinada sobre un corte transversal del árbol a una altura que osciló entre 20 y 30 cm del suelo y por el recuento de anillos en tres posiciones opuestas. Esta edad, en el caso de las plantaciones, fue comprobada con la información existente sobre las mismas. En el caso de los árboles provenientes de rodales naturales, la edad no pudo ser determinada con precisión ya que no existen estudios que den a conocer el tipo de relación anillos-edad para el jaúl natural de Costa Rica.

Para el caso de las plantaciones se analizaron diferentes modelos que han sido propuestos para determinar índices de sitio para otras especies. Entre ellos, los más importantes para el jaúl son:

$$1) h_{\text{dom}} = b_0 e^{b_1 (1/E)} \quad (18)$$

$$2) h_{\text{dom}} = b_0 e^{b_1 (1/E)^{0.5}} \quad (17)$$

$$3) h_{\text{dom}} = b_0 e^{b_1 (1/E) + b_2 (1/E)^2} \quad (8)$$

$$4) h_{\text{dom}} = b_0 E^{b_1}$$

donde h_{dom} = altura dominante

E = edad

$b_0 \cdot b_1 \cdot b_2$ = coeficientes de regresión

Para los fines consecuentes, se definió una edad base de 15 años, edad próxima a la edad de rotación esperada para producción de madera para aserrijo y además, por ser una edad media que se encontró dentro del ámbito de edades muestreadas.

Para la determinación de una familia de índices de sitio para el jaúl natural se estudiaron, entre otros, los siguientes modelos:

$$1) h_{\text{dom}} = b_0 + b_1 (\text{dap})$$

$$2) h_{\text{dom}} = b_0 + b_1 e^{-(\text{dap})}$$

$$3) h_{\text{dom}} = b_0 + b_1 (\text{dap})^{0.5}$$

donde

h_{dom} = altura dominante

dap = diámetro a altura del pecho (1,3 m)

b_0, b_1 = coeficientes de regresión.

Se asume para este estudio un dap mínimo para aserrijo de 35 cm. Además de las medidas señaladas para cada parcela, se registró también la densidad (árboles/ha), densidad aparente del suelo (a 10 cm), altitud, drenaje superficial, exposición (dirección de la pendiente dominante con respecto a los ocho puntos cardinales más importantes) y pendiente dominante.

Para el estudio de la forma del jaúl, se contó con 29 árboles provenientes de diferentes plantaciones de la zona central de Costa Rica.

Los árboles fueron seccionados a alturas de 0,3, 1,0, 1,3 m y luego, en secciones cada metro, hasta

alcanzar la altura comercial. En cada sección se cortó un disco de dos a cinco centímetros de grosor y se determinó el diámetro (al cm), con y sin corteza, utilizando la misma cinta diamétrica.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los modelos estudiados para el caso de plantaciones, se encontró que el modelo cuatro era el más indicado, teniendo la forma:

$$\ln(h_{dom}) = 2.115 + 0.327 \ln(E)$$

$$R^2 = 0.86; Sy/x = 0.275; p < 0.0001$$

Partiendo de una edad base de 15 años y sabiendo que el índice de sitio es igual a la altura dominante para esa edad base, se tiene la ecuación de índice de sitio (IS) para plantaciones de jaul:

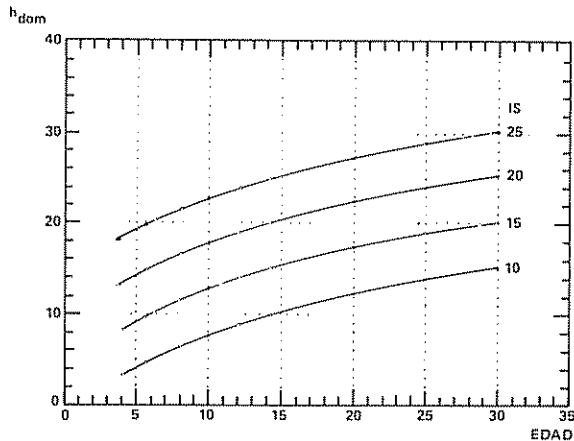
$$IS = 20.098 + (h_{dom}) - E^{0.3271}$$

Esta ecuación genera la familia de curvas mostrada en la Fig 1.

Para el caso del jaul en bosque natural, el modelo (de los estudiados) más adecuado para la relación dap-h_{dom} fue:

$$h_{dom} = 17.106 + 1.184 (dap)^{1/2}$$

$$R^2 = 0.95; Sy/x = 0.441; p < 0.0001$$



Edad	Índice de Sitio			
	10	15	20	25
5	4	9 ^{h_{dom}}	14	19
10	8	13	18	23
15	10	15	20	25
20	12	17	22	27
25	14	19	24	29

Fig. 1 Índices de sitio para el jaul. Edad base = 15 años

Para un dap estándar de 35 cm, se obtiene la siguiente ecuación para índices de sitio para el jaul natural:

$$IS = 17.106 + h_{dom} - 1.184 (dap)^{1/2}$$

Con esta ecuación, se construyó la familia de curvas que se presentan en la Fig 2.

El crecimiento diamétrico, en árboles de plantación, se modeló utilizando las observaciones de Bruce et al. (2) y de Kozak et al. (12). El modelo utilizado tiene la forma:

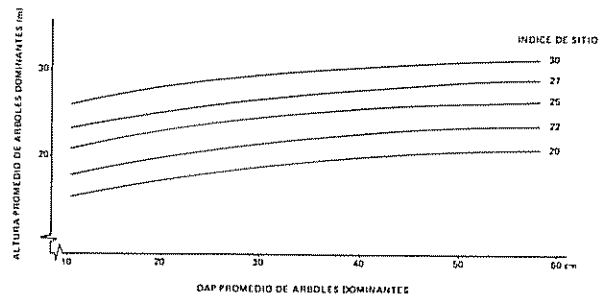
$$(dsc/dap)^2 = b_0 + b_1 (h_c/h_t) + b_2 (h_c/h_t)^{0.5}$$

Estas relaciones fueron estudiadas principalmente ya que permitirían desarrollar un modelo sencillo y práctico de la conicidad del jaul. Para que tal modelo no diera resultados sesgados, se impuso una restricción teórica de que, cuando h_c = h_t, dsc = 0. Esto se logró haciendo B₀ = B₁ = B₂ = 0

Obviamente, en la realidad tal cosa no sucede con esta especie pero la restricción servirá para encontrar un modelo estadístico más confiable. Así, entonces, se obtuvo la ecuación:

$$(dsc/dap)^2 = 1.049 - 1.249 (h_c/h_t) + 0.2 (h_c/h_t)^2$$

$$R^2 = 0.99; Sy/x = 0.075; p < 0.0001$$



DAP	Índices de Sitio				
	20	22	25	27	30
	Altura Dominante				
10	17	19	22	24	27
20	18	20	23	25	28
30	19	21	24	26	29
40	20	22	25	27	30
50	21	23	26	28	31

Fig. 2 Índices de sitio para rodales naturales de jaul en Costa Rica DAP Base = 35 CM.

Cuadro 1. Tabla de volumen para el jaúl (*Alnus acuminata*) (sin corteza) (m³).

DAP (m)	h _t (m)	DSC (m)							
		0.02	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.3
0.05	3	0.002	—	—	—	—	—	—	—
	6	0.005	—	—	—	—	—	—	—
	9	0.008	—	—	—	—	—	—	—
0.10	9	0.034	0.029	0.002	—	—	—	—	—
	12	0.046	0.039	0.003	—	—	—	—	—
	15	0.057	0.049	0.004	—	—	—	—	—
0.15	9	0.078	0.075	0.062	0.022	—	—	—	—
	12	0.104	0.101	0.082	0.029	—	—	—	—
	15	0.130	0.126	0.103	0.037	—	—	—	—
0.20	18	0.156	0.151	0.124	0.044	—	—	—	—
	12	0.185	0.183	0.172	0.139	0.069	—	—	—
	15	0.231	0.229	0.215	0.174	0.086	—	—	—
	18	0.278	0.275	0.258	0.209	0.103	—	—	—
0.25	21	0.324	0.321	0.301	0.243	0.121	—	—	—
	24	0.370	0.367	0.345	0.278	0.138	—	—	—
	15	0.362	0.360	0.351	0.323	0.262	0.152	—	—
	18	0.434	0.432	0.421	0.388	0.314	0.183	—	—
	21	0.507	0.505	0.492	0.452	0.367	0.214	—	—
	24	0.579	0.577	0.562	0.517	0.419	0.244	—	—
0.30	27	0.652	0.649	0.632	0.582	0.472	0.275	—	—
	30	0.724	0.721	0.703	0.646	0.524	0.305	—	—
	15	0.521	0.520	0.514	0.493	0.448	0.367	0.236	—
	18	0.625	0.624	0.616	0.592	0.538	0.441	0.283	—
	21	0.730	0.728	0.719	0.691	0.628	0.514	0.331	—
	24	0.834	0.832	0.822	0.789	0.718	0.588	0.378	—
	27	0.932	0.937	0.925	0.888	0.808	0.661	0.425	—
0.35	30	1.043	1.041	1.028	0.987	0.897	0.735	0.473	—
	33	1.147	1.145	1.130	1.086	0.987	0.808	0.520	—
	18	0.852	0.851	0.845	0.826	0.785	0.710	0.587	0.404
	21	0.994	0.992	0.986	0.964	0.916	0.829	0.685	0.472
	24	1.136	1.134	1.126	1.102	1.047	0.947	0.783	0.539
	27	1.278	1.276	1.267	1.240	1.178	1.065	0.881	0.607
0.40	30	1.420	1.418	1.408	1.378	1.309	1.184	0.979	0.674
	33	1.562	1.560	1.549	1.515	1.440	1.302	1.077	0.742
	18	1.112	1.112	1.107	1.093	1.061	1.001	0.903	0.755
	21	1.298	1.297	1.292	1.275	1.237	1.168	1.053	0.881
	24	1.483	1.482	1.476	1.457	1.414	1.335	1.204	1.007
	27	1.669	1.668	1.661	1.639	1.591	1.502	1.354	1.133
	30	1.854	1.853	1.845	1.821	1.768	1.668	1.505	1.259
	33	2.040	2.038	2.030	2.004	1.945	1.835	1.656	1.385
0.45	36	2.225	2.224	2.214	2.186	2.122	2.002	1.806	1.511
	39	2.411	2.409	2.399	2.368	2.298	2.169	1.957	1.636
	21	1.643	1.642	1.638	1.624	1.594	1.538	1.444	1.303
	24	1.877	1.877	1.872	1.856	1.822	1.757	1.651	1.489
	27	2.112	2.111	2.106	2.088	2.050	1.977	1.857	1.675
	30	2.347	2.346	2.440	2.321	2.277	2.197	2.063	1.861
	33	2.582	2.581	2.574	2.553	2.505	2.417	2.270	2.017
0.50	36	2.816	2.815	2.808	2.785	2.733	2.636	2.476	2.233
	39	3.051	3.050	3.042	3.017	2.961	2.856	2.683	2.419
	21	2.028	2.028	2.024	2.013	1.988	1.941	1.854	1.746
	24	2.318	2.317	2.313	2.301	2.272	2.219	2.180	1.995
	27	2.608	2.607	2.602	2.538	2.556	2.496	2.397	2.244
	30	2.898	2.897	2.892	2.876	2.840	2.774	2.663	2.494
	33	3.187	3.186	3.181	3.164	3.124	3.051	2.929	2.743
36	3.477	3.476	3.470	3.451	3.409	3.329	3.196	2.993	
	39	3.767	3.766	3.759	3.759	3.693	3.606	3.462	3.242

Continuación del Cuadro 1.

DAP (m)	h_t	DSC (cm)			
		0.34	0.38	0.41	0.45
0.35	18	0.147	—	—	—
	21	0.172	—	—	—
	24	0.196	—	—	—
	27	0.221	—	—	—
	30	0.245	—	—	—
	33	0.270	—	—	—
0.40	18	0.546	0.263	—	—
	21	0.637	0.307	—	—
	24	0.728	0.351	—	—
	27	0.819	0.395	—	—
	30	0.910	0.439	—	—
	33	1.001	0.483	—	—
	36	1.092	0.527	—	—
0.45	39	1.183	0.571	—	—
	21	1.100	0.826	0.467	—
	24	1.258	0.944	0.534	—
	27	1.415	1.062	0.600	—
	30	1.572	1.180	0.667	—
	33	1.730	1.298	0.734	—
	36	1.887	1.416	0.801	—
0.50	39	2.419	2.044	1.534	—
	21	1.576	1.344	1.039	0.650
	24	1.801	1.536	1.188	0.743
	27	2.026	1.728	1.336	0.836
	30	2.251	1.920	1.485	0.929
	33	2.477	2.112	1.633	1.022
	36	2.702	2.304	1.782	1.115
39	2.927	2.496	1.930	1.208	

donde dsc = diámetro sin corteza (en metros)

dap = diámetro a 1.3 m de altura

h_c = altura comercial

h_t = altura total del árbol.

Manipulando la ecuación recién encontrada, se observa que el dsc, a una altura comercial dada, viene dado por:

$$dsc = dap (1.049 - 1.249 (h_c/h_t) + 0.2 (h_c/h_t)^2)^{0.5}$$

La cual tiene un error estándar asociado en la estimación SE = 1.96 cm.

La ecuación original permite simular también la altura comercial para un dsc cualquiera, utilizando:

$$h_c = \frac{3.122 (h_t) - [4.505 (h_t)^2 + 5((h_t) (dsc)/dap)^2]^{0.5}}{2}$$

Esta ecuación presentó un error estándar en la estimación SE = 1.7 m.

Reescribiendo la ecuación original y multiplicándola por 0.7854 ($=\pi/4$) obtenemos el área de la sección especificada por dsc (llamémosla A (d)). Si A(d) se integra a lo largo del tronco (con respecto a h_c obviamente), tenemos entonces una ecuación que estima el volumen del tronco de jaul:

$$V_c = \int_0^{h_c} 0.7854 dsc^2 dh_c$$

Haciendo el ajuste respectivo, obtenemos:

donde V_c = volumen comercial.

$$V_c = 0.7854 dap^2 h_t [1.049 (h_c/h_t) - 0.624 (h_c/h_t)^2 + 0.067 (h_c/h_t)^3]$$

Cuadro 2. Cuadro de rendimiento (m^3/ha) sin corteza para plantaciones de jaúl. Según índice de sitio y área basal.

Índice de Sitio	Área Basal/ha	Edad en años								
		5	8	10	13	15	18	20	23	25
10	5	18.8	22.0	23.4	24.9	25.8	26.7	27.3	28.0	28.4
10	10	35.1	41.1	43.7	46.6	48.1	50.0	51.0	52.3	53.0
10	20	65.6	76.7	81.6	87.1	89.9	93.4	95.3	97.7	99.1
10	30	94.6	110.6	117.7	125.6	129.7	134.6	137.4	140.9	142.9
10	40	122.6	143.3	152.6	162.8	168.1	174.5	178.1	182.6	185.2
15	5	25.9	30.3	32.2	34.4	35.5	36.8	37.6	38.5	39.1
15	10	48.4	56.5	60.2	64.2	66.3	68.8	70.2	72.0	73.0
15	20	90.4	105.6	112.4	120.0	123.9	128.6	131.2	134.6	136.5
15	30	130.3	152.3	162.1	172.9	178.6	185.4	189.2	194.0	196.8
15	40	168.8	197.4	210.1	224.2	231.5	240.3	245.2	251.5	255.1
20	5	35.6	41.7	44.3	47.3	48.9	50.7	51.8	53.1	53.8
20	10	66.6	77.9	82.9	88.4	91.3	94.8	96.7	99.2	100.6
20	20	124.4	145.5	154.8	165.2	170.6	177.1	180.7	185.3	188.0
20	30	179.4	209.7	223.2	238.2	245.9	255.3	260.5	267.2	271.0
20	40	232.5	271.9	289.3	308.7	318.8	331.0	337.7	346.3	351.3
25	5	49.1	57.4	61.1	65.2	67.3	69.8	71.3	73.1	74.1
25	10	91.7	107.2	114.1	121.8	125.7	130.5	133.2	136.6	138.5
25	20	171.4	200.4	213.2	227.5	234.9	243.9	248.9	255.2	258.9
25	30	247.0	288.8	307.4	328.0	338.6	351.6	358.8	367.9	373.2
25	40	320.2	374.4	398.5	425.2	439.0	455.8	465.1	476.9	483.8

De la relación anterior se nota que cuando $h_c = h_t$ el volumen del tronco es igual al volumen de un cilindro de las mismas dimensiones dap y h_t multiplicado por el factor 0.4915. El Cuadro 1 presenta los volúmenes para árboles de diferentes dimensiones. Se hicieron comparaciones de volúmenes usando la ecuación de Smalian ya que ésta no presenta sesgos dentro del supuesto de la forma parabólica (13). Tales comparaciones no mostraron diferencias significativas entre ambas estimaciones.

La ecuación para el volumen con corteza se genera por:

$$V_{cc} = 0.7854 \text{ dap}^2 h_t [1.104 (h_c/h_t) - 0.6385 (h_c/h_t)^2 + 0.058 (h_c/h_t)^3]$$

La relación entre el volumen con corteza y el volumen sin corteza viene dada por:

$$V_{cc} = 1.065 V_c$$

Finalmente, se estudiaron varias relaciones de rendimiento para el jaúl en plantación, encontrándose la ecuación:

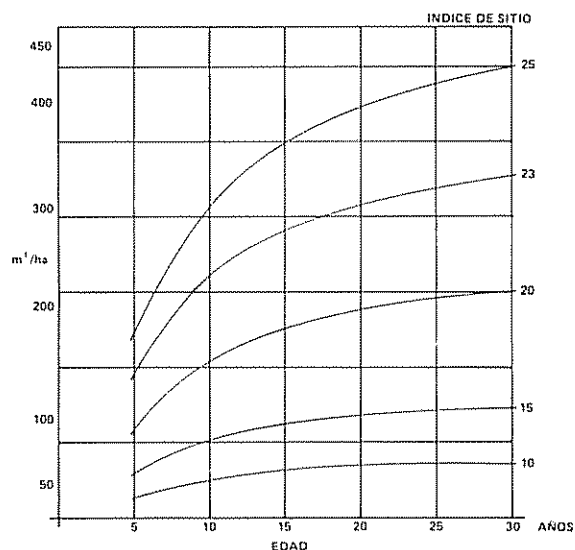
$$\ln(Y) = 1.588 - 1.669 (E)^{0.5} + 0.064 (IS) + 0.902 \ln(G)$$

$$R^2 = 0.97 \quad S_y \cdot x_s = 0.178 \quad p < 0.0001$$

Donde Y = volumen (m^3)/ha
 E = edad de la plantación
 IS = Índice de sitio
 G = área basal por hectárea

El Cuadro 2 resume los rendimientos para varios índices de sitio, edades y áreas basales.

La siguiente figura representa las relaciones de rendimiento para diferentes índices de sitio (IS) con un área basal por hectárea constante de $20 m^2$.



LITERATURA CITADA

1. ACOSTA, I 1967 Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica. IICA San José, Costa Rica
2. BRUCE, D; CURTIS, R D; VanCOEVERING, C. 1968 Development of a system of taper and volume tables for red alder. Forestry Science 14:339-350.
3. CAMACHO, P; CANESSA, E. Determinación de las características macroscópicas y microscópicas, los patrones de variación de fibras de especies tropicales y su efecto en la elaboración de pulpa para papel Centro de Investigación en Ingeniería en Maderas ITCR, Cartago, Costa Rica.
4. CLUTTER, J.C.; BENNETT, F.A 1972. Taper curves for planted slash pine USDA For Ser Res Note SE-179. Southeastern Forestry Experimental Station, Ashville, N C
5. CURTIS, R.O 1973. Integrated system for the estimation of tree taper and volume. Canadian Journal of Forestry 3:90-94.
6. DEL AMO RODRIGUEZ, S; NIETO DE PASCUAL, J. 1982. Applications of models and mathematical equations to evaluate growth rates and age determinations of tropical trees. In Age and growth rate of tropical trees: new directions for research. Yale University p 128-133
7. GLENDON, W.S; BOWER, D R 1971 Site index curve for loblolly pine and short leaf pine in Tennessee, Alabama, and Georgia highlands. USDA For Ser
8. GRUT, M. 1977 Equations for calculating height increment and site index of pinaster pine. Forestry Journal 102:43-50
9. GUTIERREZ, E. 1984 A growth model for black walnut (*Juglans nigra*) in Iowa Tesis de maestría. Iowa State University. Biblioteca Carlos Monge Alfaro, San José, Costa Rica.
10. HUSCH, B.; MILLER, C.H.; BEERS, T.W 1982. Forest Mensuration John Wiley & Sons, New York, N.Y.
11. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS 1969 Informe sobre un programa de ensayo de maderas realizado para el Proyecto UNDP 192: Investigación y desarrollo de zonas forestales de Costa Rica. Lab de Tec de la madera. Turrialba, Costa Rica.
12. KOZAK, A; MUNRO, D D; SMITH, J.H.G. 1969. Taper functions and their applications in forest inventory For Chrom 45:278-283.
13. LOETSCH, F; ZOHRER, F; HALLER, K.E. 1973. Forest Inventory Vol II BLV Verlagsgesellschaft, Muehen, Germany p 146-148.
14. MAX, T.A; BURKHART, H.E. 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations Forestry Science 22:283-289
15. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES; DESARROLLO CENTRO AGRONÓMICO (CATIE) 1984 Especies para leña, arbustos y árboles para la producción de energía Turrialba, Costa Rica
16. RECORD, S.J.; HASS, R.W. 1943. Timbers of the new world Yale University Press New Haven, Conn.
17. SANCHEZ, V.M. 1985 Planificación y ejecución de un raleo en plantaciones de jaúl del proyecto Haciendas Forestales de Coronado, S.A. Anteproyecto de práctica de especialidad Departamento de Ingeniería Forestal ITCR, Cartago, Costa Rica
18. SCHUMACHER, F. 1939. New growth curve and its application to timber yield studies. Journal Forestry 37:819-820.
19. SOLIS, M 1984. *Alnus acuminata* (HBK) O Ktze Monografía. Curso de Silvicultura II. Departamento de Información Forestal ITCR, Cartago, Costa Rica.
20. IOSSI, J. 1969. República de Costa Rica Mapa Ecológico. Escala 1:750.000 Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
21. TUK, J.B. 1980 Informe general del proyecto "Clasificación y normalización de maderas para uso estructural". Centro Inv Ing Maderas ITCR. 365 p.
22. TUK, J; PICADO, F; ROJAS, V. 1983. Características dasométricas, propiedades físicas y mecánicas de 17 especies maderables de Costa Rica. In Informe final del proyecto propiedades físicas, mecánicas, preservación, durabilidad, cepillado, taladrado, lijado y torneado de 18 especies maderables de Costa Rica. ITCR Cartago, Costa Rica 72 p.
23. VICENT, L 1975. Manejo de plantaciones forestales con fines de producción. Centro de Estudios Forestales de Posgrado. Departamento Manejo de Bosques Universidad de los Andes Mérida, Venezuela

Reseña de libros

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1985. *Seed physiology of development and germination*. Plenum Press, New York. 367 p.

La amplia variedad de publicaciones que tratan las bases teóricas de la fisiología de plantas y los conceptos de bioquímica asociados con ella, se ven enriquecidos con la publicación de este libro, el que resume en forma adecuada los principales aspectos asociados con los procesos que conducen al desarrollo y germinación de las semillas.

El volumen está bien presentado y editado, ofreciendo abundantes referencias bibliográficas, cuadros, gráficos concisos y buenas fotografías. El material presentado en el texto, posee una secuencia lógica y bien organizado, de manera tal que es relativamente sencillo, acompañar el desarrollo de los procesos químicos y biológicos que conducen a la germinación de las semillas y al subsecuente desarrollo de las estructuras vitales del embrión. Sin embargo, conviene enfatizar que el lector debe tener un conocimiento razonable de bioquímica para poder aprovechar integralmente el material contenido en el libro.

Sin duda alguna, esta publicación representa una contribución para los profesionales relacionados en la investigación agrícola y en la enseñanza superior. El libro puede servir de guía o texto para estudiantes avanzados. Para tecnólogos de semilla, sirve como excelente libro de consulta, ya que aborda materias que, una vez comprendida su naturaleza, tiene aplicaciones prácticas para un manejo eficiente de lotes de semillas que deben conservar sus atributos fisiológicos intactos.

Otro aspecto favorable es su fácil lectura, ya que no tiene muchas interrupciones en el texto, i.e. citando otros autores y/o publicaciones. Las referencias pertinentes se encuentran agrupadas al final de cada capítulo, de acuerdo a las materias tratadas en éste. Cuando no existen referencias que ayuden a explicar algunos procesos cuya síntesis y causas son desconocidas actualmente, los autores no se limitan a mencionar el hecho, sino que intentan deducir una teoría propia que pueda servir de explicación al fenómeno.

En el Capítulo 1 se resumen las estructuras básicas de las semillas con énfasis en aquellas de interés agrícola. Se explican los conceptos generales de germinación, haciéndose referencias a lo que realmente representa el concepto, a veces mal interpretado. Se des-

cribe la composición química normal de la mayoría de las semillas agrícolas, realizándose una descripción sucinta del tipo de reservas alimenticias almacenadas en las estructuras especializadas de los principales tipos de semillas.

Explicaciones detalladas se encuentran en el Capítulo 2 en relación a la síntesis de carbohidratos, grasas o lípidos, proteínas y fitina, extendiéndose también en la biosíntesis, metabolismo y posibles funciones de las hormonas. El Capítulo 3 está dedicado a la viabilidad de las semillas, explicándose en detalle, las bases bioquímicas que inciden en la deterioración. Por otra parte, se explican los procesos que en una semilla viable y vigorosa, llevan a completar el proceso de germinación.

En el Capítulo 4 se detallan aquellos procesos, que a nivel celular, se realizan con el fin de promover la síntesis de ATP y RNA principalmente y aquéllos otros que son promovidos por la inhibición de agua y la respiración. Extensa revisión del fenómeno de la latencia de las semillas es la materia del Capítulo 5. Principalmente este capítulo se refiere al papel biológico de la latencia, su desarrollo y los factores que inciden en su aparición.

Donde y cuando la semilla germina es el sujeto del Capítulo 6. La sensibilidad del proceso de germinación a factores externos — luz, temperatura, agua — y las interacciones entre agentes que influyen la latencia — luz, temperatura, madurez fisiológica — determinan la germinación de una semilla en situación y tiempo dados. Apropiadamente los autores llaman este capítulo de aspectos ecofisiológicos de la germinación.

En el Capítulo 7, se explican detalladamente los sistemas de movilización y catabolismo de las reservas alimenticias almacenadas, en su pasaje de los órganos de reserva a los puntos de crecimiento embrionario. Esta materia es complementada con el texto del Capítulo 8, que trata del control de dicha movilización. Se hace énfasis en el papel de las hormonas (gibberelina principalmente) en el estímulo para el inicio de los procesos de hidrólisis y la función de las enzimas, su formación y actividad.

Finalmente, en el Capítulo 9, se entregan algunas consideraciones prácticas de aplicación de principios envueltos en la germinación y crecimiento del embrión.

JUAN CARLOS BRESCIANI
IICA
BRASILIA, BRASIL