

Anacardium excelsum, especie forestal de los trópicos americanos^{*1/} ————— CARLOS SANTANDER**, WALDEMAR ALBERTIN***

ABSTRACT

Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels, is a species semihard timber very utilized in the tropics.

This paper is published as a contribution to the study of the silviculture of the *Anacardium excelsum*, of which there is little data available. The study was conducted in an experimental plantation in the "Premontane Wet Forest", according to Holdridge's system of the life zones, located at the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE), in Turrialba, Costa Rica.

The following relationships were analyzed: dbh/total and commercial heights, dbh/crown diameter, dbh without bark/dbh with bark. The following characteristics were also calculated: commercial volume with bark (m³), percentage of bark volume, plant mortality, mean annual growth rings.

The tree variables studied included: dbh, total and commercial heights, crown diameter, and bark thickness. The site factors measured included: altitude, precipitation, average temperature, and soil capacity for plant production.

Introducción

El *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels, es una especie forestal de los trópicos americanos muy poco estudiada. Son raras las referencias silviculturales sobre esta especie; sin embargo, ésta presenta características de orden fitogeográfico y ecológico que la hacen digna de mayores esfuerzos de investigación por su aceptación en el mercado internacional.

Esta especie generalmente puede observarse en bosques tropicales secos y húmedos, también en bosques de galería, desde Costa Rica hasta el norte de Sudamérica, asociada a otras especies y a veces en bosques puros, en forma dominante o codominante.

Se ha exportado a los países de Centroamérica y Estados Unidos de Norteamérica en forma de madera aserrada, cepillada, machihembrada.

Teniendo en cuenta que en muchos países, la reforestación artificial ha fracasado con frecuencia y las esperanzas que se tenían en reforestación en una escala apreciable se frustraron por falta de conocimientos técnicos (23), se ha preparado el presente trabajo como una contribución para llenar en algo este gran vacío.

El objetivo del trabajo es observar el comportamiento en plantación de *Anacardium excelsum* bajo la condición de bosque tropical húmedo de la Zona Atlántica de Costa Rica. Se estudiaron relaciones entre el diámetro a la altura del pecho (DAP) con la altura total y comercial; DAP con diámetro de copa; el volumen de corteza en porcentaje y relación entre el DAP sin corteza y el DAP con corteza; así también determinar el volumen del árbol y su crecimiento anual.

Aspectos botánicos

Nombre botánico: *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels.

* Recibido para publicación el 5 de junio de 1979.

1/ Parte del trabajo de tesis del Estudiante Graduado Carlos Santander Flores, Escuela para Graduados, Turrialba, Costa Rica. Revisado y ampliado 1978-79.

** Especialista Forestal del Departamento de Investigaciones Forestales de la Dirección General Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Apartado 10094, San José, Costa Rica. Desde abril de 1979, destacado al Grupo de trabajo Gobierno de Costa Rica/AID - Proyecto Préstamo para la Conservación de los Recursos Naturales Renovables.

*** Dasonomo, Apartado 137, Turrialba, Costa Rica.

Familia ANACARDIACEAE

Nombres comunes: Espavel (Costa Rica, Panamá, Venezuela, Honduras, etc.); Caracolí (Venezuela, Colombia y Ecuador); Nariz (Cuba) (10, 12, 21)

Distribución natural:

Este árbol se encuentra ampliamente distribuido en los trópicos del Norte de América del Sur y en la América Central hasta Costa Rica (5, 12).

Crece hasta los 800 metros de elevación, mayormente en la formación "bosque tropical húmedo" y "bosque tropical seco",* siendo más frecuente en la última formación pero en la orilla de los ríos o cursos pequeños de agua, en buenos suelos, mantenidos húmedos. Es frecuente que bordee así algún curso de agua por largas distancias (5, 13). Es común en bosques de tierra caliente, tanto al lado Atlántico como en Guanacaste y Nicoya, especialmente a lo largo de las cuencas de agua (18).

Tanto en Colombia (27) y Venezuela (28), el "caracolí" o "mijao", crece con regular frecuencia, en el alto llano y pie de monte, en la formación "bosque seco tropical". En Colombia y Venezuela, la "caracolí" o "mijao" está dentro de las principales especies de la vegetación natural (climax) en la formación "bosque húmedo premontano" (27, 28). También ocurre en grandes cantidades en la costa del Pacífico de Costa Rica y Panamá (7).

Asociación natural

A veces se halla en rodales puros (Darién, Panamá) pero generalmente participa en el rodal con 5 a 10 árboles por hectárea. En los bosques tropicales pluviales del Paraná se la encuentra con *Carapa guianensis* Aubl., *Centrolobium patinense* Pittier, *Luehea seemanii* Tr y Pl, *Pentaclethra maculosa* (Willd.) Kuntze (11). En la parte seca de Costa Rica, se ha observado que el espavel es hospedante de los monos aufladores o congos (*Ateles* sp) y junto a él crece asociado el "guácimo" (*Guzuma* spp) cuyos frutos sirven de alimentos a los monos indicados y peces de agua dulce **

Descripción general del árbol

Según Georg (13), bajo condiciones favorables en el bosque el "espavel" alcanza alturas de 125 - 150 pies (37,5 - 45 m), con un tronco limpio de 4 - 6 pies (1,20 - 1,80 m) de diámetro sobre el ensanchamiento basal, los troncos están libres de ramas en los primeros 40-50 pies (12 - 15 m), ocasionalmente 60 pies (20 m).

La base es recta, no presenta aletones; fuste circular, de color caoba claro, con lenticelas equidimensionales, de tamaño mediano, poco conspicuas. Ritidoma

de grosor medio. Corteza viva blanda, succulenta; capa externa de color rosado; capa interna de color amarillo rosado. El exudado es resinoso, poco espeso, de color rojo que fluye lentamente en poca cantidad (17, 20). Hojas simples, alternas, sin estípulas; coreáceas, glabras; las hojas jóvenes son alargadas, de ápice poco agudo, y las adultas son transovadas, de ápice redondeado y cuando secas son de color rojizo (17).

Las flores son pequeñas, blancas. El fruto es arriñonado, sostenido por un pedúnculo verde y, a veces, retorcido (10, 17)

Aspectos silviculturales

Clima

Región climática de 1 500 a 2 000 mm (60 a 80 pulgadas) de lluvia. Las precipitaciones son menores en invierno con una estación seca definida, pero no demasiado larga; la temperatura media es de 23°C (73°F) (11)

Suelos

Corrientemente alcanza el desarrollo óptimo en los suelos más bajos y bien drenados (11). Es frecuente que bordee así algún curso de agua por largas distancias (5).

Recolección y germinación de semillas

Debido a que las semillas de espavel tienen un endosperma grande, se hace difícil mantener su capacidad germinativa (16).

El número de semillas por kilogramos es de 370 (18).

Se obtuvo una germinación alta con esta especie, variando entre 60 y 80 por ciento (21). La semilla de espavel comienza a germinar a los 20 días de sembrada; como tratamiento pregerminativo se recomienda dejarlas 24 horas en agua. La semilla pierde su viabilidad rápidamente cuando se almacena sin ningún tratamiento especial; después de cuatro meses no germina (21). Para mayor duración de la semilla almacenada, se recomienda dejarla en un lugar seco.

Regeneración

La regeneración es vigorosa, desplazando a otras especies de la asociación (11). Los arbolitos obtenidos de la regeneración son más fuertes, de mejor apariencia y aparentemente más resistentes a la sequía que los obtenidos en vivero.*

Se cultiva en Ecuador, donde es exótica, en plantaciones de cacao y de café, especialmente en Pichilingue (11).

Espaciamiento

En Costa Rica (6) el espaciamiento usual adoptado es de 2 x 2 m y 2,5 x 2,5 m.

* Sistema de zonas de vida de Holdridge(15)

** ALFARO ULATE, VICTOR. Comunicación personal. Profesor del Liceo Nocturno Alfredo González Flores, Heredia, Costa Rica.

* BLANCO R., J. Comunicación personal. Asistente Técnico Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. Febrero, 1979

En los primeros años, el arbolito no desarrolla ramas laterales largas y la mitad del mismo está libre de ramas.*

Crecimiento

Se informa que esta especie es de crecimiento moderado, acusando a la edad de seis años y tres meses un promedio de 0,9 m de altura anual y el crecimiento en diámetro a la misma edad de 1,16 cm/año (6). El porcentaje de supervivencia para esta especie, a la misma edad, fue de 77,5% con una precipitación anual de 3,666 mm y temperatura media anual de 23,8°C y a una elevación de 500 m s n m.

Raleo

En una medición a la edad de seis años con tres meses se obtuvo un DAP medio de 4,53 cm sin raleo y 7,26 cm con raleo; una altura media de 3,75 m sin raleo y 5,67 m raleado, y una área basal de 4,59 m² sin raleo y 2,66 m² con raleo. El número de postes obtenidos por hectáreas fue de 222 (6).

Plagas y enfermedades:

No se cuenta con información en la literatura que el *A. excelsum* sufra ataques de insectos, hongos o bacterias.

Propiedades de la madera

Generalidades

Existe acentuada diferencia de coloración entre la albura y el durámen; en condición verde, la albura es rosada, mientras que el durámen es pardo amarillento. En condición seca, la albura es rosada y el durámen varía de pardo oscuro a pardo rojizo. Los anillos de crecimiento indiferenciados en condición verde, pero fácilmente visibles en condición seca; límites marcados por bandas finas regulares; irregularmente espaciados; 5-8/2,5 cm. Grano entrecruzado, textura gruesa, lustre regular a elevado, figura con bandas longitudinales inconspicuas en las superficies radiales, ligero olor a cuero que persiste en condición seca (13).

Propiedades físicas y mecánicas

La madera de espavel es moderadamente liviana, con un peso específico de 0,38 (0,34 - 0,42) basado en peso seco al horno y volumen verde. El peso verde de esta madera es de 960 kg/m³, aproximadamente 60 lb/pie³, a una humedad de 15,5%. Contracción moderada de acuerdo a su densidad. Es una madera fácil de secar y que puede secarse rápidamente sin daño apreciable; sin embargo, el espavel está clasificado como moderadamente difícil de secar en base a un estudio completo de secado al aire (14). La madera es fácil de trabajar pero tiene propiedades de cepillado y lijado pobres. La madera cepillada y lijada muestra

astilladuras y especialmente grano mechudo en madera de corte radial y tangencial. El contenido de sílice es bajo (0,09%) El durámen de espavel se considera como durable y es muy difícil de preservar (19).

La albura y el durámen son de dureza y flexibilidad media; secada al aire, la gravedad específica es de 0,56, no durable (20).

En el Laboratorio de Maderas del Instituto Tecnológico de Costa Rica se hicieron ensayos de peso específico y contracción volumétrica con productos obtenidos de un raleo en plantación de *A. excelsum* de seis años y tres meses de edad (6), obteniéndose un peso específico básico de 0,366, un peso específico seco al horno de 0,390 y una contracción volumétrica de 6,02.

Usos

Madera blanda, liviana; muy utilizada para hacer canoas que se hacen ahuecando los troncos. Se recomienda para interiores, triplex, cajas; tableros de fibra y de partículas, pulpa y papel, utensilios de madera, muebles de bajo costo, construcción en general, chapa y contrachapado (5, 10, 17, 19, 20). La madera aserrada es alanada y difícil de pulir (20).

Materiales y métodos

Las observaciones se realizaron en una plantación experimental de *Anacardium excelsum* del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), situada, según los datos meteorológicos (16) y el sistema Holdridge (15) en la zona de vida natural "bosque muy húmedo premontano".

Descripción del suelo

La plantación en estudio está ubicada en el lote. La Isla. Según Aguirre (1), la plantación corresponde a la serie La Margot, fase normal. Según la clasificación de los suelos por su capacidad de uso (1), esta serie está dentro de "tierras aptas para cultivos y ganadería en pastos cultivados".

Selección de la muestra

En la plantación se seleccionó el árbol que tuviera el "diámetro cuadrático medio" y la "altura media simple" exactos o más próximos (22).

El objeto de esta selección del árbol representativo del lote era determinar el factor volumétrico de forma (factor mórfico), el volumen comercial de cada uno de los árboles y el volumen comercial por hectárea. La cubicación de estos árboles se hizo por la fórmula de Smalian (4).

Variables medidas:

Se tuvieron en cuenta ocho variables (22): diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total y comercial (hasta la primera rama viva o bifurcación del tallo principal), diámetro de copa, grosor de corteza, forma

* BLANCO R., J. Comunicación personal. Asistente Técnico Forestal del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. Febrero. 1979.

del árbol (se trabajó con el factor volumétrico de forma "f"), anillos de crecimiento, aspecto fitosanitario y espacio vital (para determinar el área de la plantación).

Se utilizó el "f comercial" con área basal a 1,30 m sobre el suelo y L = altura comercial.

Para estudiar las relaciones, se utilizaron cuatro modelos matemáticos: lineal, logarítmico, geométrico y cuadrático.

El criterio que se siguió para escoger cualquiera de los cuatro modelos en las relaciones estudiadas, estuvo dado por el coeficiente de determinación (R^2), que expresa el porcentaje de variación asociada entre variables. Se eligió el modelo que presentara el mayor R^2 y con mayor frecuencia.

Resultados

Los datos de las mediciones de campo de un total de 30 árboles de *Anacardium excelsum* de 23 años de edad, plantados 3,00 x 3,00 m en 1949, están indicados en el Cuadro 1.

Relaciones

a) Para la relación DAP-altura total y comercial, el modelo que dio mejor ajuste fue la ecuación logarítmica. En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados de esta relación.

El coeficiente de determinación de la relación DAP-altura aprovechable indica que es baja debido a que se dispuso que el límite comercial era hasta la primera rama viva o bifurcación del tallo principal y esto ocurría en la tercera parte de la altura total, en la mayoría de los árboles de la plantación.

b) La relación DAP-diámetro de copa está presentada en la Figura 3.

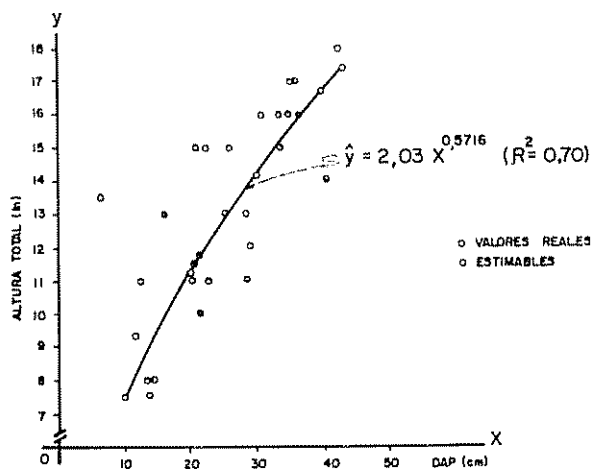


Fig. 1.—Relación DAP-altura total de *Anacardium excelsum* en Costa Rica.

Cuadro 1.—Datos sobre DAP, altura total, altura comercial, diámetro de copa y grosor de corteza a 1,30 m sobre el suelo de *Anacardium excelsum* de 23 años de edad (1972).

Nº	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura comerc. (m)	Diámetro de copa (m)	Grosor de corteza (cm)
001	29,2	12,00	4,30	7,62	1,40
002	33,8	16,00	2,75	7,70	1,35
003	20,9	11,50	5,20	2,75	1,15
004	33,8	15,30	7,30	7,87	1,30
005	25,5	13,00	4,00	3,65	1,00
006	34,5	16,00	4,80	4,93	1,30
007	13,7	7,50	2,50	3,75	0,95
008	21,0	15,00	6,20	4,55	1,10
009	36,7	16,00	3,20	7,48	1,60
010	16,1	13,00	3,70	3,25	1,00
011	28,5	13,00	4,00	6,67	1,30
012	20,2	11,00	4,80	4,40	1,10
013	40,9	14,00	3,50	11,39	1,80
014	20,2	11,00	3,40	4,75	1,50
015	13,5	6,50	2,10	4,60	1,00
016	22,9	11,00	2,80	5,05	1,40
017	26,1	15,00	2,50	5,73	1,60
018	34,9	16,00	3,10	8,65	2,00
019	21,5	11,70	5,00	6,26	1,40
020	14,4	8,00	2,75	4,35	1,20
021	42,7	18,00	3,00	11,52	1,80
022	31,1	16,00	2,10	6,25	1,60
023	11,5	9,30	2,40	3,65	1,00
024	35,6	17,00	4,80	7,68	1,80
025	12,2	11,00	4,60	3,20	1,00
026	21,5	10,00	2,70	7,05	1,10
027	41,2	17,00	2,80	9,65	1,60
028	22,5	15,00	5,70	3,75	1,00
029	13,5	8,00	3,00	5,85	1,00
030	28,8	11,00	3,50	6,73	1,10
Media	25,6	12,83	3,75	6,02	1,31

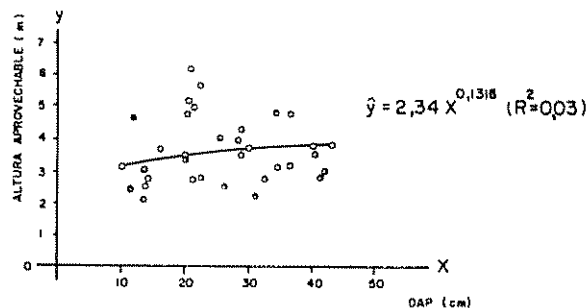


Fig. 2.—Relación DAP-altura comercial de *Anacardium excelsum* en Costa Rica.

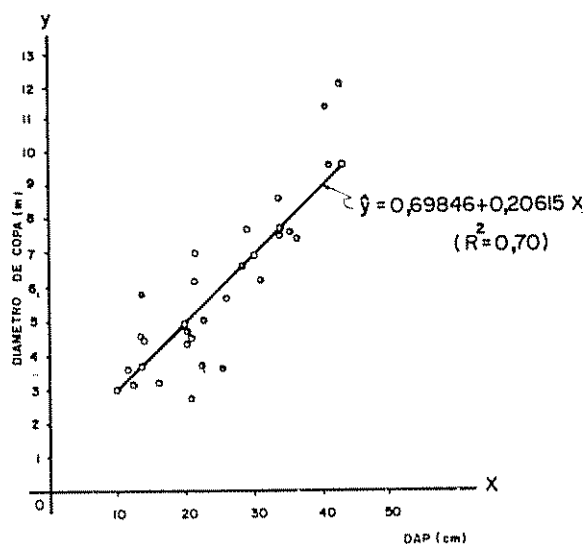


Fig. 3.—Relación DAP-diámetro de copa de *Anacardium excelsum* en Costa Rica.

La expresión matemática que mejor ajuste dio, fue la ecuación lineal, el coeficiente b es de 0,2061 m que aumenta el diámetro de copa al aumentar el DAP en una unidad.

c) Para la relación DAP-volumen de corteza en porcentaje (Vc%) el modelo que mejor ajuste dio fue la ecuación logarítmica. El resultado de esta relación se presenta en la Fig. 4.

El coeficiente b, que es la tasa logarítmica que indica la velocidad de crecimiento del volumen de corteza en por ciento por unidad de DAP, es negativo; su valor es de -0,5253 %/cm DAP.

Volúmenes

El volumen de cada uno de los árboles se determinó por la siguiente fórmula:

$$Va = AB \times Ac \times f$$

Donde: Va = Volumen del árbol (madera + corteza)

AB = Área basal calculada a base del DAP

Ac = Altura comercial limitada por la primera rama viva o bifurcación del tallo principal.

f = Factor mórfico

Los resultados de éste análisis se encuentran en el Cuadro 2.

Corteza

Para la determinación del volumen de corteza en porcentaje, se utilizó la fórmula: $Vc\% = (1-K^2) 100$.

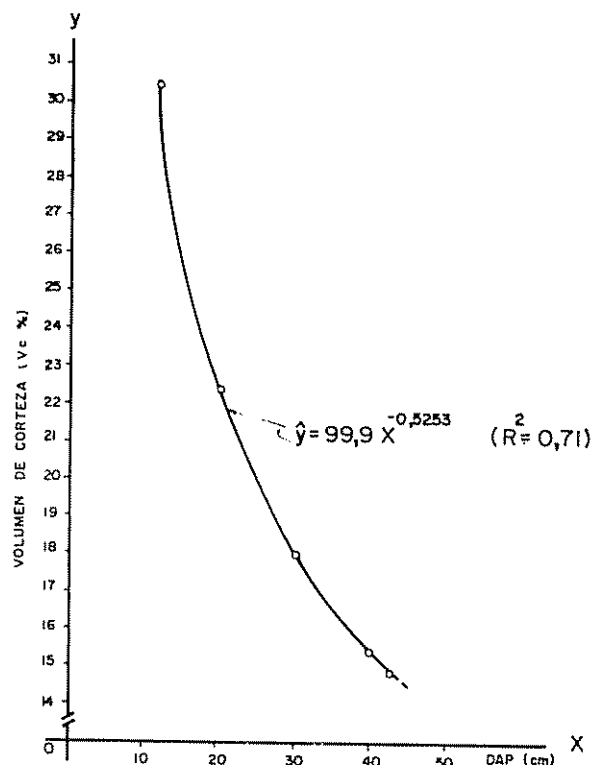


Fig. 4.—Relación DAP-volumen de corteza de *Anacardium excelsum* en Costa Rica.

$$\text{Donde: } K = \frac{\text{DAP sin corteza}}{\text{DAP con corteza}}$$

Vc% = Volumen de corteza en porcentaje.

Los resultados de este análisis se encuentran en el Cuadro 2. Se observa que la relación entre DAP sin corteza y DAP con corteza (K), varía de acuerdo al diámetro de la especie. El volumen promedio de corteza es de 20,91 por ciento por árbol.

Incremento y Supervivencia

Para la determinación del "incremento medio anual" se relacionó el volumen comercial con corteza por hectárea entre la edad de la plantación en años, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IMA} = \frac{\text{Volumen con corteza (m}^3/\text{ha)}}{\text{edad (años)}} = 7,006 \text{ m}^3/\text{ha/año}$$

El incremento medio anual en altura fue de 0,56 m y 1,11 cm en DAP. La supervivencia fue de 60 por ciento.

Cuadro 2.—Volumen comercial con corteza y volumen corteza en porcentaje de 30 árboles de *Anacardium excelsum* en 554, 30 m² de área

Nº codificado	Volumen con corteza m ³	Volumen de corteza %	K
01	0,391	18,258	0,897
02	0,335	15,338	0,920
03	0,242	20,798	0,890
04	0,889	14,792	0,923
05	0,277	15,071	0,922
06	0,609	14,504	0,924
07	0,048	26,347	0,861
08	0,291	19,854	0,895
09	0,460	16,678	0,913
10	0,102	23,301	0,876
11	0,346	17,413	0,909
12	0,209	20,596	0,891
13	0,624	16,829	0,912
14	0,148	27,497	0,851
15	0,041	27,434	0,852
16	0,157	22,959	0,878
17	0,182	23,017	0,877
18	0,403	21,609	0,885
19	0,246	24,350	0,870
20	0,061	30,555	0,833
21	0,583	16,151	0,916
22	0,217	19,520	0,897
23	0,034	31,758	0,826
24	0,649	19,202	0,899
25	0,073	30,099	0,836
26	0,133	19,418	0,898
27	0,507	14,930	0,922
28	0,308	16,987	0,911
29	0,058	27,434	0,852
30	0,309	14,694	0,924
Total 30 árb	8,932*		

* 8,932 m³ en 554,30 m² de área = 161,1402 m³/ha

K: DAP sin corteza /DAP con corteza

Anillos

Los anillos de crecimiento se observaron en muestras retiradas con el barreno de Pressler, cerca de la base. Fue difícil establecer si esos anillos eran verdaderos o falsos, a pesar de que en las muestras se hizo el pulido, tratándose con alcohol y observándose con lupa.

Sanidad

No hubo ataques de plagas y enfermedades.

Discusión

El incremento medio anual de 0,56 m en ésta especie es inferior al obtenido para la condición "bosque húmedo tropical" en Costa Rica (5). El crecimiento medio anual en diámetro de 1,11 cm es inferior al obtenido en la condición "bosque húmedo tropical" (6).

La supervivencia del *A. excelsum* muestra inferioridad con respecto a la misma especie en la condición "bosque húmedo tropical". La causa de la mortalidad que se ha observado se debe a que el espaciamiento es muy reducido. Muchos árboles no se midieron por no alcanzar el límite de 10 cm al DAP y estar eliminados en su crecimiento. Se vieron algunos árboles que tenían las copas dirigidas hacia los espacios libres. Por lo tanto, se puede recomendar un espacio más amplio, de 3,50 x 3,50 m, por ejemplo.

La forma y aspecto del crecimiento de los árboles de *A. excelsum*, en comparación con su habitat natural, son regulares. Fustes rectos y libres de ramas en los primeros 3,75 m hasta los 23 años de edad.

El incremento medio anual en volumen con corteza alcanzado por esta especie, en comparación a los obtenidos para las variedades de *Pinus*, es regular si tenemos en cuenta que su crecimiento es lento (22).

Conclusiones

1. La especie *Anacardium excelsum* tuvo un comportamiento regular en la condición ecológica de "bosque muy húmedo premontano", teniendo en cuenta el incremento medio anual en altura y en diámetro y al juzgar la forma y aspecto de los árboles en comparación con su habitat natural.

2. Los factores climáticos y edáficos han tenido influencia primordial sobre la altura y diámetro de los árboles. El mayor impedimento al crecimiento, en cuanto al factor suelo, parece ser el drenaje del suelo y sus efectos correlacionados, capa freática y profundidad de raíces.

3. Esta especie por tener un gran crecimiento y desarrollo, no prosperó bien con un espaciamiento compacto, como sucedió con la plantación de La Isla y esto contribuyó mayormente en la supervivencia.

4. Para la relación DAP/altura total, la tendencia de la curva que mejor ajusta es la logarítmica y servirá para estimar el año en que la plantación llegaría a producir la mayor cantidad de madera en el período más corto.

5. Para la relación DAP/diámetro de copa, la tendencia que mejor ajusta es la lineal y servirá para estimar el diámetro de copa en base al DAP en plantaciones mayores.

6. El coeficiente de determinación de la ecuación logarítmica indica que a medida que aumenta el diámetro, el volumen de corteza en porcentaje va disminuyendo. Este porcentaje de volumen de corteza depende sobre todo del diámetro.

Literatura citada

- 1 AGUIRRE ASTE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
- 2 ALLEN, P. The rain forest of Golfo Dulce. Gainesville, University of Florida, 1965. 417 p.
- 3 BEYER, W. H. ed. Handbook of tables for probability and statistics. Cleveland, Ohio, Chemical Rubber, 1966. pp. 441-449.
- 4 BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. Medición forestal. Trad. del inglés por Ramón Palazón y José Meza Nieto. 3a ed. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1955. 474 p.
- 5 BUDOWSKI, G. La identificación en el campo de los árboles forestales más importantes de la América Central. Tesis Mag. Agríc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1954. 326 p.
- 6 CAMACHO M., V. P. y CAMACHO E., W. Prácticas de raleo. Tesis Ingeniero Técnico Forestal, Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 1978. 140 p.
- 7 COOPER, P. Espavé (*Anacardium rhinocarpu* DC.) Tropical Wood No. 22: 4-9. 1950.
- 8 CHAPMAN, H. H. y MEYER, W. H. Forest mensuration. New York, McGraw-Hill, 1949. 322 p.
- 9 DONALSON, P. *et al.* Forest of the Republic of Panamá. Washington, Greenacres, 1963. (Paginación irregular).
- 10 ESPINAL T., L. S. Varios árboles y arbustos que se encuentran en Colombia. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1963. 104 p.
- 11 FLINTA, C. M. Prácticas de plantaciones forestales en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cuaderno de Fomento Forestal N° 15. 1960. 497 p.
- 12 FORS, A. J. Las maderas cubanas. La Habana, Secretaría de Agricultura, Comercio y Trabajo, Dirección de Montes y Minas, 1929. pp. 3-98.
- 13 GEORG, H. R. Características generales macroscópicas y microscópicas de 113 especies panameñas. II. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Informe Técnico N° 3. s.f. 350 p. (FO:SF/PAN 6).
- 14 HESS, R. W., WANGAARD, F. F. y DICKINSON, E. Properties and uses of tropical woods, II. Tropical Woods N° 97: 31-35. 1950.
- 15 HOLDRIDGE, L. R. Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1966. 1 p.
- 16 INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS - AGRICOLAS DE LA OEA. Resumen de datos meteorológicos, desde la iniciación de observaciones hasta diciembre 31, 1970. Turrialba, Costa Rica, 1971. 1 p. (Mimeo).
- 17 JIMENEZ SAA, H. Los árboles más importantes de la serranía San Lucas. Bogotá, Instituto de Desarrollo de Recursos Naturales Renovables y Proyectos Forestales FAO-INDERENA-UNDP, 1970. 240 p.
- 18 LEMCKERT, D. Introducción en la silvicultura tropical. San José, Costa Rica, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 47 p. (PNUD/FAO COS/72/013 Informe Divulgativo - N° 6).
- 19 LLACH C., L. Propiedades físicas y mecánicas de ciento trece especies. III, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Informe Técnico N° 3. s.f. 299 p. (FO:SF/PAN 6).
- 20 MERKER, C. A. *et al.* The forests of Costa Rica. Washington, D. C., Department of Agriculture, 1943. 48 p. (mimeographed).
- 21 SALAZAR J., M. y GONZALEZ M., R. Pruebas de germinación de semillas forestales. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1973. 33 p.
- 22 SANTANDER F., C. I. Estudio de comportamiento de algunas especies forestales en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 125 p.
- 23 SCHREUDER, E. J. Informe al gobierno de Honduras sobre la silvicultura hondureña en 1952-54. Roma, FAO, 1955. 93 p. (FAO-E AP N° 375).
- 24 SCHNEE, I. Plantas comunes en Venezuela. Caracas, Venezuela, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Alcance N° 3, 1960. 663 p.
- 25 STANDLEY, P. C. Flora of Costa Rica. Chicago. Field Museum of Natural History, 1937-38. 4 v. (Botanical Series. V. 18).
- 26 STURROCK, D. and MENNINGER, E. Shade and ornamental trees for south Florida and Cuba. Printed in the United States of America by Stuart Daily News, Stuart, Florida, 1946, pág. 46 (176 p.).
- 27 VALDERRAMA, I. E.; MONTENEGRO, E. y GALINDO, J. Reconocimiento forestal del Departamento de Cundinamarca. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1964. 86 p.
- 28 VEILLON, J. P. Importancia económico-social de los bosques del Estado de Portuguesa, Venezuela. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales e Instituto de Silvicultura, 1971. 122 p.
- 29 WILLIAMS, L. L. Exploraciones botánicas en la Guayana Venezolana. Caracas, Venezuela, Servicio Botánico del Ministerio de Agricultura, 1942. 46 p.

Notas y Comentarios

Asperjadores electrostáticos

Unos nuevos asperjadores electrostáticos podrían pronto hacer que gotitas diminutas constituyan grandes noticias en las fincas agrícolas. Los artefactos, que usan un campo eléctrico para guiar a los plaguicidas o herbicidas hacia las plantas, suministran dos a cinco veces más del producto químico sobre los cultivos que los asperjadores convencionales. Este ahorro podría más que justificar el costo extra de los aparatos.

Una de las compañías que está trabajando en la idea, la Imperial Chemical Industries (ICI), recientemente anunció el desarrollo de un asperjador llamado el "Electrodin". Es sostenido en las manos, no tiene partes móviles, funciona con pilas de linterna, y coloca más del 90 por ciento del producto sobre el cultivo (en comparación con el 20 por ciento típico de los asperjadores convencionales).

Inicialmente, será vendido en los países del Tercer Mundo, donde la simplicidad es importante y donde, se supone, la ICI espera que la eficiencia de la nueva máquina aumentará (más bien que reducirá) el uso de los productos químicos que la ICI también elabora (*The Economist*, December 15th, 1979, pp. 80, 82).

El Electrodin funciona como sigue:

— Usando energía de pilas, circuitos de estado sólido crean una carga positiva de alto voltaje sobre un electrodo colocado cerca de la boquilla del asperjador. Este electrodo hace dos tareas

— Conforme un plaguicida (diluído en un solvente) pasa delante del electrodo, extrae iones negativos del solvente. Los iones positivos dejados en el solvente se repelen unos a otros de tal manera que el líquido "explota" en gotitas pequeñas, cargadas positivamente, que tienen el diámetro de un cabello humano. Las gotitas son también repelidas por el electrodo, el que las rechaza vigorosamente hacia afuera.

— Al mismo tiempo, la carga positiva en el electrodo "induce" una carga negativa en las plantas cercanas al asperjador. Esto ocurre debido a que los iones negativos en la propia savia de las plantas son atraídos hacia el electrodo mientras que los iones positivos (como las gotitas) son repelidos. El resultado de este campo eléctrico de "tira y jala" es una fuerza (de dos veces la fuerza de la gravedad) que dirige las gotitas del plaguicida hacia las plantas, depositándolas en una capa uniforme. Los plaguicidas y los herbicidas alcanzan su mayor eficacia cuando se aplican uniformemente en una niebla fina. El principio fue utilizado en Hong Kong en 1973 por Ron Coffee, de la Universidad de Hong Kong (Cf. *Turrialba* vol. 23, p. 125).

Las ventajas de la técnica son:

Compatidad. Para obtener una capa uniforme de sustancias químicas sobre las plantas, un asperjador convencional tiene que diluir el plaguicida necesario por hectárea en unos 225 litros de agua; el Electrodin puede hacer el mismo trabajo con una solución (de plaguicida y petróleo) de sólo 350 mililitros de volumen. Esto por sí mismo será un punto a favor en zonas en las que el plaguicida tiene que ser transportado al campo en la espalda de una persona.

Economía en los plaguicidas y herbicidas. Con una mayor cantidad de la sustancia que llega realmente a las plantas (y en la forma más eficaz), será necesario usar menor cantidad. La ICI no ha dicho cuánto se ahorrará con el uso de Electrodin, pero los investigadores de la FMC Corporation en los

Estados Unidos, que también están trabajando en un asperjador electrostático (algo menos sofisticado), creen que se puede alcanzar un 50 por ciento de ahorro. Esto es importante: los plaguicidas típicamente cuestan de 25 a 28 dólares por galón; los herbicidas pueden ser más caros.

Menor riesgo de polución. Más sustancias químicas lanzadas hacia las plantas significa menos caída al suelo, donde pueden ser transportadas a la napa acuifera. También, hay menos riesgo de que una aspersión eléctricamente dirigida sea arrastrada por el viento a la vegetación circunvecina.

Mayor seguridad para el agricultor. Nuevamente, debido a que la sustancia química está eléctricamente dirigida al cultivo, hay menos riesgo de que el agricultor sea asperjado accidentalmente. Tampoco el electrodo es peligroso. Aparte de estar bien protegido, lleva muy poca corriente. Así, cualquiera que lo toque sólo recibiría una débil descarga.

¿Y las desventajas? Un problema es la necesidad de mezclar el producto químico con petróleo; el agua no es lo suficientemente resistente a la electricidad como para mantener dispersos los iones positivos y asegurar de esta manera una aspersión fina. Obtener la mezcla correcta no es fácil; probablemente tendrá que ser hecha por los mismos fabricantes de plaguicidas.

Hay también el hecho de que el asperjador dependa del petróleo. Esto podría ser una desventaja cuando la competencia se intensifique por un premio más grande, el mercado para asperjadores más grandes montados en tractores. La ICI espera tener una versión montada en tractor de su Electrodin en el mercado dentro de unos tres años. Sin embargo, otras compañías, notablemente la FMC, están también trabajando con asperjadores que usan el principio electrostático. Principalmente, ellas esperan llegar en compromisos que permitirán usar agua en vez de petróleo. Esto daría al sistema mayor flexibilidad; los agricultores podrían seguir mezclando sus propias recetas. Pero la tecnología práctica no sería tan fina.

Amenaza climática al granero del mundo

Las praderas norteamericanas, la "canasta de pan" del mundo, han sido desarrolladas durante un período de clima insólitamente favorable. La perspectiva inmediata es de un retorno a condiciones más severas y una reducción, quizás a cero, de la cantidad de granos disponibles para la exportación a países necesitados. Este mensaje fue presentado en la 141ª reunión anual de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, que se celebró en setiembre de 1979 en la Heriot-Watt University, Edinburgo, Escocia, por el Dr. I. Y. Ashwell, de la Universidad de Salford.

Ashwell sostiene que los exploradores pioneros, en los ochocientos cincuenta, encontraron una vasta área en las praderas interiores de América del Norte que era entonces demasiado fría (en el norte) o demasiado seca (en el sur) para la agricultura y colonización europea. Pero una mejora del clima, que provocó condiciones más calientes y húmedas, siguió y coincidió con el empuje hacia el oeste de los ferrocarriles en la segunda mitad del siglo XIX.

Condiciones más secas en los novecientos veinte y treinta provocaron un desastre en Canadá así como las familiares tempestades de polvo en los Estados Unidos, y miles de fincas marginales fueron abandonadas. Desde entonces, condiciones más favorables han permitido un incremento de la producción de granos, hasta el punto en que hoy América del Norte es el único exportador grande de grano en el mundo, y hay una universal creencia que con la tecnología moderna, los granos norteamericanos estarán siempre presentes para salvar áreas en crisis tales como el Sahel. Pero si el cuadro que pinta Ashwell de variaciones pseudocíclicas en el clima norteamericano es correcto, podremos esperar más sequías, lo que resultará en "posibles consecuencias sociales y políticas por poner tantos de los huevos del mundo en tal canasta tan variable climáticamente".