

ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS ESPECIES FORESTALES EN
COSTA RICA

Tesis de Grado
de
Magister Scientiae

Carlos Isaías Santander Flores



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Ciencias Forestales Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Junio, 1973

ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE ALGUNAS ESPECIES FORESTALES EN
COSTA RICA

Tesis

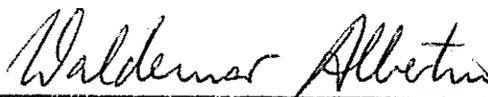
Sometida al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

en el

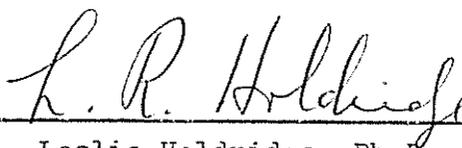
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:



Consejero

Waldemar Albertin, Ph.D.



Comité

Leslie Holdridge, Ph.D.



Comité

Pablo Rosero, Mag. Agr.



Comité

Adalberto Gorbitz, Ing. Agr.

Junio, 1973

DEDICATORIA

A mis padres
Por su sacrificio y
dedicación

A mi querida esposa

A mis hermanos

A Miguelito

A mi tía Dina

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento a las siguientes personas y entidades:

- Al Dr. Waldemar Albertin, Consejero Principal, por su colaboración y estímulo en el planeamiento y desarrollo del presente trabajo.

- A los miembros del Comité Consejero, Ingenieros Pablo Rosero y Adalberto Gorbitz, por sus valiosas sugerencias en la revisión del manuscrito.

- Al Dr. Leslie R. Holdridge, miembro del Comité Consejero, por el apoyo y especial atención en el desarrollo del trabajo.

- Al Dr. Gilberto Páez, cuyas ideas y su siempre oportuna ayuda hizo posible la eliminación de obstáculos para llevar a buen fin este trabajo.

- Al Proyecto Multinacional de Ciencias Agropecuarias de la OEA y al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, por haberle otorgado la beca y prestado ayuda para la culminación del presente trabajo.

- A los profesores, colegas y personal del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales y al personal del Centro de Estadística y Computación, que contribuyeron en la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Ica, Departamento del mismo nombre, Perú, el 15 de Abril de 1942.

Realizó sus estudios primarios en la Escuela Particular "Changuillo" y secundarios en el Colegio Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" de Ica, graduándose de Ingeniero Agrónomo en Julio de 1967.

Desde 1963 hasta 1966, trabajó como Ayudante de Prácticas de los cursos de Botánica General y Botánica Sistemática, en la Facultad de Agronomía de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica. También como Ayudante de la Formación del Herbario de la Universidad.

Desde Octubre de 1967 hasta Abril de 1968, trabajó como auxiliar de investigación en el Departamento de Sanidad Vegetal de la Estación Experimental de la Asociación de Agricultores del valle de Ica.

Desde Mayo de 1968 hasta Julio de 1971, trabajó como Profesor Auxiliar de Botánica General y Botánica Sistemática (Criptogámica y Fanerogámica) y encargado de la Formación del Herbario, en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana de Iquitos.

En Agosto de 1971, obtuvo una beca del Gobierno Peruano para efectuar adiestramiento en la especialidad de Adjudicaciones en el Centro Nacional de Capacitación e Investigación para la Reforma Agraria en Lima.

El 12 de Octubre de 1971, ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Costa Rica, como estudiante del Departamento de Ciencias Forestales Tropicales.

De Junio a Julio de 1972, participó en un viaje de estudios forestales por Centro América y México.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 <u>Amyris barbata</u> Lundell (Rutaceae)	3
2.1.1 Caracteres botánicos	3
2.1.2 Ecología y distribución	3
2.1.3 La madera y su utilización	4
2.2 <u>Anacardium excelsum</u> (Bert. & Balb.) Skeels (Anacardiaceae)	6
2.2.1 Caracteres botánicos	6
2.2.2 Ecología y distribución	6
2.2.3 La madera y su utilización	8
2.3 <u>Carapa guianensis</u> Aubl. (Meliaceae)	10
2.3.1 Caracteres botánicos	10
2.3.2 Ecología y distribución	11
2.3.3 La madera y su utilización	13
2.4 <u>Colubrina arborescens</u> (Mill.) Sarg. (Rhamnaceae).	15
2.4.1 Caracteres botánicos	15
2.4.2 Ecología y distribución	15
2.4.3 La madera y su utilización	17
2.5 <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier (Leguminosae)	18
2.5.1 Caracteres botánicos	18
2.5.2 Ecología y distribución	19
2.5.3 La madera y su utilización	19
2.6 <u>Dalbergia retusa</u> Hemsl. (Leguminosae)	20
2.6.1 Caracteres botánicos	20
2.6.2 Ecología y distribución	21
2.6.3 La madera y su utilización	22

2.7	<u>Guarea longipetiola</u> C. DC. (Meliaceae)	23
2.7.1	Caracteres botánicos	23
2.7.2	Ecología y distribución	24
2.7.3	La madera y su utilización	25
2.8	<u>Pithecellobium saman</u> (Jacq.) Benth. (Leguminosae).	25
2.8.1	Caracteres botánicos	25
2.8.2	Ecología y distribución	26
2.8.3	La madera y su utilización	28
3.	MATERIALES Y METODOS	31
3.1	Localización del estudio	31
3.1.1	Clima	31
3.1.2	Vegetación	35
3.1.3	Los suelos del IICA-CTEI	36
3.1.3.1	Serie La Margot, fase normal (LM)	36
3.1.3.2	Fase: La Margot coluvial (LM cl.)	41
3.1.3.3	Suelos misceláneos	45
3.1.4	Los suelos de la finca La Lola	46
3.1.4.1	Descripción de las parcelas estudiadas ..	48
3.2	Selección de muestras	53
3.3	VARIABLES medidas	53
3.4	Análisis de la información	55
3.4.1	Relación edad-altura total	55
3.4.2	Relación diámetro-corazón	56
3.4.3	Relación DAP-altura total y altura aprovechable	56
3.4.4	Relación DAP-diámetro de copa	56
3.4.5	Volumen de los árboles con corteza	57
3.4.6	Determinación del volumen de corteza	58
3.4.7	Relación DAP-volumen de corteza	59
3.4.8	Crecimiento de las plantaciones	59
4.	RESULTADOS	60
4.1	Relación edad-altura total	60
4.2	Relación diámetro-corazón	60
4.3	Relación DAP-altura total	63
4.4	Relación DAP-altura aprovechable	69

	<u>Página</u>
4.5	Relación DAP-diámetro de copa 73
4.6	Volúmenes 81
4.7	Relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza 82
4.8	Volumen de corteza 86
4.9	Relación DAP-volumen de corteza 87
4.10	Supervivencia y crecimiento de las plantaciones 90
4.11	Aspecto fitosanitario 90
4.12	Anillos de crecimiento 96
5.	DISCUSION 97
5.1	Comportamiento de la especie <u>Amyris barbata</u> Lundell 97
5.2	Comportamiento de la especie <u>Anacardium</u> <u>excelsum</u> (Bert. & Balb.) Skeels 99
5.3	Comportamiento de la especie <u>Carapa</u> <u>guianensis</u> Aubl. 100
5.4	Comportamiento de la especie <u>Colubrina</u> <u>arborescens</u> (Mill.) Sarg. 101
5.5	Comportamiento de la especie <u>Dalbergia</u> <u>cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier 102
5.6	Comportamiento de la especie <u>Dalbergia</u> <u>retusa</u> Hemsl. 104
5.7	Comportamiento de la especie <u>Guarea</u> <u>longipetiola</u> C. DC. 105
5.8	Comportamiento de la especie <u>Pithecellobium</u> <u>saman</u> (Jacq.) Benth. 105
6.	CONCLUSIONES 108
7.	RESUMEN 111
7a.	SUMMARY 114
8.	LITERATURA CITADA 117
9.	APENDICE 122

LISTA DE CUADROS

Cuadro Nº		<u>Página</u>
1	Datos meteorológicos de Turrialba, Costa Rica	32
2	Clima de la finca La Lola, 1952-1961	34
3	Características físicas de los suelos de la Serie La Margot, fase normal. Perfil 10	38
4	Características químicas de los suelos de la Serie La Margot, fase normal. Perfil 10	39
5	Patrones estándares de comparación para las características químicas de los suelos del IICA-CTEI	40
6	Características físicas de los suelos de la Serie La Margot, fase coluvial. Perfil 23	43
7	Características químicas de los suelos de la Serie La Margot, fase coluvial. Perfil 23	44
8	Características físicas de los suelos de la finca La Lola, según la clasificación de Bazán	47
9	Características físicas de las parcelas de <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>Pithecellobium saman</u> (Jacq.) Benth. en La Lola..	49
10	Especies estudiadas y datos de las plantaciones	52
11	Volumen comercial o total con corteza de las ocho especies forestales en estudio	81
12	Coefficientes de cuatro modelos matemáticos para el ajuste de la relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza (m^3) de las especies de <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>D. retusa</u> Hemsl., en Costa Rica	85

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
13	Volumen de corteza para las ocho especies forestales en estudio	86
14	Supervivencia e incremento medio anual de las ocho especies forestales en estudio	95
15	Medidas medias, mínimas y máximas de los parámetros más importantes de las ocho especies forestales en estudio, en seis lugares de plantación	98

LISTA DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Localización de las plantaciones en estudio en el IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica	50
2	Mapa del área experimental de la finca La Lola ...	51
3	Relación edad-altura en <u>Carapa guianensis</u> Aubl. ...	61
4	Relación diámetro-corazón en <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>Dalbergia retusa</u> Hemsl.	62
5	Relación DAP-altura total en <u>Amyris barbata</u> -Lundell, <u>Anacardium excelsum</u> (Bert. & Balb.) Skeels, <u>Carapa guianensis</u> Aubl. y <u>Guarea longipetiola</u> C. DC.	65
6	Relación DAP-altura total en <u>Colubrina arborescens</u> (Mill.) Sarg.	66
7	Relación DAP-altura total en <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>D. retusa</u> Hemsl.	67
8	Relación DAP-altura total en <u>Pithecellobium saman</u> (Jacq.) Benth.	68
9	Relación DAP-altura aprovechable en <u>Amyris barbata</u> Lundell, <u>Anacardium excelsum</u> (Bert. & Balb.) Skeels y <u>Guarea longipetiola</u> C. DC.	71
10	Relación DAP-altura aprovechable en <u>Colubrina arborescens</u> (Mill.) Sarg. y <u>Pithecellobium saman</u> (Jacq.) Benth.	71
11	Relación DAP-altura aprovechable en <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>Dalbergia retusa</u> Hemsl.	72

12	Relación DAP-diámetro de copa en <u>Amyris barbata</u> Lundell, <u>Anacardium excelsum</u> (Bert. & Balb.) Skeels, <u>Carapa guianensis</u> Aubl. y <u>Guarea longipetiola</u> C. DC.	75
13	Relación DAP-diámetro de copa en <u>Colubrina arborescens</u> (Mill.) Sarg.	75
14	Relación DAP-diámetro de copa en <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>Dalbergia retusa</u> Hemsl., con agrupación del número de tallos por árbol	79
15	Relación DAP-diámetro de copa en <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>Pithecellobium saman</u> (Jacq.) Benth.	80
16	Relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza (m^3) en <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>Dalbergia retusa</u> Hemsl.	84
17	Relación DAP-volumen de corteza en <u>Amyris barbata</u> Lundell, <u>Anacardium excelsum</u> (Bert. & Balb.) Skeels, <u>Carapa guianensis</u> Aubl. y <u>Guarea longipetiola</u> C. DC.	91
18	Relación DAP-volumen de corteza en <u>Colubrina arborescens</u> (Mill.) Sarg.	92
19	Relación DAP-volumen de corteza en <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>D. retusa</u> Hemsl.	93
20	Relación DAP-volumen de corteza en <u>Pithecellobium saman</u> (Jacq.) Benth.	94

APENDICE

Cuadro N ^o		<u>Página</u>
1	Medidas de los parámetros más importantes por árbol de las ocho especies forestales estudiadas	123
2	Mediciones de altura total de <u>Carapa guianensis</u> Aubl. hasta seis años de edad	124
3	Mediciones de diámetro-corazón a diferentes alturas del árbol apeado para su cubicación, en las especies <u>Dalbergia cubilquitzensis</u> (D. Smith) Pittier y <u>Dalbergia retusa</u> Hemsl.	125

1. INTRODUCCION

En Costa Rica, como en la mayoría de los países latinoamericanos, existe poco conocimiento de la silvicultura y la adaptabilidad de especies valiosas tropicales. Esto se debe a la poca investigación en el campo silvicultural y tecnológico. Sin embargo, es de esperar que en el futuro esta situación mejore, ya que las demandas por maderas valiosas son cada vez mayores, debido a su escasez.

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 (52).

Para mejorar esta situación, es necesario conocer datos de comportamiento en su crecimiento, clase de forma y calidad de maderas de especies valiosas en las diversas condiciones edáficas y climáticas, datos que sirven para seleccionar convenientemente los sitios más adecuados para su cultivo.

El objetivo general del presente trabajo es observar el comportamiento de ocho especies forestales comerciales, bajo las condiciones de "bosque muy húmedo premontano" y "bosque tropical húmedo" de la zona atlántica de Costa Rica. Los objetivos específicos son el establecer en cada una de las especies relaciones entre: diámetro a la altura del pecho (DAP) con la altura total y comercial; DAP con el volumen de corteza en porcentaje; DAP con diámetro de copa; volumen total y comercial y el crecimiento medio anual de cada una de las especies.

Las plantaciones en estudio se establecieron en 1949 en el IICA-CTEI y la finca "La Lola". Las especies elegidas por sus maderas

valiosas son:

1. Amyris barbata Lundell
2. Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels
3. Carapa guianensis Aubl.
4. Colubrina arborescens (Mill.) Sarg.
5. Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier
6. Dalbergia retusa Hemsl.
7. Guarea longipetiola C. DC.
8. Pithecellobium saman (Jacq.) Benth.

2. REVISION DE LITERATURA

Existe poca literatura en cuanto a la silvicultura de las ocho especies seleccionadas, pero sí hay descripciones botánicas.

2.1 Amyris barbata Lundell (Rutaceae)

2.1.1 Caracteres botánicos

El género Amyris lo ha caracterizado Triana y Planchon (25) por sus flores regulares, hermafroditas o polígamas, inflorescencias en cimas axilares o terminales. El tipo floral: cáliz de cuatro dientes, imbricados, pétalos libres, valvares, imbricados. Gineceo de un carpelo. Ovario unilocular con dos óvulos descendentes. Fruto cornudo, globoso, ocho estambres hipogíneos. Hay 10 especies americanas en el género Amyris.

Cerca de 20 especies son arbustos desprovistos de espinas y árboles de tamaño mediano. Las hojas son alternas u opuestas, unifoliadas, trifoliadas o imparipennadas; las hojuelas tienen muchos puntos traslúcidos; los pecíolos algunas veces alados; las flores pequeñas blancas son llevadas en panículas axilares o terminales; el fruto es pequeño, aceitoso, aromático, drupa negro o rojizo (51, 55).

El tipo de este género es Amyris balsamífera L. Muy estrechamente relacionado a esta especie, hay otras dos especies que se pueden considerar como variedades: A. elemífera L. y A. sylvatica Jacq. Ambas especies ocasionalmente obtienen de 12 a 15 metros de altura y 30 cm de diámetro.

2.1.2 Ecología y distribución

El género ocurre desde el límite sur de los Estados

Unidos (Florida, Texas) a lo largo de las Indias Occidentales, en Centro América y Panamá, hasta el norte de Sur América (51). El Amyris barbata pertenece a la formación "bosque muy húmedo premontano tropical" en Costa Rica*.

Nombres comunes: Torch, torchwood (Florida); candlewood, rosewood, sandalwood, torchwood (Jamaica); cuaba, cuaba amarilla, cuaba amarilla de Costa, cuaba blanca, cuaba de costa, cuaba de maestra, cuaba de monte, cuaba de sabana, cuabilla, incienso de costa, palo de incienso, palo de roble, palo de resina, sasafrás del país (Cuba); palo de tea, puerco, tea, torchwood (Puerto Rico); guaconejo (República Dominicana); bois chandelle, chandelle, blanc (Haití); brosoea (Curacao); limoncillo, ocotillo blanco, tojtanyuc (México); waika pine (Honduras Británica); melón, ocotillo, roldán (El Salvador); chilillo, pimienta (Honduras); marfil, palo de marfil, naranjito, ulanda (Colombia); candil, candil de montaña, candil de playa, quigua, tigua (Venezuela); seca olorosa (Ecuador) (20, 51).

2.1.3 La madera y su utilización

La madera resinosa es de excelente calidad pero el árbol es muy pequeño para ser de valor como madera para aserrar. Por su naturaleza resinosa, la madera se usa localmente como material combustible, antorchas y para pequeños trabajos de mueblería y para extracción comercial limitada de aceite etéreo (47). El único país que actualmente exporta madera de este género es Venezuela. Pittier (11) informa

* Holdridge, L. R. Comunicación personal. IICA-CTEI. Junio, 1973.

que la madera de Quigua o Tigua, A. balsamífera, contiene resina del tipo elemi, usada para emplastes y barnices y de la que se extrae por destilación algo como 30 por ciento de un aceite etéreo; también se obtiene de la misma resina, la "amarina", alcaloide de la fórmula $C_{30}H_{49}OH$. La madera es transportada en pequeñas cantidades a Alemania y los Estados Unidos, en la forma de ramas y trozas pequeñas mezclado con candil, A. simplicifolia Karst. La primera importación a los Estados Unidos fue bajo el nombre de madera de sándalo venezolana, pero este nombre fue cambiado más tarde a madera amyris.

El durámen es de color castaño-amarillento, haciéndose más oscuro a la exposición, más o menos estriado, de varios colores; tiene una apariencia aceitosa, fuertemente demarcado por lo menos en los especímenes viejos, desde cerca de la albura blanca delgada. Luste de medio a alto. Olor suavemente fragante y algunas veces más bien desagradable, sabor algo picante y resinoso. Muy dura, pesada y fuerte, pero quebradiza; peso específico (secada al aire) 0,90 a 1,10; peso por pie cúbico, 62 a 68 lbs; textura fina y uniforme; grano variable, muy fácil de trabajar y toma un pulimento brillante que se mantiene bien cuando es manufacturada y altamente resistente a la pudrición por ser aceitoso (47).

El árbol es ya raro en El Salvador, pues su madera es muy buscada por su belleza, de un color oscuro-anaranjado, de grano finísimo, compacto, muy pesada 1,04, inatacable por los insectos por la materia resinosa que contiene. Empléase en ebanistería fina (22).

2.2 Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels

2.2.1 Caracteres botánicos

Según Georg (22), bajo condiciones favorables en el bosque, el "espavé" 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 son libres de ramas en los primeros 40-50 pies (12-15 m), ocasionalmente 60 pies (20 m).

El fuste es 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 rosadoso. El exudado es resinoso, poco espeso, de color rojo que fluye lentamente en poca cantidad. 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 (39). Flores pequeñas, blancas. Frutos arriñonados, sostenidos por un pedúnculo verde y, a veces, retorcido (16, 39).

2.2.2 Ecología y distribución

Las especies crecen del nivel del mar hasta los 800 m de elevación, mayormente en la formación "bosque tropical húmedo" y "bosque tropical seco", siendo más frecuente en la última formación pero en las orillas 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 (8).

Tanto en Colombia (57) y Venezuela (59), el "caracolí" o "mijao", crece con regular frecuencia, en el alto llano y pie de monte, en la formación "bosque seco tropical". En Colombia, el "caracolí" también el estrato arbóreo esta representado en la formación "bosque húmedo premontano (57); en Venezuela el "mijao" está dentro de las principales especies de la vegetación natural (climax) en la formación "bosque húmedo premontano" (59).

A. excelsum se presenta en grandes cantidades en la Costa del Pacífico de Costa Rica y Panamá. Además, ocurre en la costa del Caribe de Colombia y Venezuela (12). Parece confinado a regiones con estaciones secas definidas y, a pesar de ser típico de bosques perennes densos, no crece a elevaciones muy altas. Corrientemente alcanza el desarrollo óptimo en los suelos más bajos y bien drenados. En la provincia del Darién, Panamá, parece formar masas boscosas puras en áreas grandes (22).

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. Aquí alcanza diámetros de 48 pulgadas o más, con fustes limpios de 18 m o más (47).

Este árbol se encuentra ampliamente distribuido en los trópicos del Norte de América del Sur desde Ecuador hasta Costa Rica, en América

Central (20).

Asociación natural: A veces se haya 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 seemannii Tr. y Pl., Pentaclethra macroloba (Willd.) Kuntze. Requiere suelos bien drenados (18).

Especies relacionadas: Anacardium occidentale L. (18).

Clima: Región climática superhúmeda de 1.500 a 2.000 mm (60 a 80 pulgadas) de lluvia. Las precipitaciones son menores en el invierno con una estación seca definida, pero no demasiado larga; la temperatura media es de 23°C (73°F) (18).

En Venezuela el árbol alcanza de 40 a 45 m (160 a 180 pies) de altura, y 150 cm en DAP. La regeneración es vigorosa, desplazando a otras especies de la asociación. Se cultiva en Ecuador en plantaciones de cacao y de café, especialmente en Pichilingue (18).

Nombres comunes: Espavé (Costa Rica, Panamá, Venezuela, Honduras); caracolí (Colombia, Ecuador y Venezuela); nariz (Cuba) (20, 35, 52).

2.2.3 La madera y su utilización

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 espaciadas; 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 (22).

La madera de "espavé" 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/m^3 , aproximadamente 60 lbs/pie³, a un contenido de humedad verde de 155 por ciento. Contracción moderada de acuerdo a su densidad. Es una madera fácil de secar y que puede secarse rápidamente sin daño apreciable, sin embargo, el "espavé" esta clasificado como moderadamente difícil de secar en base a un estudio completo de secado al aire (35). 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 tengencial. El contenido de sílice es bajo (0,09%). El durámen de "espavé" se considera como durable y es muy difícil de preservar (43).

La albura es de color gris, gruesa y el durámen de color castaño-claro, de dureza y flexibilidad media; secada al aire, la gravedad específica es de 0,56, no durable (47).

La madera es blanda y muy utilizada para hacer canoas que se hacen ahuecando los troncos. Se recomienda para interiores, triplex, cajas, tableros de fibra y de partículas para pulpa y papel (8, 16, 39, 55).

Se usa también para carpintería en general y construcción, utensilios de madera, muebles de bajo costo, acabado y ebanistería, chapa y contrachapado, cajones e interior y exterior cuando la resistencia

no es un factor importante (43).

La madera aserrada es alanada y difícil de pulir (47).

2.3 Carapa guianensis Aubl. (Meliaceae)

Sinónimos: Carapa slateri Standl. y Carapa nicaraguensis C.DC (32).

2.3.1 Caracteres botánicos

Según Jiménez-Saa (35), es un árbol grande a muy grande; aletones mediana a pobremente desarrollados, equiláteros, un poco laminares; fuste circular de color gris amarilloso; el ritidoma se desprende en placas irregulares y deja cicatrices permanentes; presenta lenticelas diminutas, escasas, distribuidas irregularmente por sectores. Ritidoma de grosor irregular, Corteza viva de grosor medio; capa externa quebradiza-vidriosa, con inclusiones arenosas rojas y anaranjadas; capa interna rosada, fibrosa no quebradiza. No presenta exudados. Hojas paripennadas, con 4 a 6 pares de folíolos; alternas, sin estípulas, agrupadas al final de las ramillas; papiráceas, glabras por ambas caras; cuando jóvenes son rosadas. Flores en panícula, de color amarillento, pequeñas, con cuatro pétalos y cuatro sépalos. Frutos en cápsula más o menos globosa con numerosas semillas. Este árbol alcanza 35 m de alto y el tronco 1 m o más de diámetro, con raíces tablares grandes y la copa tupida (42).

Hojas sin crecimiento terminal. Semillas sin alas. Fruto grande, de más de 5 cm de diámetro (34).

Bajo condiciones favorables de crecimiento, alcanza alturas de 56 m y diámetros de 2 m, siendo más comunes los árboles con alturas

de 33 m y con diámetros de 1 m (51).

2.3.2 Ecología y distribución

El género Carapa parece ser mayormente restringida a una zona de vida, sea el "muy húmedo tropical". Va a la zona de vida "húmedo tropical" en la parte de ciénagas. No existe en el premontano en los trópicos ni en los subtrópicos. Es más restringido en cuanto a biotemperaturas que Cedrela y Swietenia (33).

Es un árbol de la formación "tropical húmeda" donde crece en sitios de poco drenaje (8, 45).

Esta especie tiene por habitat elevaciones bajas de clima húmedo o muy húmedo, en laderas o a veces en aluviones que se inundan con agua dulce (32).

C. guianensis es la especie mejor conocida y más extensamente distribuida. Este árbol se desarrolla en las áreas anegadas de los deltas de los ríos y en los llanos plenamente inundados, aunque algunas veces puede encontrarse en partes más elevadas (51).

La distribución del C. guianensis es la siguiente: Belice y Honduras hasta Ecuador, Perú, Brasil y Las Guayanas; también en las Antillas, Cuba, República Dominicana y Haití, Guadalupe, Dominique, San Vicente, Trinidad y Tobago (42, 46).

El árbol se encuentra en las tierras inundadas de los ríos Amazonas y Orinoco, en Venezuela, así como en Brasil y Las Guayanas (20). La especie crece rápidamente, comenzando con una raíz profunda que la hace difícil de transplantar (20). Para la repoblación se recomienda la siembra directa bajo techo natural claro, como se siembra el café,

poniendo 2 ó 3 semillas en cada hoyo de dos pulgadas de profundidad. Donde el "najesi" existe, la regeneración natural es abundante, existiendo siempre gran cantidad de posturas de diversos tamaños bajo los árboles. Florece de febrero a marzo y sus frutos maduran de marzo a abril del año siguiente. Existe esporádicamente mezclado con otros árboles de monte húmedo, pero suele encontrarse también formando nejesiales casi puros, donde se encuentran ejemplares con 120 pies de altura (36 m) y 5 pies de diámetro (1,50 m) en la base.

Este árbol crece generalmente a orillas del mar en toda la zona tropical de América (22).

En Surinam se informa que se han hecho ensayos de respuesta de Cedre-
la angustifolia Sesse en enriquecimiento. Para evaluar el comportamiento de esta especie, las observaciones se realizan en muestras de tamaño variable (de 0,5 - 1,0 ha), repartidas al azar en los rodales. El crecimiento en altura de esta especie es rápido, acusando a los cuatro años de edad un promedio de 1,5 m anual y el crecimiento en diámetro a la misma edad es de 6 cm (58).

Nombres comunes: C. guianensis: guiana crabwood (Guayana Británica); cedro macho y caobilla (Costa Rica); mazábalo (Colombia); andiroba (Brasil, Perú)(51); figueroa (Ecuador); najesi (Cuba); cedro bateo (Panamá); tangaré, masábalo (Colombia); carapo, carapa, colorada, caoba de Guayana, caobillo (Venezuela); false mahogany (Honduras Británica); crabwood, crappo (Trinidad); crabwood, karaba (Guyana); bois

rouge carapat (Guadalupe); carapa rouge, carapa (Guyana Francesa); krappa (Surinam); andiroba, randiroba (Brasil) (42); sapo, tololo (El Salvador) (25).

C. slateri: cedro macho, cedro bateo (Costa Rica) (47).

2.3.3 La madera y su utilización

La madera de Carapa sp. se asemeja a la de caoba (Swietenia sp) y también algunas veces a la de Cedrela, en cuanto a color, apariencia general y en algunas propiedades físicas y mecánicas, pero no tiene el alto lustre y figura atractiva que presentan las mejores calidades de caoba (51).

La madera no tiene color ni sabor característico (42). Es de peso mediano, peso específico de 0,55, moderadamente dura hasta regularmente blanda; el grano recto en la mayoría de las veces, textura uniforme, algo gruesa. Es fácil de labrar, se raja con facilidad, toma un buen pulimento, recibe bien la cola y pintura, no se tuerce al exponerse, es fuerte y durable.

La madera es castaño-rojiza, bastante dura y fuerte, de durabilidad aceptable; peso específico de 0,60 - 0,75 secado al aire. Alemania importó grandes cantidades de cedro macho de Costa Rica, principalmente de Puerto Limón entre 1941 y 1942. Fue embarcado en forma de trozas redondas, que tenían 30 pulgadas o más de diámetro y probablemente usado, en parte, para plywood. La madera será un posible sustituto de la caoba, por sus múltiples usos. El grano no es suficientemente atractivo como para trabajos de mueblería (47).

La textura varía de gruesa a fina, siendo generalmente mediana.

El lustre es mediano, siendo a menudo escaso en la superficie tangencial, y algunas veces elevado con reflejos dorados en la superficie radial.

La madera de Carapa ensayada en el Laboratorio de Productos Forestales de Costa Rica resultó moderadamente difícil de preservar. El peso específico, secado al horno, en volumen verde es de 0,53 y peso y volumen secados al horno, 0,60 (24). Los valores de contracciones radial y tangencial de esta especie son moderados: 4,9 y 8,2 por ciento. Presentó también valores altos tanto en flexión estática como en dureza. Es fácilmente trabajable y pueden lograrse acabados lisos al cepillado (24).

Es moderadamente fácil de secar pero seca algo lentamente y tiende a desarrollar rajaduras superficiales (53).

Hess, Wangaard y Dickinson (35) opinan que la madera de C. guianensis parece adecuada para muchos usos, estos incluye muebles sólidos, partes de muebles, chapas, madera contrachapada, pisos para viviendas e industriales y guarniciones internas, iguales usos se citan para Costa Rica (24).

En Colombia (39, 42) es usada en construcción y muebles. Posee características similares a Calophyllum brasiliense Camb.

De las semillas se obtiene un aceite muy apreciable, amarillo, consistente como la mantequilla y se emplea en la fabricación de jabones. La madera es muy durable en el agua, aparente para diques, armazones de lanchas, botes y canoas. La corteza astringente se emplea en algunos países de América contra la disentería. Las cortezas son febrífugas. La madera es inatacable por los insectos (25).

2.4 Colubrina arborescens (Mill.) Sarg. (Rhamnaceae)

Sinónimos: Colubrina colubina (Jacq.) Millsp. y Colubrina ferruginosa Brongn. (41).

2.4.1 Caracteres botánicos

Según Little, Wadsworth y Marrero (41), es un árbol siempre verde, con una copa extendida que corrientemente alcanza de 13 a 14,5 m de altura y de 15 cm o más de diámetro en el tronco, pero a veces pasa de 17,5 m de altura. La corteza de los árboles pequeños es de color castaño o gris, un tanto lisa y delgada que se separa en escamas pequeñas y delgadas y se torna agrietada en los troncos grandes. La corteza interior es de color castaño claro o rosado y ligeramente amarga. Las ramitas más viejas son de color gris o castaño rojizo.

Las hojas son alternas, colocadas en dos hileras, de forma elíptica, ligeramente gruesa, de punta roma o corta en el ápice y redondeadas en la base, con las venas laterales curvas y prolongadas cerca del borde; la cara superior de color verde pálido y finamente vellosa (8, 41).

Las flores son pequeñas, extendidas, vellosas y de color verdoso y castaño herrumbroso, agrupadas en racimos laterales pequeños. Las cápsulas son redondeadas, de color castaño oscuro o negruzcas, ligeramente más grandes que las flores y con tres semillas de color negro lustroso (8, 41).

2.4.2 Ecología y distribución

Este árbol mediano pertenece a las formaciones "bosque seco tropical" (10) y "bosque húmedo subtropical"*.

* Holdridge, L. R. Comunicación personal. IICA-CTEI. Junio, 1973.

Parece que su distribución no se extiende hacia el sur de El Salvador y Honduras en la América Central (8).

Se presenta en el sur de Florida, incluyendo los Cayos y en las Antillas desde las Bahamas y Cuba hasta Antigua y en Barbados, también al sur de México, Guatemala y Honduras e introducido a El Salvador (8, 41, 51).

Se encuentra en Puerto Rico en malezas y montes en la costa y en la región caliza, mayormente en las zonas más áridas (41).

En El Salvador el árbol de esta especie alcanza una altura de 9 metros (25). "Los nativos de Haití tienen la costumbre de sembrar esta especie cerca de sus hogares, en lotes de 15 o 30 m en cuadro, siembran directamente la semilla a distancia de 1,8 m en ambos sentidos y los árboles crecen muy altos y derechos con un tronco limpio y sin ramas. Desarrollan mejor en terrenos fértiles, profundos como los que se requieren para plátanos y se mantienen sanos y libres de los ataques de insectos. De esta manera, en 10 años consiguen un árbol de 12 m de tronco por 15 cm de diámetro a la altura del pecho, que usan exclusivamente en la construcción de sus hogares" (20).

Adquiere su máximo desarrollo en Martinique donde puede alcanzar una altura de 25 m y algo menor en Cuba. Es frecuente en toda la Isla, en suelos calcáreos pedregosos bien saneados, pero no abunda; crece rápidamente y se multiplica fácilmente de semillas. Florece desde los dos años y sus frutos maduran en enero. La semilla es negra, brillante, dura y pequeña, 540.000 pesan un kilo. Capacidad germinativa media 60 por ciento en 30 días. La planta crece rápidamente y es fácil

de trasplantar. Se reproduce por dispersión natural a la media sombra de otros árboles (20).

Nombres comunes: Quitarán (Puerto Rico); corazón de paloma, cuerno de buey (República Dominicana); bijáguara, birijagua, fuego (Cuba); cascalata (México); coshté, guayabillo (Guatemala); chaquiro, chaquira (El Salvador); coffee colubrina, snakewood, wild coffee (Estados Unidos); common snake bark, bitters (Bahamas); greenheart, snake-wood, black velvet, wild ebony, mountain ebony (Jamaica); blackheadtree (Barbados); bois de fer, bois mabí, bois pelé, bois ferblanc (Haití) (1, 8, 20, 41).

2.4.3 La madera y su utilización

La albura es dura y blancuzca o castaño claro. El duramen es duro y de color castaño amarillento; su peso específico es 0,7, madera fuerte y durable (41).

Madera amarillenta en los haces periféricos y progresivamente anaranjada hasta rojiza o rojo bruno hacia la zona medular, con matices amarillentos, moderadamente pesada, de textura media o fina, fuerte, grano fino variable, durable, de apariencia atractiva (1, 8).

No tiene olor ni sabor (20). Textura fina, grano recto, dura y pesada, 750 a 1.000 kilos por metro cúbico. Reputada como muy durable y resistente a insectos y pudrición por la humedad. Puede adquirir un alto pulimento y es fácil para trabajar.

En Jamaica acostumbran hacer collares y objetos similares con las semillas lustrosas de ésta y otras especies relacionadas (41).

La madera se usa en carpintería y construcciones (1).

En Puerto Rico se usa principalmente para postes y anteriormente para pilotes por su resistencia a la podredumbre en contacto con la humedad. En otros lugares, cuando adquiere un tamaño grande, se usa en construcción (41).

En el sur de Florida, en Guatemala y en El Salvador, se ha sembrado como árbol de sombra (42). El árbol es comunmente sembrado en las fincas, especialmente en las cercas; da buena sombra y "varas" largas y muy rectas, que se usan mucho en construcciones de casas pequeñas (8, 20).

Plantaciones recientes de esta especie en el bosque de Guilarte, tienen árboles de rápido crecimiento y de buena forma (41).

2.5 Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier (Leguminosae)

Sinónimos: Dalbergia tucurensis Donn. Smith.

2.5.1 Caracteres botánicos

Según Record y Kuylen (50), es un árbol grande, algunas veces con más de 30 m de alto, con un tronco cilíndrico recto, teniendo un diámetro promedio de 75 cm a su madurez y la tercera parte de su longitud está libre de ramas. La corteza de este árbol es gruesa, 1,9 cm y de consistencia granulosa.

Las hojas son compuestas, pinnadas, imparipinnadas, alternas. Las hojuelas son de color parduzco en el envés, sintiéndose suave al tacto, como terciopelo, debido a la presencia de pelos muy finos. Las hojuelas son alternas y de bordes enteros, forma elíptica, ligeramente redondeadas en la base y con ápice agudo. Las hojuelas nuevas presentan dos estípulas (10).

Las flores son de color blanco, zigomorfas, papilionadas, con el pétalo superior más externo y nacen en panículas axilares o en racimos terminales. El fruto es una vaina alargada, indehiscente, aplanada, delgada, algo coriácea, con una semilla generalmente, la cual forma abultamiento en la superficie de la vaina (10).

2.5.2 Ecología y distribución

En Honduras, esta especie se le encuentra en las partes altas del "bosque húmedo tropical" y "bosque muy húmedo subtropical" (11). También es un árbol mediano del lado caribe de Belice, Guatemala y Honduras*.

Nombres comunes: Palo de rosa, granadillo, acuté (Guatemala); granadillo negro, granadillo rojo, rozul (rosewood), granadillo, Honduras rosewood (Honduras) (10, 52).

2.5.3 La madera y su utilización

La albura se diferencia marcadamente del durámen. El color de la albura tanto en condición verde como seca, es gris amarillento claro. El duramen en condición verde y seca, es café rojizo grisáceo. Los anillos de crecimiento no son visibles. Tiene un olor a miel de abejas algo picante. El sabor es ausente o indistinguible (10).

La madera, la cual tiene considerable semejanza al D. spruceana Benth.

* Holdridge, L. R. Comunicación personal. IICA-CTEI. Junio, 1973.

del Brasil, es básicamente anaranjado-colorado, con franjas más o menos de un violeta pronunciado; también de color café intenso de varias sombras, algo parecido a cera, agudamente demarcado de la albura que es casi blanco; es casi sin olor. Moderadamente duro, pesado, flexible y resistente, no es difícil para trabajar, tomando un lustre fino (51).

La madera es valiosa, de color amarillo con vetas más o menos violetas en los haces hacia la periferia, haciéndose progresivamente rojizas hacia la parte medular, pesada, de grano fino, compacta; la madera de las especies arbóreas de Dalbergia, muestran muy pocas diferencias en su coloración y calidad. Son igualmente valiosas y tienen las mismas aplicaciones (1, 50).

La madera se utiliza en la fabricación de muebles finos, adornos, mangos de cepillo y en tornería (10).

La madera se usa en decorados interiores, mueblería de lujo y ebanistería. Por lo fino de su textura, densa estructura, resistencia y durabilidad, es muy empleada y solicitada por las industrias de instrumentos metálicos, con mangos de lujo, en tornería fina (1, 10).

La madera es considerada una de las mejores en Guatemala y es usada para ejes de ruedas y legüeta de vagones, rayos de rueda de carretones y para la construcción de muebles duraderos de calidad superior; es excelente para trabajos de carpintería y cepillos de espalda (51).

2.6 Dalbergia retusa Hemsl. (Leguminosae)

2.6.1 Caracteres botánicos

Es el famoso cocobolo o rosewood del comercio, exportado

en escala industrial (9). La especie de Panamá fue descrita por Hemsley en 1878 y nominado D. retusa, pero la madera de cocobolo fue originalmente descubierta cerca de 1911 por Henry Pittier y publicado en 1918.

El D. retusa alcanza un tamaño de hasta 20 metros, con un tronco de 80 cm en las zonas de mejor desarrollo. La copa es ancha, bastante densa; las ramas terminales algo colgantes. El tronco rugoso, pardo, se ramifica generalmente temprano en la mayoría de los árboles observados (8, 51).

La hoja es imparipinnada, con 7-15 hojuelas, usualmente de 4-7 cm de largo, que son ovadas u oblongas, pubescentes en el envés o casi lampiñas. Existe una diferencia notable entre la hoja joven y la vieja (la que se encuentra por ejemplo con los frutos). La primera es más grande, tiene dos estípulas grandes en la base, las que más tarde caen; además, las hojuelas son más grandes y delgadas (8).

Las flores son blancas, de 1,5 cm de largo. La legumbre de 7 a 15 cm de largo y es alargada, de una o varias semillas que forman abultamientos (8, 55).

2.6.2 Ecología y distribución

El D. retusa parece estar restringida sólo a una zona de vida y es "bosque tropical seco" (8).

Es un árbol mediano de la costa seca del Pacífico, de Panamá, Costa Rica y Nicaragua (8, 55).

Existen en Centro América no menos de 14 especies de Dalbergia (51). Antiguamente abundante en la porción seca de la tierra caliente del Pacífico, especialmente en Nicoya; pero la explotación en el

pasado ha sido muy fuerte y ahora solamente quedan pocos árboles comerciales (47).

Nombres comunes: Cocobola, cocobolo, Nicaragua rosewood (Inglaterra); cocobolo holz, Foseholz (Alemania); granadillo (México, Guatemala); funera (El Salvador); granadillo, palo negro, palo rosa, cocobolo, chaperno (Honduras); ñambar, ñambar legítimo (Nicaragua); cocobolo, cocobolo ñambar, cocobolo negro, ñamba, ñambar, nanamber (Costa Rica); cocobolo, cocobolo prieto (Panamá), cocobolo, palisandro (Colombia); granadillo (Honduras Británica) (8, 51, 52).

2.6.3 La madera y su utilización

La madera es altamente apreciada en el mercado, tiene un color bastante variable, aunque el corazón se distingue por un cálido color rojo oscuro con vetas negras. Adopta un magnífico pulido. La madera encierra una sustancia aceitosa que la mantiene en buenas condiciones. Se usa mucho localmente y también se exporta, valorizándose según el peso en libras (8, 51).

Si la superficie pulida es frotada con un paño, adquiere un terminado semejante a cera, sin el uso de aceite, cera, goma laca de hojuelas o henchidor (51).

El fino polvo que aparece en el trabajo con el "cocobolo", puede producir un sarpullido parecido al que produce un emponzoñamiento con la Hiedra. Esta formación puede ser en los dedos, antebrazos, cara y cuello, piernas o cualquier parte del cuerpo y es muy molesto e irritante. Investigaciones realizadas por el Dr. Ettore Ciampolini, de la Escuela para Graduados de Yale University, indican que el causante

principal de la irritación está contenido en un aceite, el cual es liberado en las finas partículas cuando la madera está siendo trabajada (51).

La madera se utiliza extensamente para mangos de cuchillos y otros instrumentos, reglas, instrumentos musicales y científicos, ruedas, piezas especiales en automóviles, maquinarias especiales y lanchas (51, 55).

Cuando el dibujo de la madera es muy bonito, se usa en joyería, cajas de lujo, bastones, cuentas de rosario, tenedores, cucharas, botones, piezas de ajedrez y muchos otros artículos (8, 51).

Cuando la madera es exportada, es usada para mangos de cuchillos, tornería, etc., y ha sido usado algo extensivo en Costa Rica para muebles. Deben tomarse medidas para asegurar un amplio abastecimiento futuro del "cocobolo", ya que el mercado mundial parece asegurado (47).

El "cocobolo" es una madera valiosa en la América Central, que ha sido usada en los Estados Unidos, particularmente para mangos de cuchillería, por más de 65 años (52). Fue primero introducido por el comercio de Panamá, pero el principal origen fue la parte occidental de Costa Rica y Nicaragua

2.7 Guarea longipetiola C. DC. (Meliaceae)

2.7.1 Caracteres botánicos

Es un árbol de 19-30 m de altura y con 60-75 cm de diámetro del tronco; hoja bipinnada, grande, alterna; la hojuela individual anchamente oblonga en contorno, con ápice obtuso o moderadamente

agudo. Las flores son pequeñas, de color amarillo-pálido, producidas en el mes de setiembre, en racimos axilares delgados y son seguidos en febrero o marzo por frutos capsulares leñosos, ovoides, de color café-rojizo, con un promedio de 3,75 cm de diámetro (4).

Hay 200 especies de Guarea de arbustos hasta árboles grandes en las Américas y Africa Occidental. Hojas paripinnadas con crecimiento terminal. El fruto es una cápsula con 4 a 5 válvulas (39).

El género Guarea se distingue por tener hojas paripinnadas. En Guarea es común que las hojas vuelvan a crecer de largo en el segundo y aún en el tercer año y a veces se encuentran pecíolos con anillos anuales visibles en los cortes transversales (27).

2.7.2 Ecología y distribución

Guarea y Trichilia contienen unas especies de buen tamaño y buena calidad. Como no han sido atacados por Hypsipyla hasta la fecha, merecen más atención cuando los forestales buscan árboles para plantaciones. La distribución ecológica de los géneros es amplia y la ecología de sus especies tendría que ser estudiada aparte (33).

En Costa Rica se encuentra una Guarea spp. en las vertientes del Atlántico y del Pacífico; usualmente de tamaño mediano. La madera es muy semejante a la caoba y tiene la misma utilidad general (47). El G. longipetiola pertenece a la formación "bosque muy húmedo pre-montano tropical"*.

Nombres comunes: Cola de pava o cortes negro (Local); chuchupate (Chiriquí); carbón (Black river, Honduras) (4).

* Holdridge, L. R. Comunicación personal. IICA-CTEI. Junio, 1973.

2.7.3 La madera y su utilización

Aún no se ha hecho un estudio minucioso de Guarea longipetiola en cuanto a las características generales de la madera.

En cuanto a usos, sólo se sabe que la madera ha sido utilizada para los mismos propósitos que la caoba, a la cual está relacionada y ha sido considerada adecuada en la Provincia de Chiriquí para pisos, muebles y construcción en general (4, 55).

2.8 Pithecellobium saman (Jacq.) Benth (Leguminosae)

Sinónimos: Samanea saman (Jacq.) Merrill (8, 20, 41), Enterolobium saman (Jacq.) Prain (41).

2.8.1 Caracteres botánicos

Según Little, Wadsworth y Marrero (41), es un conocido árbol de sombra que alcanza un gran tamaño, tanto en el diámetro del tronco como en su copa, muy amplia y arqueada. Árbol siempre verde que alcanza 50-65 pies (15-19,5 m) de altura, con tronco relativamente corto, grueso, hasta 4 pies (120 cm) de diámetro. La copa formada por ramas horizontales, largas y gruesas, es más ancha que alta, alcanzando hasta 100 pies (30 m) o más al través. La corteza de color pardo es áspera y acanalada, y forma placas finas y listones corchosos. La corteza interior es de color rosa o castaño y amarga. Las ramitas gruesas, verdosas, están cubiertas por pelillos.

Las hojas compuestas, pinnadas, bipinnadas, alternas; las hojuelas tienen forma elíptica a abovada; ápice agudo a obtuso, base cuneiforme a redondeada; en el envés presentan pelos finos como terciopelo y en el ráquis unas glándulas entre cada par de hojuelas;

los bordes enteros, el haz de un color verde amarillento brillante, mientras que en el envés se observa un color verde amarillento más pálido y con pelos finos (10, 16, 41).

Las flores son actinomorfas. Los frutos con vaina alargada de menos de 15 centímetros, tienen un borde que sobresale y tiene varias semillas oblongadas de color café rojizo (10, 55).

2.8.2 Ecología y distribución

Esta especie se la encuentra en dos zonas de vida: "bosque seco tropical" y "bosque húmedo subtropical" (10). Crece en elevaciones bajas en climas secos a húmedos, a veces plantadas para sombra (32). Crece en suelos aluviales fértiles y a lo largo de riachuelos en las vegas con suelos ricos (10). Crece en todo terreno bien saneado y desarrolla mejor en suelos de aluvión frescos y profundos, donde puede adquirir una altura de 30 m y un diámetro de 1,40 m (20).

Es abundante en los potreros y lugares abiertos o bosques secundarios de la formación "bosque seco tropical", especialmente en los sitios húmedos. Ha sido introducido en muchas partes por el ganado y gusta mucho de las semillas y las hojas (8); parece que las semillas no sufren en el tracto digestivo por lo que el ganado es agente de dispersión; de noche, las hojas se "cierran".

Es un árbol grande del bosque decídúo de Guanacaste y Nicoya, característico del bosque abierto, donde los troncos alcanzan diámetros grandes. Con copas extremadamente anchas y extendidas (47).

Nativo desde México (Península de Yucatán) y Guatemala a Perú,

Bolivia, Brasil y Paraguay (32, 41). Es ampliamente sembrado y naturalizado en otros lugares tropicales en el continente americano, desde México hasta el sur, a lo largo de las Antillas (excepto Bahamas), también en los trópicos del Viejo Mundo y cultivado también en el sur de Florida (41).

En las áreas más pedregosas y accidentadas del bosque seco, lo indicado es el retorno a la silvicultura (36); antes de ser quemados o cortados, los bosques de estas áreas fueron los más productivos de maderas preciosas en todo el trópico. Antes de ser sometidos a explotación, se encontraban entre varias especies en cantidades apreciables, el "cenízaro" (Samanea saman) y el "cocobolo" (Dalbergia retusa).

Suelo y clima: Crece bien y rápidamente en regiones con una precipitación entre moderada (600-1.000 mm) y abundante (1.900-2.500 mm), incluyendo el África Occidental, las Antillas, Ceilán, Birmania y Borneo, en climas entre tropical y cálido subtropical (44).

Número de semillas por unidad de 4.400 a 7.700 por kg (44). La germinación es elevada, 92 por ciento como promedio (44,48).

Extracción y almacenamiento: La semilla se extrae de las vainas golpeando éstas con un mazo para que se abran (44). Después de tres meses, a una temperatura de 79°F, la capacidad germinativa desciende a un 40 o 50 por ciento. Quizás convenga almacenar las semillas en seco y frío.

Tratamiento anterior a la siembra: Ninguno, ya que la semilla germina rápidamente (44).

Método de plantación: Se suele plantar con toconcillos de vivero de por lo menos un año, obtenidos de semillas (48); en el vivero crece rápidamente.

Crecimiento: En buenos suelos suele alcanzar de 1,50 m a 2,40 m en el primer año (48).

Observaciones: Se recomienda esta especie para la repoblación forestal en la zona sudanesa del Africa y para sombra y ornamento de muchos países tropicales (44).

Nombres comunes: Dormilón, guango (Puerto Rico); rain-tree-licorice, giant tibet, samán (Islas Vírgenes y Costa Rica); algarrobo, algarrobo del país (Cuba); algarrobo (México, Guatemala); cenícero (Guatemala, El Salvador, Costa Rica); carreto, carreto real, zorra (El Salvador, Honduras); samán, campano (Colombia); huacamayo-chico (Perú); guango (Jamaica y Panamá); cow-tamarind (Granadinas); samán, cow-tamarind (Trinidad); samán, raintree, French tamarind, guango (Guayana Británica); arbre a pluie (Francia); gouanngoul (Haití); samana (Guadalupe); monkeypod (Hawái); samán negro (Venezuela) (8, 10, 16, 20, 28, 52, 56).

2.8.3 La madera y su utilización

La albura se diferencia notablemente del duramen. El color de la albura tanto en condición verde como seca es gris amarillento claro. El color del duramen en condición verde es naranja grisáceo; su color en condición seca es gris parduzco amarillento claro. La albura ocupa el 56 por ciento de la sección transversal del tronco; los anillos son indistinguibles (10) y el peso específico

de la madera es 0,44 (41).

El grano va de recto a entrecruzado, la textura es mediana; el brillo es regular y presenta arcos superpuestos y reflejos dorados y satinados. La madera no es fácil de trabajar debido al grano entrecruzado; el pulido de la superficie es un poco difícil (10).

La madera de los árboles jóvenes es fácil de cortar, algo esponjosa, liviana y marrón. En árboles más viejos se presenta dura, pesada, fibrosa, difícil de trabajar y de un color mucho más oscuro, chocolate negruzco, muy decorativa (1, 8, 28). Madera parecida a la del "guanacaste" (Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.), pero algo más dura y pesada (1, 47).

La madera se seca al aire con rapidez moderada y los defectos debidos al secado son considerables; su reacción al trabajo de máquinas es como sigue: el cepillado, escopleado, lijado y la resistencia a las rajaduras por tornillo son satisfactorios; el moldeado y el taladrado son regulares; el torneado es deficiente (41).

La madera se utiliza en construcción general y para la fabricación de muebles (10).

Su uso es amplio en carpintería, ebanistería, forros interiores y de las secciones de troncos gruesos, se hacen ruedas de carretas para buey (1, 8, 47). Se usa localmente para la fabricación de paraguas, postes de dos piezas y en construcción. Cuando la madera se ha seleccionado ofrece un veteado muy atractivo, pero no se le comercia mucho (28).

En Puerto Rico se ha usado solamente como árbol de sombra y para combustible. Las vainas constituyen un alimento nutritivo para el

ganado vacuno, cerdos, cabras y tiene un sabor parecido al regaliz, el cual agrada a las personas. Es planta Melífera, usado como sombra de café y cacao, pero menos ahora que en el pasado (41).

Este árbol es usualmente dejado cuando la tierra es despejada para pasturas, principalmente por la sombra que da y sus legumbres dulces son un excelente alimento para el ganado. Es frecuentemente plantado como árbol ornamental, porque el follaje es atractivo y fragante; las flores de color carne muy semejante a la mimosa (47). Se emplea con frecuencia en el arbolado de caminos y resulta ser un árbol típico de los potreros cubanos por su fresca sombra y su producción de legumbres alimenticios para el ganado (20). Sus frutos maduran en febrero a marzo, florece en abril; se reproduce fácilmente por semillas que son ampliamente diseminadas por el ganado vacuno.

Cada día se encuentran nuevas aplicaciones a la madera y siendo un árbol de crecimiento rápido y fácil de multiplicar, debe ser considerado como especie importante para la repoblación forestal (20).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

Para el presente estudio, se utilizaron las plantaciones experimentales del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación (CTEI) del IICA en Turrialba y las plantaciones de la finca La Lola. Están situadas en la clasificación y ecología de bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo tropical de Holdridge (31), respectivamente, con la elevación sobre el nivel del mar que varía entre los 580 m y 990 m (13), para las tierras que pertenecen al CTEI del IICA, ubicadas a 5 km al suroeste de la ciudad de Turrialba y la finca La Lola, situada en el litoral Atlántico de Costa Rica, aproximadamente a 20 km de la costa y a 24 m y 54 m de elevación. El río Madre de Dios bordea la finca en el lado oeste y el pueblo de Waldeck lo limita en el lado este. Las líneas del ferrocarril entre San José y Puerto Limón forma el frente norte, entre las millas 28 y 29. Hacia el oeste, la finca se encuentra limitada por tenencias de pequeños agricultores (54).

3.1.1 Clima

Los datos del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA se encuentran en el Cuadro 1 (38). La Estación Meteorológica está ubicada a una altura de 602 m s.n.m.

La temperatura media mensual, para 13 años de observaciones (1958-1970), es de 22,29°C; media mensual máxima de 27,14°C y la media mensual mínima de 16,99°C.

La precipitación media anual, para 27 años de observaciones

Cuadro 1. Datos meteorológicos de Turrialba, Costa Rica.

Mes	Temperatura °C (1958/1970)			Precipitación mm 1944/70	Brillo solar 1964/70	Humedad Relativa 1944/70		Prom. diario (mm)					
	Máx. prom.	Mín. prom.	Media			Máx. absoluta	Mín. absoluta		Media mensual (mm)	Suma Mens. (mm)			
E	25,87	16,07	21,00	31,0	10,0	176,4	164,9	18,5	143,2	4,61	86,6	107,4	3,46
F	26,26	16,06	21,08	30,0	10,4	147,8	247,5	15,1	147,8	5,22	85,7	117,1	4,14
M	27,08	16,60	21,85	31,5	10,5	79,0	81,5	13,5	159,7	5,14	84,5	139,7	4,50
A	27,35	17,37	22,34	31,7	11,8	135,1	287,9	15,3	149,7	4,98	85,2	133,8	4,44
M	28,00	18,18	23,07	32,0	13,5	225,3	65,0	23,0	140,2	4,51	87,0	126,2	4,07
J	28,04	18,53	23,22	31,5	15,2	284,9	85,5	24,7	125,8	4,19	88,5	113,2	3,77
J	27,32	18,30	22,76	30,6	14,1	270,4	102,3	25,0	115,3	3,71	90,3	105,3	3,39
A	27,60	18,17	22,81	30,0	14,9	234,0	99,1	24,3	31,8	4,24	88,9	118,9	3,83
S	28,01	18,02	23,04	30,8	14,8	249,8	99,1	22,3	139,5	4,63	88,2	122,1	4,05
O	27,79	18,00	22,85	30,8	14,5	249,1	109,2	24,0	146,7	4,72	88,8	123,0	3,96
N	26,56	17,66	22,10	30,1	13,7	283,1	115,3	23,0	125,4	4,16	89,4	96,1	3,20
D	25,84	16,92	21,38	29,9	10,9	347,6	288,3	22,3	126,7	4,09	89,2	89,8	2,89
Total	--	--	--	--	--	2.682,5	--	251,0	1.651,8	--	--	1.392,6	--
Pro- medio	27,14	16,99	22,29	--	--	--	--	20,9	137,6	4,52	87,7	116,0	3,81

Fuente: Observatorio Meteorológico del IICA-CTEI, Turrialba (38).

(1944-1970), es de 2.682,5 mm y la media mensual es de 223,5 mm. La media mensual de humedad relativa, para 13 años de observaciones (1958-1970), es de 87,7 por ciento. La precipitación media mensual está en relación directa a la humedad relativa e inversamente a la temperatura.

La evapotranspiración media anual, promedio de 13 años (1958-1970), para la superficie libre de agua, medida con evaporígrafo de plato firme, es de 1.392,6 mm, este valor es altamente excedido por la precipitación anual; el exceso es de 1.289,9 mm por año o de 105,5 mm por mes.

El promedio mensual de brillo solar es de 137,6 horas de sol y la media diaria de 4,52 horas de sol.

La estación seca de la región comprende los meses de febrero, marzo y abril y es cuando la evaporación excede a la precipitación en 28,7 mm, a razón de 9,6 mm por mes. En el resto del año (9 meses), las lluvias sobrepasan a la evaporación en 1.318,6 mm, a un rango de 146,5 mm por mes, lo cual es suficiente para garantizar y mantener una fuerte lixiviación en los suelos, a la vez que favorece los procesos de hidrólisis (26).

El Cuadro 2 contiene datos de precipitación media mensual, temperatura media máxima y mínima y temperatura media mensual, así como también la evapotranspiración potencial promedio mensual calculada según la fórmula de Holdridge: $E = 0,197 T$ (estos datos corresponden al período de 1952-1961), de la finca experimental La Lola (54). De acuerdo con estos datos, el clima es caliente y húmedo durante casi

Cuadro 2. Clima de la finca La Lola, 1952-1961*.

Mes	Temperatura °C			Fluctua- ción	Precipitación mm		Horas de sol	Evapotranspiración potencial mm	Exceso de lluvia
	Máx. prom.	Mín. prom.	Media		Media mensual (mm)	Media diaria			
E	28,8	19,4	24,1	9,4	448	4,6	188	260	
F	29,0	19,4	24,2	9,6	288	5,3	192	96	
M	29,6	19,9	24,7	9,7	276	5,0	196	80	
A	30,3	20,5	25,4	9,8	268	5,0	200	68	
M	30,7	21,5	26,1	9,2	424	4,4	204	220	
J	30,7	21,5	26,1	9,2	464	3,7	204	260	
J	30,0	21,3	25,6	8,7	604	3,6	200	404	
A	30,3	21,3	25,8	9,0	440	4,5	204	236	
S	31,1	21,0	26,0	10,1	204	5,3	204	00	
O	30,5	21,0	25,7	9,5	364	4,3	204	160	
N	29,7	20,9	25,3	8,8	496	4,5	200	296	
D	29,0	20,2	24,6	8,8	752	4,1	192	560	
Total	--	--	--	--	5.028	--	2.388	2.640	
Pro- medio	30,0	20,7	25,3	9,3	--	4,5	---	---	

* Datos de J. Soria (54).

todo el año, con solo un mes (setiembre) en el que la precipitación no supera a la evapotranspiración potencial. El período diario de horas de sol (promedio mensual) es también corto (Cuadro 2) debido a la presencia de nubes. El valor es de aproximadamente el 37 por ciento de la duración máxima diaria de sol para 10°N de latitud, que es la que corresponde a la finca.

Según Holdridge (30), es propia del bosque premontano muy húmedo, que ocurre entre los 500 y 1.500 m sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 18 a 24°C y una precipitación anual entre 2.000 y 4.000 mm.

3.1.2 Vegetación

El bosque primario ha tenido indudablemente, muchas especies de los géneros Cedrela y Simaruba en su composición, pero es dudoso decir cuál fue la especie dominante. Simaruba es dominante en el bosque secundario (49). Las especies arbóreas, encontradas por Reark, indican que el bosque primario fue alto en los alrededores de Turrialba; de ello dan fé algunos géneros como: Ceiba, Cedrela, Chatoptelea y Engelhardtia (alcanzan 30 m de altura).

Según el mapa de Formación Vegetal de Costa Rica de Holdridge (31), el tipo de vegetación que originalmente cubrió el litoral y al mismo tiempo la finca La Lola, fue bosque tropical húmedo, consistiendo de árboles altos de hoja ancha, con un segundo estrato de árboles más pequeños formando una cubierta espesa. Las especies principales de árboles altos son: laurel (Cordia alliodora (Ruíz & Pav.) Cham), ceiba (Ceiba pentandra L), sandbox (Hura crepitans L.), hule silvestre,

(Castilloa mexicana Cerv.), guaba (*Inga* spp.) y poró (*Erythrina* spp.). También se encuentran lianas y epífitas que incluyen orquídeas y bromeliáceas (54).

3.1.3 Los suelos del IICA-CTEI

Según Aguirre (2), los suelos y las condiciones de las tierras que se encuentran en el área del CTEI, han sido clasificadas en 13 unidades cartográficas, que comprenden siete series, cinco fases de suelos y una parte de suelos misceláneos.

3.1.3.1 Serie La Margot, fase normal (LM)

Los suelos de esta serie se encuentran ubicados en terrenos de topografía plana a casi plana, presentan pendientes que varían de 1 a 4 por ciento, pudiendo elevarse este porcentaje en zonas próximas al río Reventazón. En algunos sitios, y en forma bastante dispersa, se presentan microrelieves constituidos por pequeños montículos, con abundante material grueso y piedras que hacen al suelo más delgado, o depresiones que presentan síntomas de drenaje deficiente, que se evidencia por moteados y tabla de agua al metro de profundidad (2).

Los lugares de plantación que presentan esta serie son: a) Arboretum Viejo; b) La Isla; y c) Puente Cajón.

Por el análisis del perfil puede notarse que los horizontes superficiales empiezan a tener una diferenciación genética por haber estado expuestos sus materiales a la acción de la meteorización y a los procesos de eluviación e iluviación (2).

La presencia de gravas, piedras y fragmentos rocosos, en avanzado

estado de meteorización, dentro del perfil, es variable, pero generalmente el contenido es mayor con la profundidad.

Las propiedades físicas y químicas de la serie, se describen en los Cuadros 3 y 4 (2). La densidad de las partículas alcanzan valores moderadamente superiores al valor promedio de 2,65 g/cc; la densidad aparente es baja; pero aún se encuentra dentro de los valores asignados a los suelos minerales, se incrementa con la profundidad, posiblemente debido a la disminución del contenido de materia orgánica, aumento de la compactación del suelo y a la presencia de óxidos de hierro (2). La aparente baja densidad y el moderado contenido de arcilla hacen que estos suelos tengan una porosidad adecuada, que se incrementa con la profundidad, y una mediana retención gravimétrica y agua disponible para las plantas.

Los rasgos para materia orgánica son medianamente altos (Cuadro 5) y decrecen con la profundidad; el contenido de nitrógeno total es alto en la superficie y disminuye en profundidad, así como los valores para la relación C/N (Cuadro 5).

La capacidad de intercambio de cationes permanece más o menos estable en todos los horizontes, por el equilibrio que presentan la disminución paulatina de la materia orgánica y el contenido más o menos uniforme de las otras bases de cambio, en relación a la profundidad del perfil.

De acuerdo con la clasificación de los suelos por su capacidad de uso (2), los suelos de la Serie La Margot, fase normal, están dentro de las "tierras aptas para cultivos y ganadería en pastos cultivados", o sea, que los suelos poseen limitaciones moderadas y una

Cuadro 3. Características físicas de los suelos de la Serie La Margot, fase normal*.
Perfil 10.

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimétrica	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural	
						Arena	Limo Arcilla		
---cm---		----- gr/cc -----		----- % -----					
A _p	0-20	1.10	2.6	33.59	57.69	23.00	42.00	35.00	Franco arcilloso
A ₃	20-40	1.24	2.7	40.62	54.24	15.80	26.20	58.00	Arcilloso
BC	40-63	1.14	2.7	49.12	53.09	25.00	30.00	45.00	Arcilloso
C ₁	63-98	1.06	2.7	52.87	60.74	27.20	31.90	40.90	Arcilloso
C ₂	98-115	1.06	2.9	57.50	63.57	29.50	30.60	39.90	Franco arcilloso

Profundidad	Retención de humedad		Hum. volu-métrica		Espacio aéreo		Agua disponible						
	bar	%	bar	%	bar	%	bar	%					
0,1 bar	0,33	1,0	0,1	0,33	0,1	0,33	0,33 y 15 bares)	Agua fácilmente disponible (0,33 y 15 bares)					
0-20	39.47	37.80	36.73	35.29	33.05	31.91	31.13	43.42	41.58	14.27	16.11	6.67	4.75
20-40	40.62	39.90	39.21	36.17	33.01	31.42	29.70	50.37	49.48	3.87	4.76	10.20	6.89

* Datos de Aguirre (2).

Cuadro 4. Características químicas de los suelos de la Serie La Margot, fase normal*.
Perfil 10.

Horizonte	Prof. cm	H ₂ O	pH	CaCl ₂	M.O.	C	N	C/N	P disponible
A _p	0-20	5,3	4,5	6,66	3,84	0,35	11,0	2,15	
A ₃	20-40	5,4	4,6	3,34	1,94	,13	14,9	0,90	
BC	40-63	5,3	4,7	2,13	1,23	,06	20,5	2,20	
C ₁	63-98	5,4	4,5	1,53	,88	,05	17,6	1,72	
C ₂	98-115	5,2	4,4	1,53	,88	,04	22,0	2,27	

C.I.C.	Bases Cambiables				S.B.	Relaciones				
	Ca	Mg	K	Na		Mn	K/Na	Ca/Mg	Mg/k	
-----	meq/100 g de suelo	-----	%	-----						
41,07	4,66	1,49	0,69	0,41	0,09	18,76	1,7	3,1	2,1	8,9
56,68	4,50	1,12	,13	,21	,01	11,29	,6	4,0	8,6	43,2
46,90	4,22	1,96	,48	,22	,01	14,70	2,2	2,1	2,0	12,9
46,74	3,57	2,08	,40	,33	,01	13,68	1,2	1,7	2,2	14,1
48,31	3,36	2,08	,45	,28	,01	12,79	1,6	1,6	1,9	12,1

* Datos de Aguirre (2).

Cuadro 5. Patrones estándares de comparación para las características químicas de los suelos del IICA-CTEI.*

pH	M.O. total	N	C/N	C.I.C.	Bases cambiabiles				S.B. dispon.MG	P	Ca	$\frac{Mg}{K}$	$\frac{Ca + Mg}{K}$
					Ca	Mg	K	Ca					
	----- % -----			----- meq/100 g suelo -----					%	ppm			
Alto	7,5	0,35	11,5	-	24,0	6,0	0,55	-	120	-	-	55,0	
Medio	6,5	3,3	9,5	-	12,0	3,0	0,35	-	60	4,0	8,0	43,0	
Bajo	5,0	0,6	7,5	-	4,0	1,0	0,20	-	20	-	-	25,0	

* Datos de Hardy (26).

Donde: M.O. = Materia orgánica
 C.I.C. = Capacidad de intercambio de cationes
 S.B. = Suma de bases

aptitud mediana para los cultivos agrícolas y pastos cultivados.

En los suelos de esta clase se han observado cuando menos uno de los siguientes factores limitantes o una combinación de ellos:

- a) Nivel freático fluctuante entre 0,40 y 1,20 m, que se eleva en épocas lluviosas.
- b) Moderada susceptibilidad a la erosión hídrica.
- c) Profundidad del suelo de moderada a superficial.
- d) Humedad corregible por drenaje, pero existiendo limitaciones permanentes en forma moderada.

La aplicación de fertilizantes es indispensable en la mayoría de los suelos de esta clase para obtener buenos resultados.

3.1.3.2 Fase: La Margot coluvial (LM cl.)

Los suelos de esta fase son semejantes a los de la fase normal. Se sitúan en zonas de topografía ondulada con pendientes que varían de 3 a 6 por ciento. En su superficie se encuentran piedras y fragmentos rocosos que cubren aproximadamente el 10 por ciento del área, a la vez que mezclas de materiales de origen coluvial reciente, provenientes de laderas vecinas pertenecientes a la serie Colorado (2).

La cantidad de piedras en la superficie y en el perfil pueden impedir el uso de maquinarias a excepción de máquinas livianas y herramientas manuales.

El drenaje es de bueno a excesivo.

El lugar de plantación en estudio, que presenta esta fase es Florencia Sur.

Las propiedades físicas y químicas de la fase, se describen en los Cuadros 6 y 7. Como ya se mencionó anteriormente, esta fase posee características muy similares a la serie y sus diferencias pueden apreciarse en que poseen un contenido menor de materia orgánica y su distribución no es tan profunda (2).

De acuerdo con la clasificación de los suelos por su capacidad de uso (2), la fase La Margot coluvial, está dentro de las "tierras aptas para cultivos, pastos, lotes de árboles y pastoreo extensivo", o sea, que los suelos poseen severas limitaciones que dificultan el cultivo o requieren prácticas especiales de conservación, o ambas al mismo tiempo.

Los factores adversos que causan limitaciones, de estos suelos, pueden ser:

- a) Pendientes moderadamente elevadas.
- b) Susceptibilidad a la erosión, o efectos severos de pasadas erosiones.
- c) Peligros de encharcamientos o con agua superficial, en gran parte del año.
- d) Pedregosidad o rocosidad superficial, o en el perfil, que hacen impráctico el uso de maquinarias agrícolas, o impiden el buen desarrollo de las raíces.

El manejo de estos suelos debe ser cauteloso, tratando de seleccionar cultivos perennes (café, caña de azúcar) donde las condiciones topográficas no sean muy severas y las plantaciones forestales o pastizales, para pastoreo extensivo, donde la topografía tenga características más desfavorable.

Cuadro 6., Características físicas de los suelos de la Serie La Margot, fase coluvial. Perfil 23.*

Horizontes	Profundidad	Densidad aparente	Densidad partículas	Humedad gravimét.	Porosidad	Distrib. de partículas		Clase textural
						Arena	Limo Arcilla	
	--cm--	-----	gr/cc	-----	-----	-----	%	-----
AP ₁	0-12	1,01	2,6	30,36	61,45	28,20	36,90	34,90 Franco arcilloso
AP ₂	12-35	1,31	2,7	38,57	51,30	27,00	31,00	42,00 Arcilloso
BC	35-60	1,27	2,7	38,93	53,48	24,60	27,20	48,20 Arcilloso
C ₁	60-90	1,24	2,7	42,51	54,74	25,20	25,40	49,40 Arcilloso
C ₂	90-120	1,21	2,7	43,38	55,84	31,40	25,30	43,30 Arcilloso

Profundidad	Retención de humedad		Hum. volumét.		Espacio aéreo		Agua disponible		
	0,1 bar	0,5 bar	1,0 bar	5,0 bares	10,0 bares	15,0 bares	0,1 bar	0,33 bar	
cm	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	%	-----	cc agua/100 S.	-----	%	-----	-----	-----
0-12	43,95	42,80	41,58	38,20	35,71	35,44	34,83	44,39	43,23
12-35	39,60	37,30	34,82	34,65	33,98	32,00	29,46	51,88	48,86
								0,00	6,44
								17,06	18,18
								7,97	7,09
								7,84	3,32

* Datos de Aguirre (2)

Cuadro 7. Características químicas de los suelos de la Serie La Margot, fase coluvial. Perfil 23*.

Hori- zonte	Prof.	H ₂ O	pH	CaCl ₂	M.O.	C	N	C/N	P
	cm				----- % -----				ppm
Ap ₁	0-12	4,4	3,8	3,78	2,19	0,27	8,1	23,10	
Ap ₂	12-35	5,0	4,5	1,02	,59	,16	3,7	2,35	
BC	35-60	5,7	5,3	,11	,06	,05	1,2	1,20	
C ₁	60-90	5,3	4,7	Tr**	-	,04	-	5,28	
C ₂	90-120	5,5	4,6	Tr**	-	,03	-	1,23	

C.I.C.	Bases cambiables				S.B.		Relaciones				
	Ca	Mg	K	Na	Mn		K/Na	Ca/Mg	Mg/K	Ca + Mg K	
-----	meq/100 g de suelo				-----	%					
38,90	0,33	0,62	0,79	0,13	0,11	5,29	6,1	0,5	0,8	1,2	
39,78	2,02	1,03	,63	0,16	,02	10,81	3,9	1,9	1,6	4,8	
38,74	2,74	1,66	,18	,13	,01	13,94	1,4	1,6	9,2	24,4	
45,90	1,97	1,72	,24	,18	,01	10,40	1,3	1,1	7,2	15,4	
48,28	1,40	2,73	,14	,17	,01	10,79	,8	,5	19,5	29,5	

* Datos de Aguirre (1).

**Tr - Tropepts (suborden de la fase)

3.1.3.3 Suelos misceláneos

Se agrupan aquí a todos aquellos suelos que se encuentran localizadas en laderas montañosas de los ríos Reventazón, Turrialba y sus afluentes, con declive cóncavo, relieve escarpado y pendientes mayores de 50 por ciento. Son suelos muy superficiales y heterogéneos con severa erosión y piedras, aflorando en varios puntos la roca madre (2).

Según Hardy (27), el material parental, de estos suelos, es aglomerado del Plioceno inferior y caen dentro del grupo de litosoles.

Estos suelos están expuestos a un rejuvenecimiento constante por la acción de la erosión, por tal razón son poco desarrollados. El lugar de plantación en estudio, que presenta este tipo de suelo es Bajo Chino.

De acuerdo con la clasificación, de los suelos por su capacidad de uso (2), los suelos misceláneos están dentro de "tierras aptas para pastoreo, lotes de árboles, vida silvestre y en menor proporción, cultivos agrícolas", o sea, que los suelos poseen limitaciones muy severas que limitan la elección de cultivos, a la vez que requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación de suelos.

Los factores adversos son característicos permanentes, y entre ellos pueden enunciarse a los siguientes:

- a) Pendiente muy pronunciada.
- b) Susceptibilidad a la erosión, severa o muy fuerte.
- c) Erosiones pasadas de severos efectos.
- d) Suelos superficiales, muchas veces pedregosas o con afloramientos de la roca madre.

Los suelos de esta clase pueden ser usados en pastoreo donde las condiciones topográficas lo permitan, evitando el sobrepastoreo y manteniendo el suelo bajo cubierta vegetal para disminuir los peligros de erosión. Donde la vegetación natural es de bosque, puede resultar mejor mantenerla para la explotación racional de maderas, a la vez que renovar el bosque con plantaciones de especies que tengan mayor valor forestal.

3.1.4 Los suelos de la finca La Lola

Bazán (5) y Hardy (26) han efectuado estudios de los suelos de la finca La Lola. Según Bazán, en La Lola se pueden diferenciar siete clases de suelos, clasificados con base en la textura y la presencia o ausencia de una capa de piedras. En el Cuadro 8 se detallan dichas clases de suelos. A continuación se ofrece un resumen de la descripción de los 20 perfiles de suelos:

a) Textura: En los suelos de la finca La Lola predomina la textura fina. Aproximadamente el 69,1 por ciento del área total está ocupada por los suelos del grupo Arcillo-limoso (Clase 1, 2 y 3); aproximadamente el 21,3 por ciento, por suelos del grupo Arena Gruesa (Clases 6 y 7) y un 9,6 por ciento, por suelos del grupo Arcillo-limoso sobre Arcillo-arenoso (Clases 4 y 5).

b) Piedras y cantos rodados: Aproximadamente un 92,7 por ciento del área total de la finca está afectada por una capa de piedras y cantos. De esta área, el 47 por ciento tiene esa capa entre 90 y 180 cm (36-72") de profundidad (Clases 2, 5 y 6) y el 53 por ciento la tiene entre 30 y 90 cm (12-36") de profundidad (Clases 3 y 7). Sólo

Cuadro 8. Características físicas de los suelos de la finca La Lola, según la clasificación de Bazán (5).

Clase	Textura y/o Estructura	Tipo de Drenaje	Profundidad de la capa de piedras
1	Granular, agregados finos (Pseudoarena)	Imperfecto	Ausente
2	" "	"	90 - 180 cm
3	" "	"	30 - 90 cm
4	Arcillo-limoso sobre arcillo-arenoso	Imperfecto o impedido	Ausente
5	" "	"	90 - 180 cm
6	Mono-granular; arena gruesa, suelta	Libre	90 - 180 cm
7	" "	"	30 - 90 cm

en un 7,3 por ciento del área total, no hay piedras y cantos dentro de la profundidad examinada (Clases 1 y 4). Por tanto, gran parte de la finca se encuentra sobre una capa de piedras y cantos a profundidades variables. El grosor de dicha capa es probablemente mayor de 60 cm (24"), de acuerdo con las observaciones hechas en los diferentes perfiles. La presencia de piedras y cantos también se nota en la superficie del terreno, en donde una faja en forma de S que corre en dirección noreste a través de la finca, y posiblemente representa al antiguo cauce de un río que pudo haber atravesado la finca, como parte del amplio sistema de ríos del litoral Atlántico.

Con respecto al estado nutritivo de los suelos de La Lola, los resultados del análisis químico de las muestras de suelo de los primeros 30 cm (12") de profundidad, indican que, excepto para nitrógeno total y fósforo disponible, el nivel de fertilidad es adecuado y, de acuerdo con los patrones de comparación del Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad), los suelos de La Lola pueden considerarse como Clase I en cuanto a sus posibilidades para la producción de cacao se refiere.

3.1.4.1 Descripción de las parcelas estudiadas

La finca se encuentra dividida en 27 secciones rectangulares de 100 m de ancho y 500 m de largo en la parte oeste (Secciones 1 al 10) y de 400 m de largo en la parte este (Secciones 11 al 27). Según el Programa Experimental de la finca La Lola, está compuesta de 18 experimentos y las especies en estudio coincidieron en el experimento 8 que está situado en la parte sudeste de la Sección 9. Desde luego, las condiciones de suelo de cada sección no son uniformes, por lo que se determinó con base en los mapas de clases de suelo de la finca (5), las áreas de diferentes clases de suelo que ocupa el experimento 8, datos que se presentan en el Cuadro 9.

Este experimento 8 fue iniciado en 1959 e incluye 25 clones de cacao, plantados en un diseño de látice cuadruple para comparación de rendimientos de clones UD, CC y R de cacao. La plantación de cacao fue hecha bajo sombra y se utilizó principalmente Pithecellobium saman (54).

Cuadro 9. Características físicas de las parcelas de Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier y Pithecellobium saman (Jacq.) Benth en La Lola*.

Especie	Sección	Superficie (ha)	Clases de suelo	
			2	5
1. <u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	9	0,0450	100,00	---
2. <u>Pithecellobium saman</u>	9	1,7400	83,33	16,67

* Medidas con planímetro en los mapas de Bazán (5).

Se eligieron ocho especies forestales tropicales, por su importancia como maderas valiosas y ellas son:

1. Amyris barbata Lundell
2. Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels
3. Carapa guianensis Aubl.
4. Colubrina arborescens (Mill.) Sarg.
5. Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier
6. Dalbergia retusa Hemsl.
7. Guarea longipetiola C. DC.
8. Pithecellobium saman (Jacq.) Benth

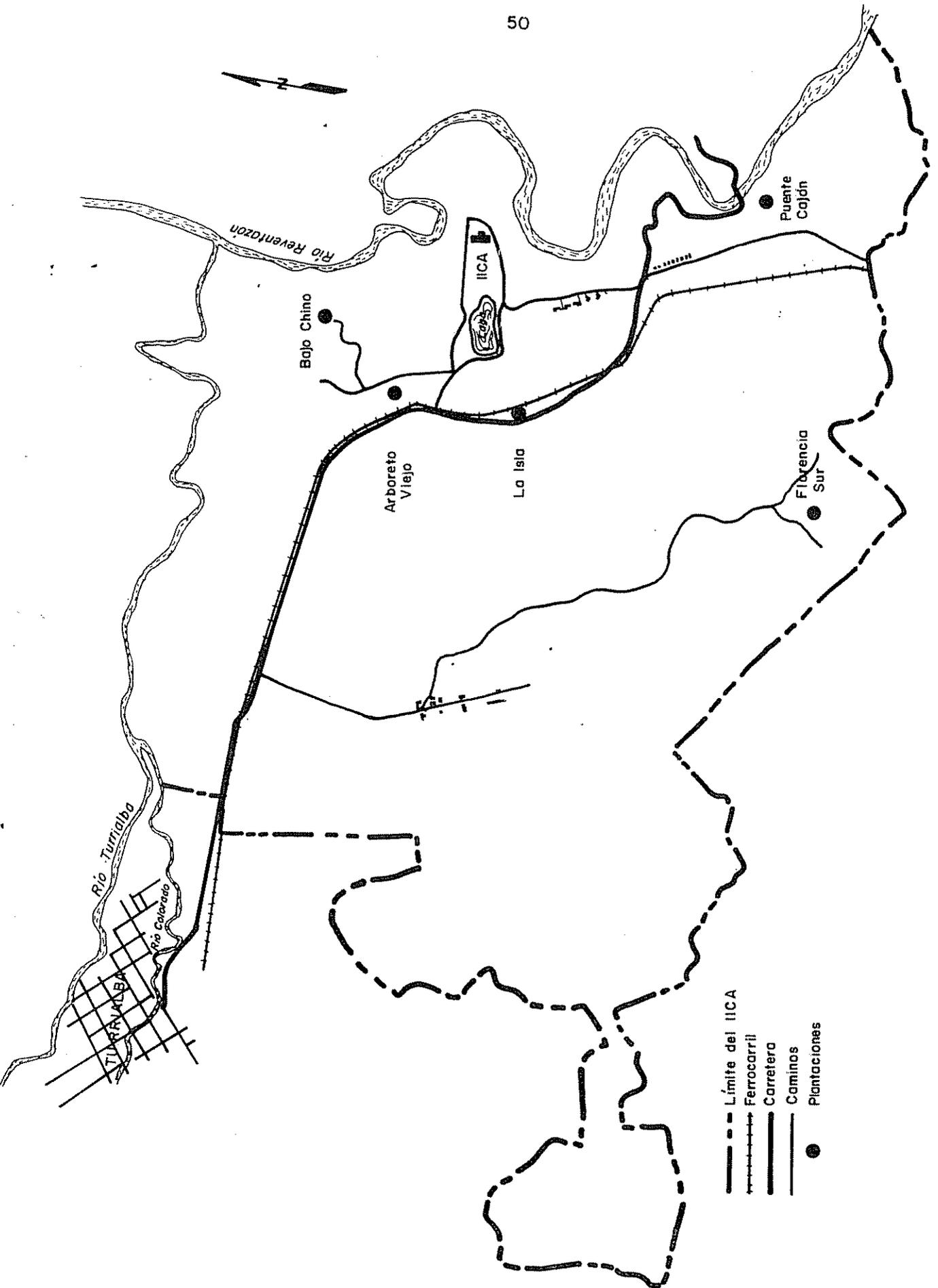


Fig. 1 Localización de las plantaciones en estudio en el IICA - CTEI, Turrrialba, Costa Rica

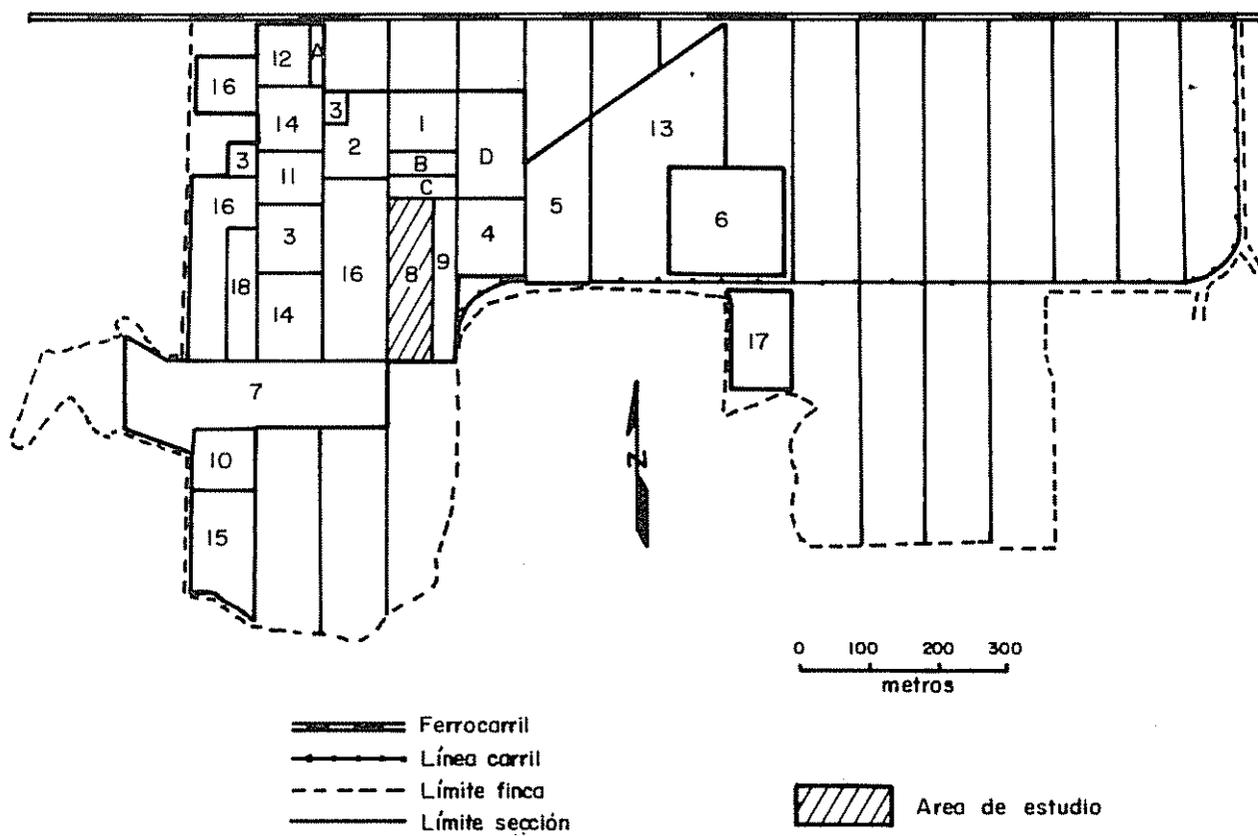


Fig. 2 Mapa del área experimental de la finca La Lola

Cuadro 10. Especies estudiadas y datos de las plantaciones.

Lugar	Especie	Area (m ²)	Distanciamiento (m)	Nº de árbo.	Año de plantación
Bajo Chino	<u>Dalbergia</u> <u>cubilquitzensis</u>	320,0	4,0 x4,0	19	Setiembre 1959
La Isla	" "	262,50	2,5 x2,5	22	1949
Arb. Viejo	" "	210,18	3,5 x4,0	12*	1955
Arb. Viejo	" "	768,00	4,0 x4,0	27	1960
La Lola	" "	450,00	5,0 x6,0	10*	1954
Arb. Viejo	<u>Dalbergia</u> <u>retusa</u>	426,00	3,5 x4,0	19*	1955
La Isla	<u>Anacardium</u> <u>excelsum</u>	554,30	3,0 x3,0	30	1949
Arb. Viejo	<u>Pithecellobium</u> <u>saman</u>	404,25	3,5 x3,5	17	1949
La Lola	" "	17.400,00	10,0 x12,0	107	1959
Arb. Viejo	<u>Colubrina</u> <u>arborescens</u>	256,00	4,0 x4,0	13	1962
Flor. Sur	" "	180,00	2,5 x3,0	23	10 Octubre 1967
Pte. Cajón	" "	180,00	2,5 x3,0	12*	15 Octubre 1967
Arb. Viejo	<u>Amyris</u> <u>barbata</u>	224,00	3,5 x4,0	15	1962
Arb. Viejo	<u>Carapa</u> <u>guianensis</u>	192,00	4,0 x4,0	11	1966
Arb. Viejo	<u>Guarea</u> <u>longipetiola</u>	224,00	3,5 x4,0	16	1962

* Los fustes se ramificaban por debajo del DAP. Se tomó en cuenta sólo los pies por ser menos variable y más controlable, para determinar: supervivencia, m³/ha y número de árboles por hectárea.

3.2 Selección de muestras

En cada una de las plantaciones, se seleccionaron uno o dos árboles, según el número de árboles de cada lote, que tuvieran el "diámetro cuadrático medio" y la "altura media simple" más próximo, cuyas fórmulas son las siguientes:

$$\text{Diámetro cuadrático medio} = \bar{D} = \sqrt{\frac{D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + \dots + D_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum D_i^2}{n}}$$

$$\text{Altura media simple} = \bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n}{n} = \frac{\sum L_i}{n}$$

Se eligió la "altura media simple" por tratarse de poca variación en cuanto a los diámetros, por ser una misma plantación.

El objeto de esta selección del árbol representativo del lote era con el fin de determinar el factor volumétrico de forma (factor mórfico) y así poder determinar el volumen total o comercial de cada uno de los árboles y finalmente el volumen total o comercial por hectárea. La cubicación de estos árboles se hizo por la fórmula de Smalian (7).

3.3 Variables medidas

1) Diámetro a la altura del pecho (DAP), medidos con una cinta diamétrica de tela marca Stewe, de todos los árboles que tenían más de 10 cm. En plantaciones muy jóvenes se midieron todos los árboles sin tener en cuenta el límite de 10 cm con el fin de poder comparar sitios.

2) Alturas totales y comerciales, medidos con el Hip=ómetro de Haga (7) con aproximación a decímetros, tanto de árboles con más de 10 cm como los de menos de 10 cm. La altura comercial o aprovechable, se determinó que sería hasta la primera rama u hoja viva o bifurcación del tallo principal.

3) Diámetro de copa, medido con una cinta métrica en dos direcciones perpendiculares. Se midió el diámetro de la proyección de la copa sobre el suelo.

4) Grosor de corteza, tomada con medidor de corteza a 1,30 m sobre el suelo.

5) La forma del árbol: se trabajó con el factor volumétrico de forma (f).

$$f = \frac{\text{Volumen del árbol}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

donde: f = factor volumétrico de forma

Para el "f", se utilizó el "f comercial" con area basal a 1,30 m y L = altura comercial, para todas las especies en estudio, a excepción de Colubrina arborescens de Florencia Sur y Puente Cajón y Carapa guianensis del Arboretum Viejo, en que se utilizó el "f a la altura del pecho" con area basal a 1,30 m del suelo y L = altura total, por ser plantaciones jóvenes y no alcanzan el límite comercial de 10 cm de diámetro al DAP.

6) Anillos de crecimiento, a 1,30 m sobre el suelo, con el fin de intentar estimar la edad del árbol, usando el Barreno de Pressler (7).

7) Aspecto fitosanitario: observación de plagas y enfermedades.

8) Espacio Vital: para determinar el área de las plantaciones. Se define como la media que existe entre distanciamiento entre árboles y entre líneas, para sumarla a los extremos de los árboles que están en los vértices del área. Se midió con cinta métrica.

9) Diámetro de corazón, medido con regla graduada hasta milímetros en uno de los extremos de las trozas, a cada metro, en los árboles que se estaban cubriendo por la fórmula de Smalian. Esto se hizo en dos especies: Dalbergia cubilquitzensis y Dalbergia retusa.

3.4 Análisis de la información

3.4.1 Relación edad-altura total

Para esta relación se utilizaron los datos tomados para la especie Carapa guianensis, ubicado en el Arboretum Viejo, de acuerdo con los datos obtenidos para 12, 36 y 72 meses de edad. Para establecer esta relación se usó la ecuación con mejor ajuste. Se utilizaron cuatro modelos lineales que son:

$$y = b_0 + b_1X \quad (\text{Lineal})$$

$$y = b_0 X^{b_1} \quad (\text{Logarítmica})$$

$$y = b_0 b_1^X \quad (\text{Geométrica})$$

$$y = b_0 + b_1X + b_2X^2 \quad (\text{Cuadrática})$$

donde: y = altura en metros

X = edad en meses

b_0, b_1, b_2 = coeficientes o parámetros de las ecuaciones

3.4.2 Relación diámetro-corazón

Se ajustaron los modelos citados en el ítem anterior, para ver cuál de ellos se comportaba mejor. Para este caso, se consideró el corazón como variable dependiente (y) y el diámetro como variable independiente (X). Para esta relación, se utilizaron los datos tomados para las especies Dalbergia cubilquitzensis del Arboretum Viejo de las plantaciones de los años 1955 y 1960, de La Isla que se plantó en 1950, del Bajo Chino que se plantó en 1959 y La Lola que se plantó en 1954, y Dalbergia retusa del Arboretum Viejo que se plantó en 1955.

3.4.3 Relación DAP-altura total y altura aprovechable

Se aplicaron los mismos modelos que para el ítem 3.4.1, para ver cuál de estos modelos se ajustaba mejor a esta relación. Se consideró la altura total y aprovechable como variable dependiente (y) y al DAP como variable independiente (X). Para esta relación se utilizaron los datos de todas las plantaciones a excepción de Colubrina arborescens de Florencia Sur y Puente Cajón y Carapa guianensis del Arboretum Viejo para la relación DAP-altura aprovechable por ser plantaciones jóvenes y no alcanzaban todos los árboles el límite comercial de 10 cm de DAP.

3.4.4 Relación DAP-diámetro de copa

Se aplicaron los mismos modelos que para el ítem 3.4.1, para ver cuál de estos modelos se ajustaba mejor a esta relación. Para este caso, se consideraron el diámetro de copa como la variable dependiente (y) y el DAP como la variable independiente (X). Para este caso, se utilizaron los datos de todas las plantaciones y lugares de

estudio, a excepción de Dalbergia cubilquitzensis del Arboretum Viejo del año 1955 y La Lola, Dalbergia retusa del Arboretum Viejo y Colubrina arborescens de Puente Cajón, en que un mismo "pie" de árbol se ramificaba en varios fustes (1 hasta 6) por debajo del DAP; se consideró a cada uno de ellos como un árbol individual, para lo cual se siguieron dos métodos:

- a) Promediando el diámetro de copa entre el número de fustes o tallos, y
- b) Promediando el DAP entre el número de tallos.

Se trabajaron con los cuatro modelos lineales mencionados en el ítem 3.4.1, en cada uno de los métodos y se optó el que presentó un mejor ajuste, para esta relación.

3.4.5 Volumen de los árboles con corteza

Para la determinación de los volúmenes de los árboles con corteza, se requirió conocer primero el volumen exacto del árbol para lo cual se cubicó por la fórmula de Smalian el árbol apeado, que tuvo el diámetro cuadrático medio y la altura media simple en cada uno de los lotes de cada especie en estudio.

Una vez determinado el factor volumétrico de forma o factor mórfico (f), que es igual a la relación del volumen del árbol entre el volumen del cilindro, de cada uno de los lotes, se halló el volumen de cada uno de los árboles por la siguiente fórmula:

$$V_a = AB \times A_c \times f$$

donde: V_a = volumen comercial del árbol (madera+corteza+ramas)

AB = area basal calculada a base del DAP

Ac = altura comercial limitada por la primera rama
u hoja viva y por un diámetro de 10 cm en la
parte superior

f = factor mórfico

En los casos de las especies Colubrina arborescens tanto de Flo-
rencia Sur como de Puente Cajón y Carapa guianensis del Arboretum Vie-
jo, se trabajó con el volumen total y altura total (A_t), por ser plan-
taciones jóvenes y no alcanzar el límite de 10 cm en la parte superior.

En las especies Dalbergia cubilquitzensis y Dalbergia retusa, se
consideró el volumen de ramas que estuvieron dentro del límite de 10 cm
en la parte superior, por el uso que tienen como madera comercial.
Así también, en los lotes que existieron varios fustes en un árbol,
se hizo una interrelación entre el número de tallos por árbol y el
volumen comercial de la plantación, con el objeto de ver en qué momen-
to era necesario hacer raleos, podas, etc., y a qué distanciamiento
serían plantados esos árboles; para ésto se utilizaron los cuatro mo-
delos lineales descritos en el ítem 3.4.1.

3.4.6 Determinación del volumen de corteza

Para el cálculo del porcentaje del volumen de corteza,
se utilizó la fórmula: $V_c \% = (1 - K^2)100$

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

V_c = volumen de corteza en porcentaje

3.4.7 Relación DAP-volumen de corteza

Se aplicaron los mismos modelos que para el ítem 3.4.1, para ver cuál de estos modelos se ajustaba mejor a esta relación. Para este caso, se consideró el Vc% como la variable dependiente (y) y el DAP como la variable independiente (X). Para esta relación se utilizaron los datos de todas las plantaciones de todos los lugares.

Para todas las relaciones mencionadas en los ítems 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4 y 3.4.6, se usó el método de los "cuadrados mínimos" para estimar los coeficientes.

3.4.8 Crecimiento de las plantaciones

Para la determinación del "incremento o crecimiento medio anual" se relacionó el volumen total o comercial con corteza por hectárea de cada una de las plantaciones en estudio, entre la edad del rodal en años, mediante la siguiente fórmula:

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

donde: IMA = Incremento medio anual

4. RESULTADOS

4.1 Relación edad-altura total

Con el fin de observar la tendencia del crecimiento en altura, se estimaron las tasas de incremento, relacionando la edad y la altura. Después de probar algunas funciones de ajuste, se obtuvo que la ecuación geométrica describía mejor el comportamiento de la altura en función de la edad. En la Figura 3 se representa la relación edad y altura para la especie Carapa guianensis Aubl.

El coeficiente de regresión b_1 indica la tasa geométrica de crecimiento, o sea, la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo a razón de 1,045 m/mes. Esta relación se hizo para esta especie por tratarse de árboles jóvenes.

4.2 Relación diámetro-corazón

Para encontrar una relación entre el diámetro y el corazón de las especies Dalbergia cubilquitzensis y Dalbergia retusa, en las plantaciones en estudio, se utilizó la ecuación lineal, por presentar mayor bondad de ajuste. En la Figura 4 se observan las ecuaciones lineales utilizadas del tipo $y = b_0 + b_1X$, con sus respectivos coeficientes de determinación.

De las ecuaciones de la Figura 4, los coeficientes b_1 que indican el número de unidades que aumenta la variable dependiente al aumentar la variable independiente en una unidad, y son en todas positivas. Son más altas la de La Lola y Bajo Chino, 1,43 cm y 1,33 cm/centímetro de diámetro, en comparación con los demás lugares.

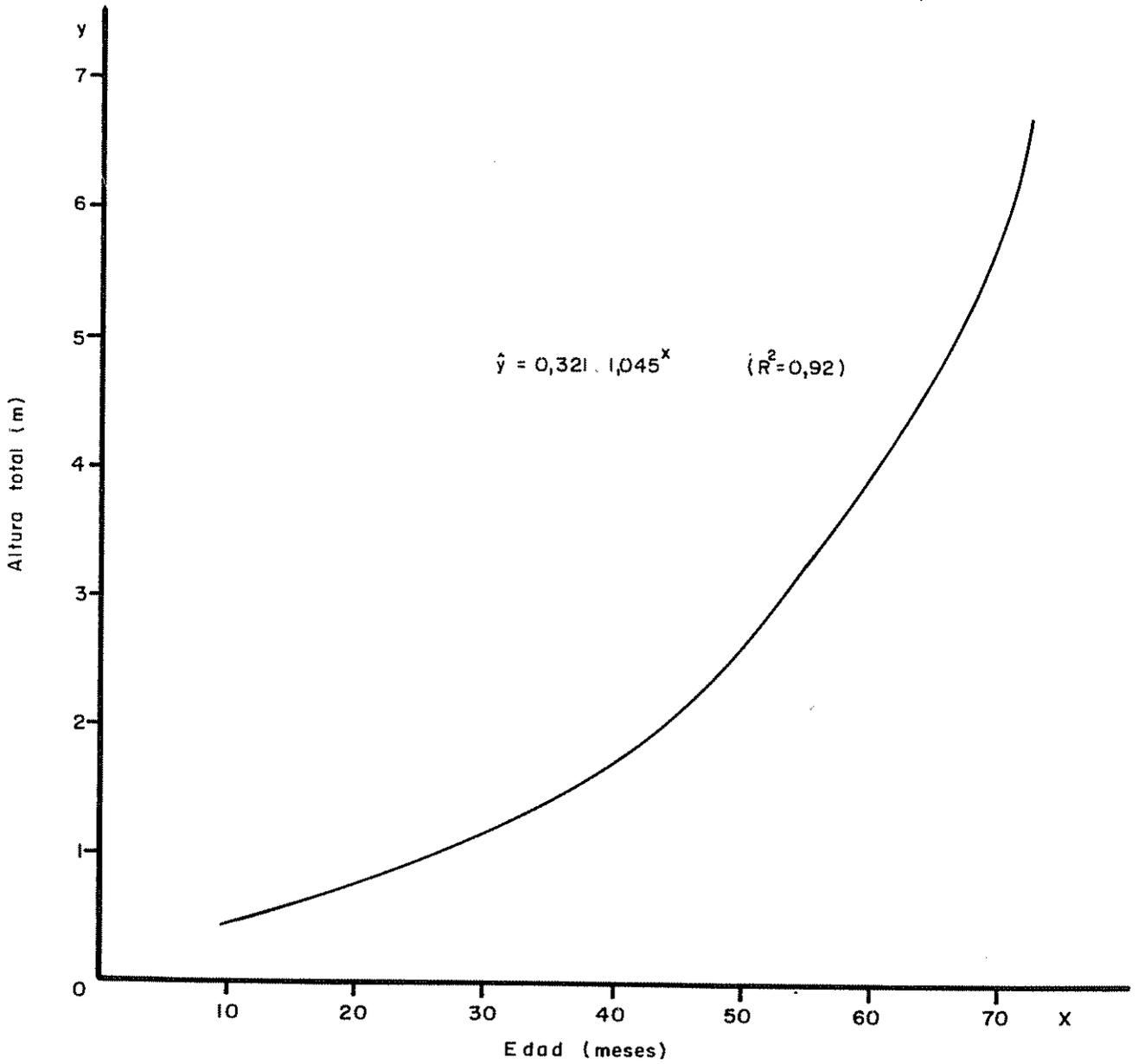


Fig. 3 Relación edad - altura en Carapa guianensis Aubl.

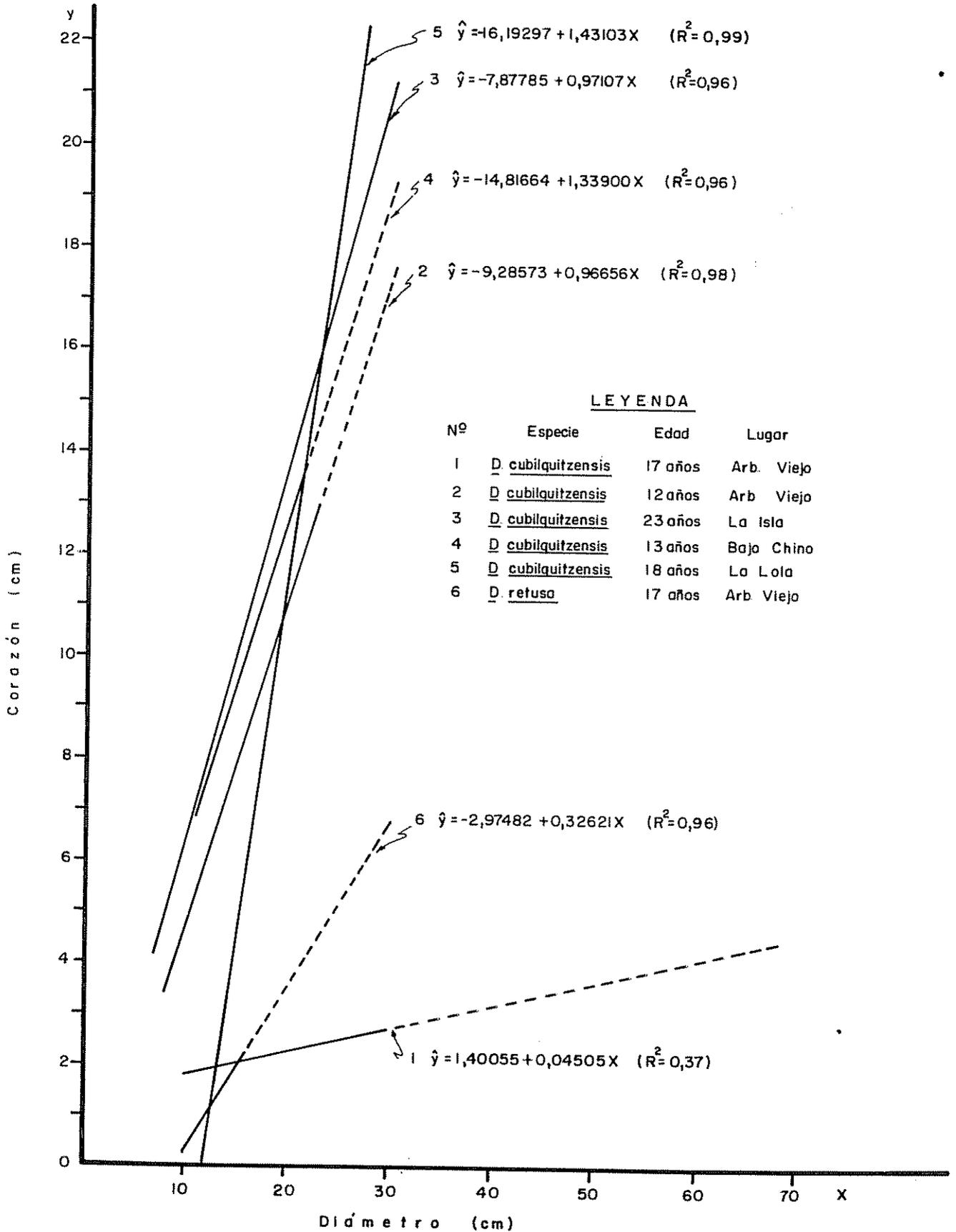


Fig. 4 Relación diámetro - corazón en Dalbergia cubilquitzensis (D Smith) Pittier y Dalbergia retusa Hemsl.

4.3 Relación DAP-altura total

Para estudiar la relación DAP-altura total de todas las plantaciones, se ajustó la ecuación logarítmica. En las Figuras 5, 6, 7 y 8, se observan las ecuaciones.

1) Amyris barbata Lundell. En la Figura 5 se observó la ecuación logarítmica utilizada para la relación DAP-altura total de la especie A. barbata. El coeficiente de regresión b_1 indica la tasa logarítmica de crecimiento, o sea, la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo a razón de 0,1479 m/cm de DAP.

2) Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels. En la Figura 5 se observa la ecuación logarítmica utilizada para la relación DAP-altura total de la especie A. excelsum. El coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, es a razón de 0,5716 m/cm de DAP.

3) Carapa guianensis Aubl. En la Figura 5 se observa la ecuación logarítmica utilizada para relación DAP-altura total de C. guianensis. El coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, es a razón de 0,8798 m/cm de DAP.

4) Colubrina arborescens (Mill) Sarg. En la Figura 6, se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas para la relación DAP-altura total, con sus respectivos coeficientes de determinación en cada caso, en tres lugares de plantación: Arboretum Viejo, Florencia Sur y Puente Cajón.

En las ecuaciones de la Figura 6, los coeficientes b_1 que indican la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, son más altas para las plantaciones de Florencia Sur y Puente Cajón, 0,679 m y

0,677 m/cm de DAP y más bajo el del Arboretum Viejo con sólo 0,154 m/cm de DAP.

5) Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier. Las ecuaciones logarítmicas utilizadas para la relación DAP-altura total, con sus respectivos coeficientes de determinación en cada caso y en cuatro lugares de plantación: Arboretum Viejo, La Isla, Bajo Chino y La Lola, se muestran en la Figura 7.

De las ecuaciones de la Figura 7, los coeficientes b_1 son tasas logarítmicas que indican la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, son más altas para las plantaciones del Arboretum Viejo, 0,988 m y 0,975 m/cm de DAP a los 17 y 12 años de edad respectivamente y más bajo para la plantación del Bajo Chino, 0,353 m/cm de DAP a los 13 años de edad.

6) Dalbergia retusa Hemsl. En la Figura 7 se encuentra la ecuación logarítmica para la relación DAP-altura total, con su respectivo coeficiente de determinación para D. retusa del Arboretum Viejo.

De la ecuación 6, de la Figura 7, el coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, es a razón de 0,3586 m/cm de DAP.

7) Guarea longipetiolata C. DC. En la Figura 5, se observa la ecuación logarítmica para la relación DAP-altura total de G. longipetiolata del Arboretum Viejo. El coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento, es a razón de 0,5180 m/cm de DAP.

8) Pithecellobium saman (Jacq.) Benth. En la Figura 8, se encuentran las ecuaciones logarítmicas para la relación DAP-altura

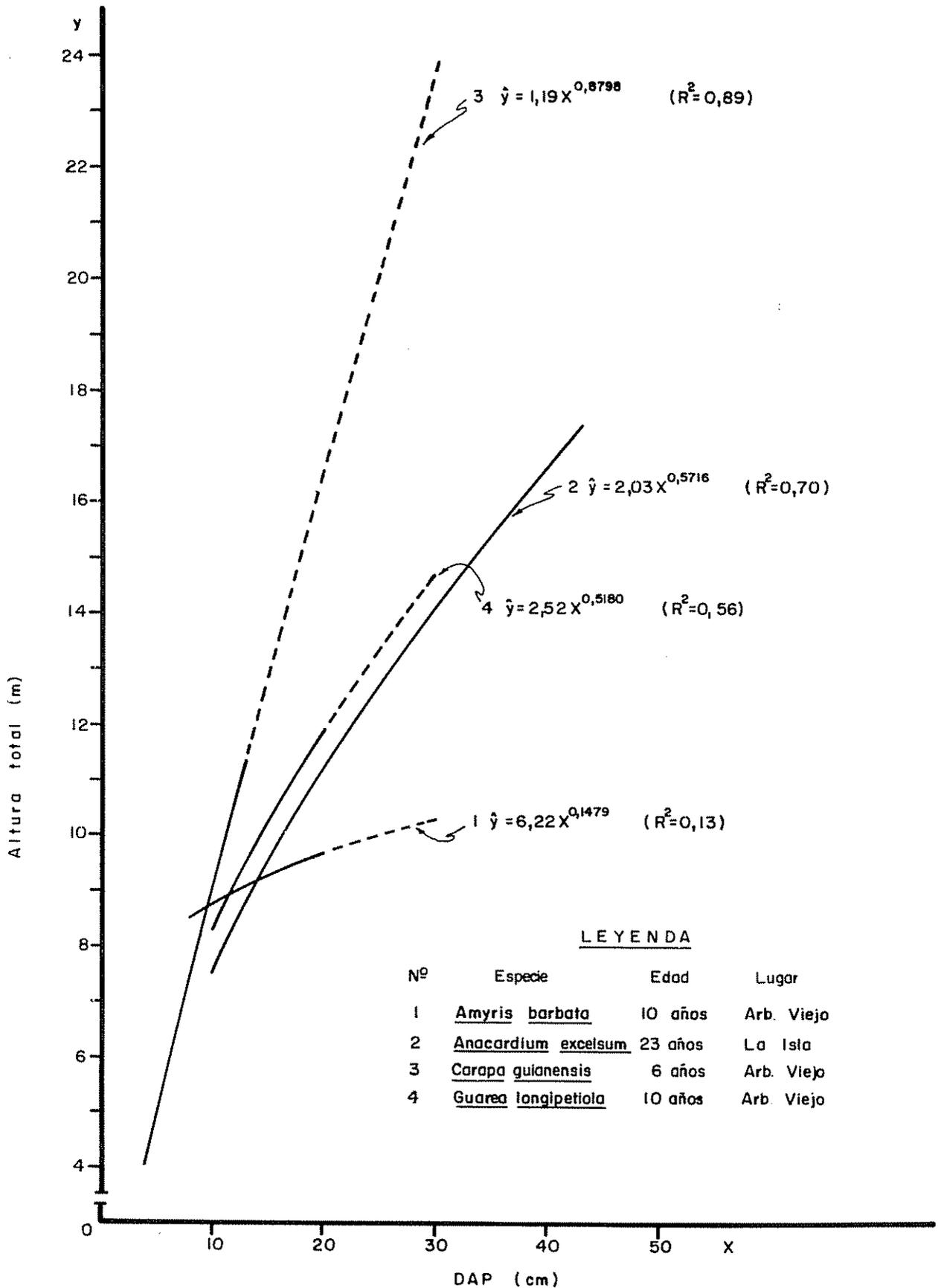


Fig. 5 Relación DAP - altura total en Amyris barbata Lundell, Anacardium excelsum (Bert. & Balb) Skeels, Carapa guianensis Aubl y Guarea longipetiola C. DC.

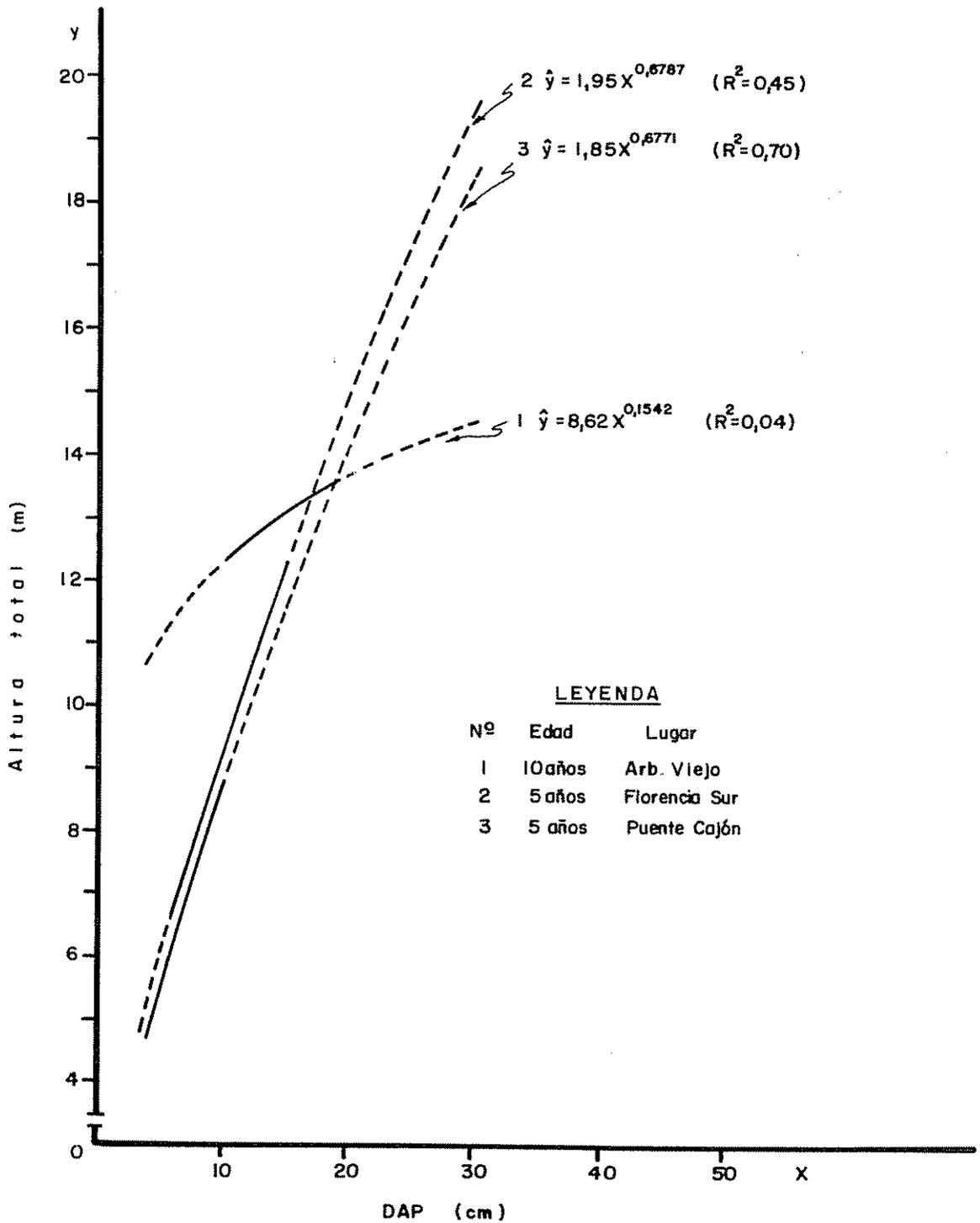


Fig. 6 Relación DAP - altura total en calubrina arborescens (Mill.) Sarg.

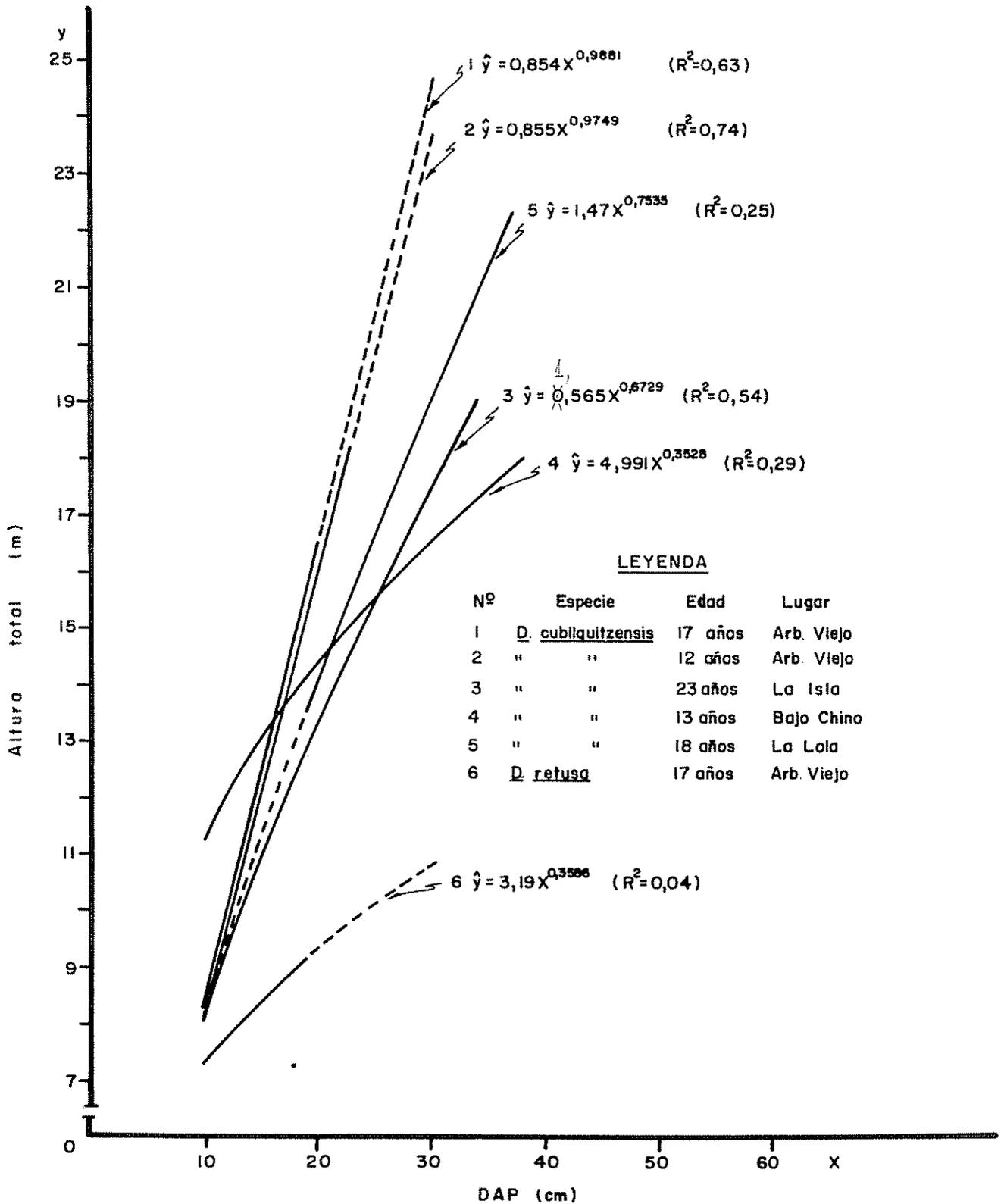


Fig. 7 Relación DAP - altura total en Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittler y Dalbergia retusa Hemsl.

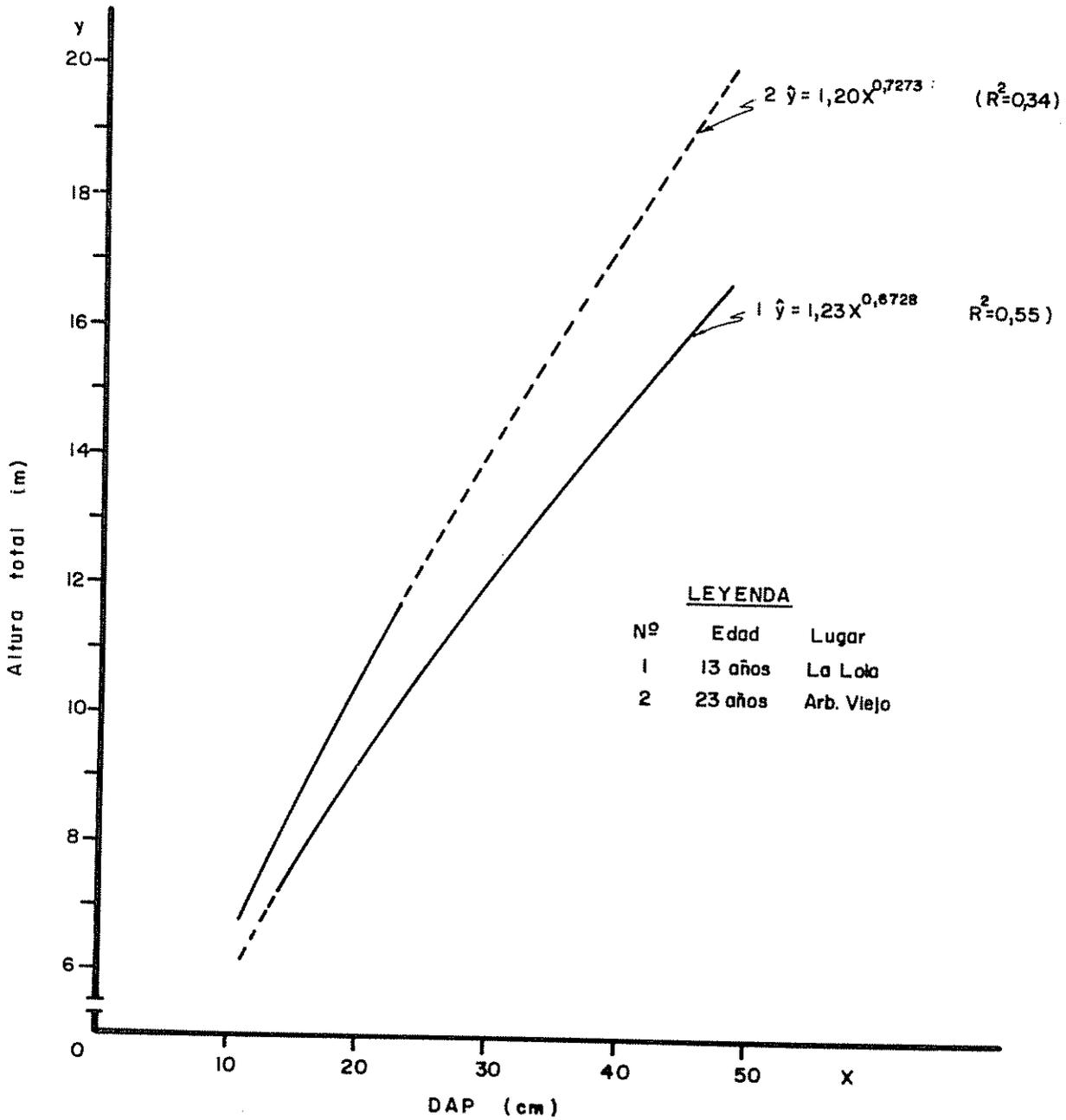


Fig.8 Relación DAP - altura total en Pithecellobium saman (Jacq.) Benth.

total de P. saman, en dos lugares de plantación.

En las ecuaciones de la Figura 6, los coeficientes b_1 que indican la velocidad de crecimiento, son más alto para la plantación del Arboretum Viejo a razón de 0,7273 m/cm de DAP a los 23 años de edad y más bajo para la de La Lola a razón de 0,6728 m/cm de DAP a los 13 años de edad.

4.4 Relación DAP-altura aprovechable

Para encontrar una relación entre el DAP-altura aprovechable de todas las plantaciones en estudio, a excepción de las plantaciones de Carapa guianensis Aubl. del Arboretum Viejo y Colubrina arborescens de Florencia Sur y Puente Cajón, se encontró que la expresión matemática que mejor se ajustaba fue la ecuación logarítmica del tipo $y = b_0 X^{b_1}$. En las Figuras 9, 10 y 11 se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas en cada caso, con sus respectivos coeficientes de determinación.

1) Amyris barbata Lundell. En la Figura 10 se observa la ecuación logarítmica utilizada para la relación DAP-altura aprovechable. El coeficiente b_1 que determina la velocidad de crecimiento, es negativo debido a que se dispuso como límite comercial, hasta la primera rama viva en la plantación y los árboles se dividían en su mayoría en ramas delgadas a 1,50 m sobre la superficie del suelo.

2) Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels. En la Figura 10 se observa la función logarítmica utilizada para la relación DAP-altura aprovechable. El coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento en altura en cada unidad de tiempo, es a razón de 0,1316 m/cm de DAP.

El coeficiente de determinación indica que es malo esta relación, porque 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.

3) Colubrina arborescens (Mill.) Sarg. En la Figura 10, se encuentra la función logarítmica utilizada para la relación DAP-altura aprovechable, situada en el Arboretum Viejo. El coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento en unidad de tiempo, es negativo debido a que se dispuso que el límite comercial era hasta la primera rama viva y esto ocurría en la tercera parte de la altura total.

4) Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier. En la Figura 11 se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas para la relación DAP-altura aprovechable, en cuatro lugares de plantación: Arboretum Viejo, La Isla, Bajo Chino y La Lola.

De las ecuaciones de la Figura 11, los coeficientes b_1 que indican la velocidad de crecimiento, son más alto para la plantación del Arboretum Viejo, 2,3316 m/cm de DAP de 17 años de edad, siguiéndole en orden la plantación del Arboretum Viejo de 12 años de edad, 1,6377 m, La Isla, 1,5957 m, Bajo Chino, 1,2604 m y La Lola, 1,1902 m/cm de DAP. Los coeficientes de determinación son muy buenos para todas las plantaciones, a excepción de La Lola, que es regular.

5) Dalbergia retusa Hemsl. En la Figura 11 se encuentra la función logarítmica utilizada para la relación DAP-altura aprovechable en el Arboretum Viejo. El coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, es a razón de 1,9512 m/cm de DAP. El coeficiente de determinación es regular porque se determinó

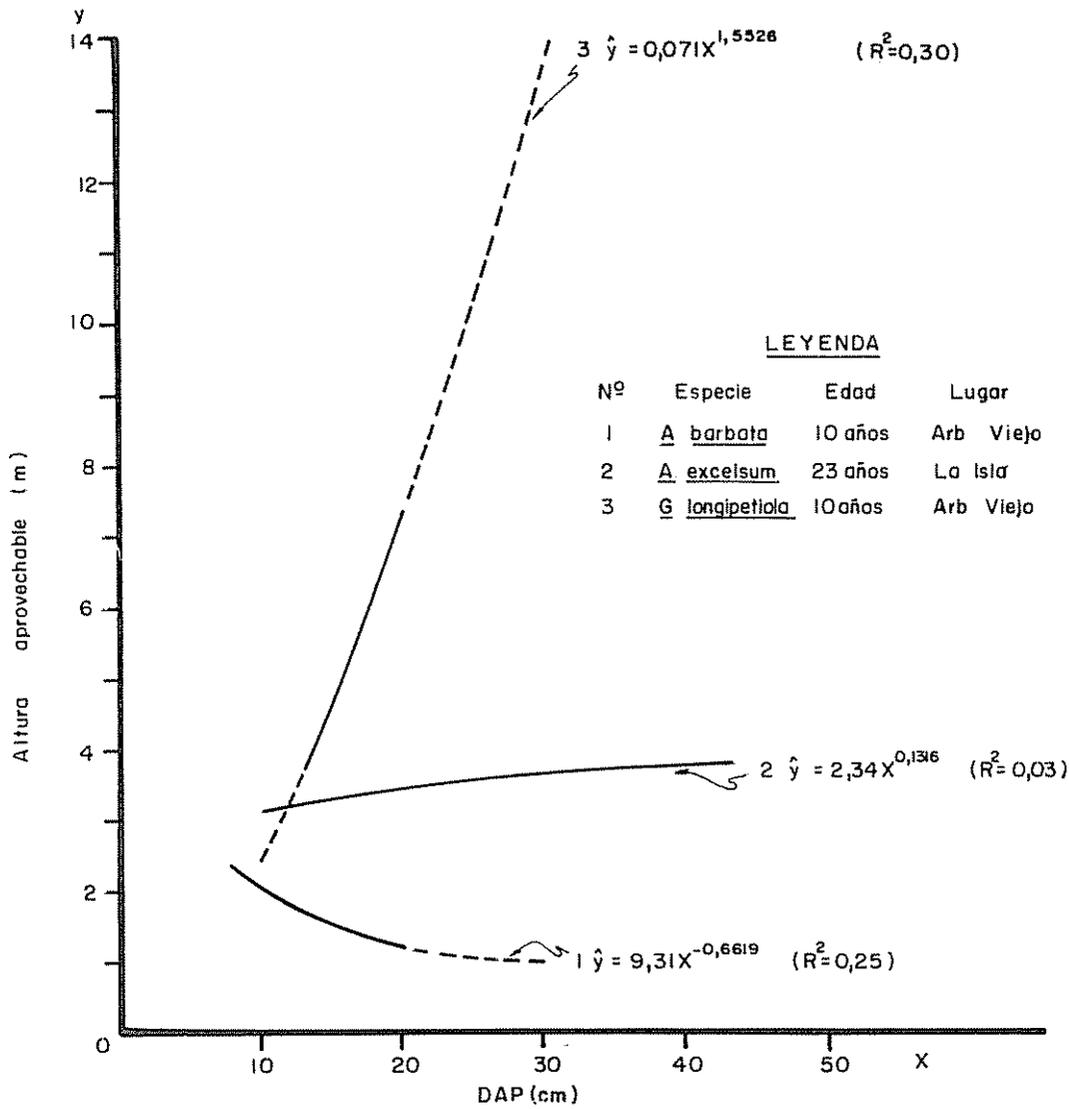


Fig 9 Relación DAP- altura aprovechable en Amyris barbata Lundell, Anacardium excelsum (Berth & Balb.) Skeels y Guarea longipetala C DC

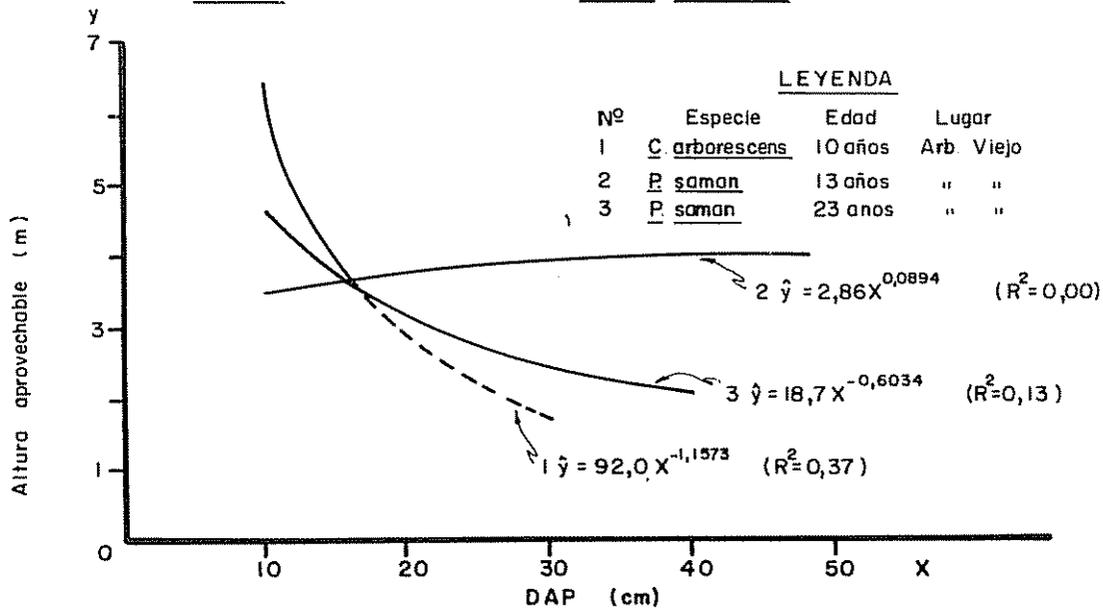


Fig 10 Relación DAP- altura aprovechable en Colubrina arborescens (Mill.) Sarg. y Pithecellobium saman (Jacq) Benth.

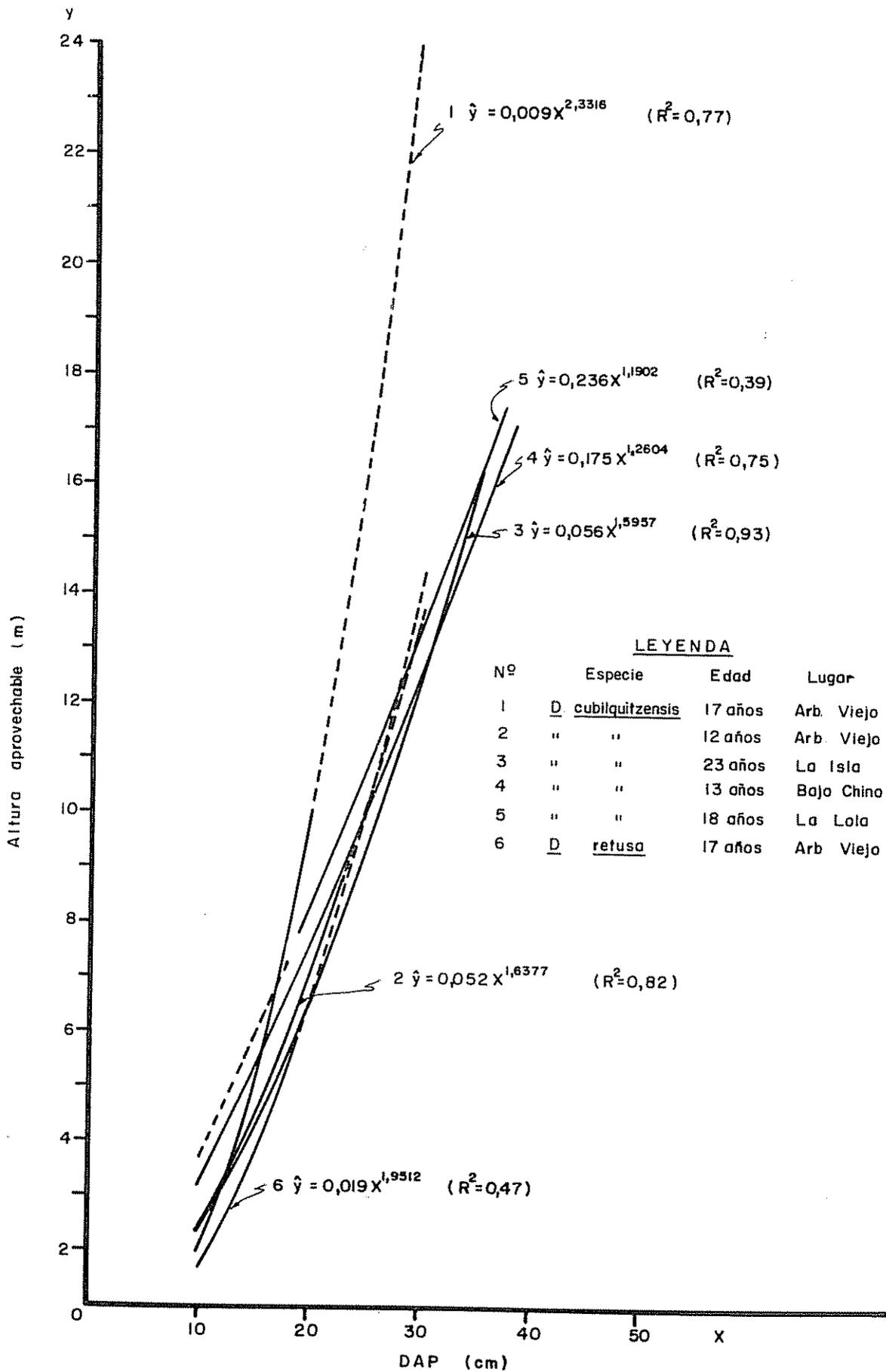


Fig. II Relación DAP - altura aprovechable en Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier y Dalbergia retusa Hemsl.

que el límite comercial que era hasta un diámetro con corteza de 10 cm, era aproximadamente casi a la mitad de la altura total.

6) Guarea longipetiola C. DC. En la Figura 9, se observa la función logarítmica utilizada para la relación DAP-altura aprovechable en el Arboretum Viejo. El coeficiente b_1 que indica la velocidad de crecimiento en altura, es a razón de 1,5526 m/cm de DAP. El coeficiente de determinación es regular, porque se dispuso que el límite comercial sería hasta la primera rama viva del tallo principal y esto sucedía aproximadamente a la mitad de la altura total.

7) Pithecellobium saman (Jacq.) Benth. En la Figura 10, se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas para la relación DAP-altura aprovechable en dos lugares de plantación: Arboretum Viejo y La Lola.

De las ecuaciones 2 y 3, Figura 10, los coeficientes b_1 que indican la velocidad de crecimiento en altura por unidad de tiempo, son malos en ambos lugares de plantación, 0,089 m y - 0,603 m/cm de DAP, en La Lola y Arboretum Viejo, respectivamente. Los coeficientes de determinación también indican que no hay regresión al asociarse los valores del DAP con los valores de la altura aprovechable, ya que se dispuso que el límite comercial sería hasta la primera rama o bifurcación del tallo principal y esto ocurría en la tercera parte de la altura total.

4.5 Relación DAP-diámetro de copa

Para estudiar la relación entre el DAP y el diámetro de copa de todas las plantaciones, se encontró que la expresión matemática que

mejor se ajustaba fue la ecuación lineal del tipo $y = b_0 + b_1X$. En las Figuras 12, 13, 14 y 15, se observan las ecuaciones lineales utilizadas en cada caso, con sus respectivos coeficientes de determinación.

1) Amyris barbata Lundell. En la Figura 12, se observa la función lineal utilizada para la relación DAP-diámetro de copa. El coeficiente b_1 que indica el número de unidades que aumenta el diámetro de copa al aumentar el DAP en una unidad, es de 0,11 m/cm de DAP. El coeficiente de determinación es malo, sólo el 19 por ciento de la variación del diámetro de copa está asociada a la variación del DAP.

2) Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels. En la Figura 12 se observa la función lineal utilizada para la relación DAP-diámetro de copa. El coeficiente b_1 que indica el número de unidades que aumenta la variable dependiente al aumentar la variable independiente en una unidad, es de 0,2061 m/cm de DAP. El grado de asociación entre estas variables es bueno, 70 por ciento.

3) Carapa guianensis Aubl. En la Figura 12 se tiene la ecuación lineal utilizada para la relación DAP-diámetro de copa. El coeficiente b_1 es de 0,1095 m/cm de DAP. El grado de asociación entre las variables diámetro de copa y DAP es bueno, 54 por ciento.

4) Colubrina arborescens (Mill.) Sarg. En la Figura 13 se observan las ecuaciones lineales utilizadas para la relación DAP-diámetro de copa, en tres lugares de plantación y que son: Arboretum Viejo, Florencia Sur y Puente Cajón.

De las ecuaciones 1 y 2 de la Figura 13, los coeficientes b_1 que indican el número de unidades que aumenta el diámetro de copa al aumentar el DAP es una unidad, es más alto para la plantación del Arboretum

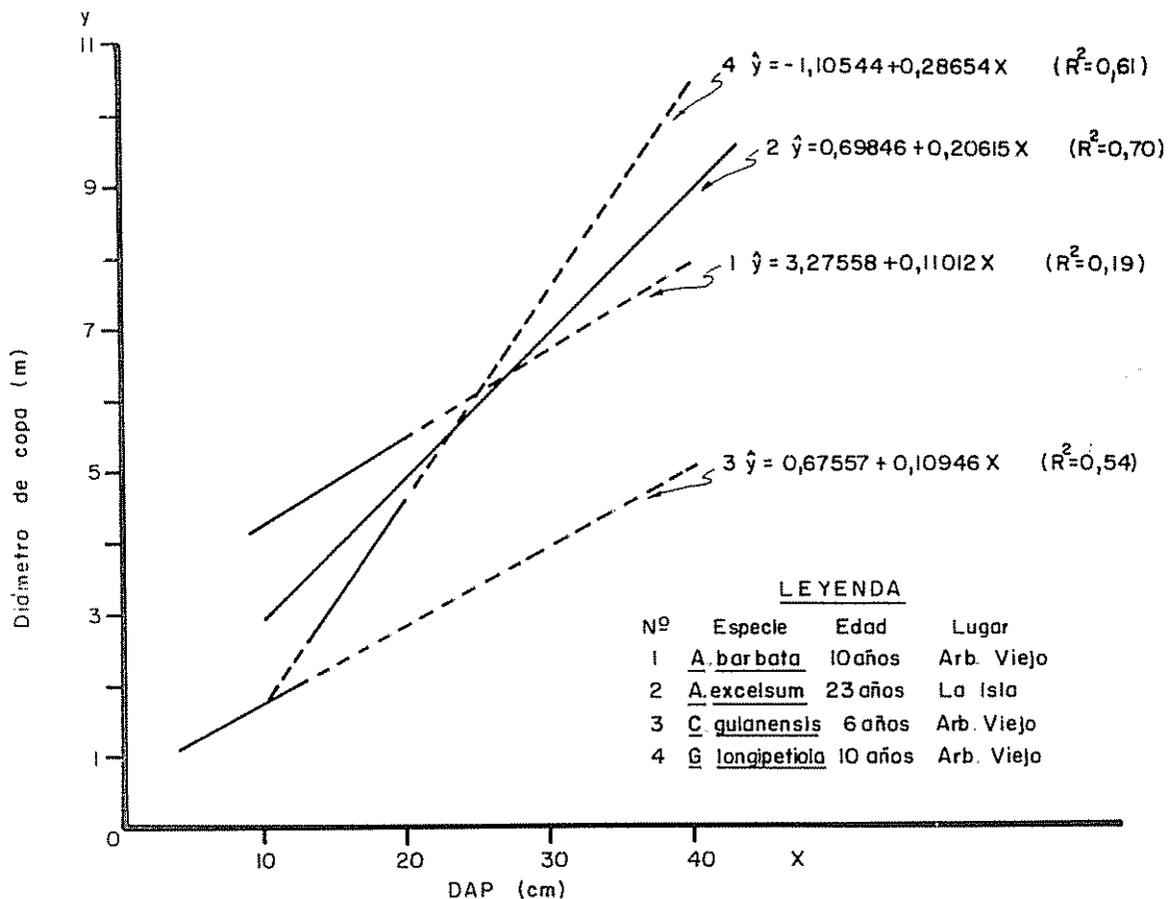


Fig 12 Relación DAP- diámetro de copa en Amyris barbata Lundell, Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels, Carapa guianensis Aubl y Guarea longipetiolata C. DC.

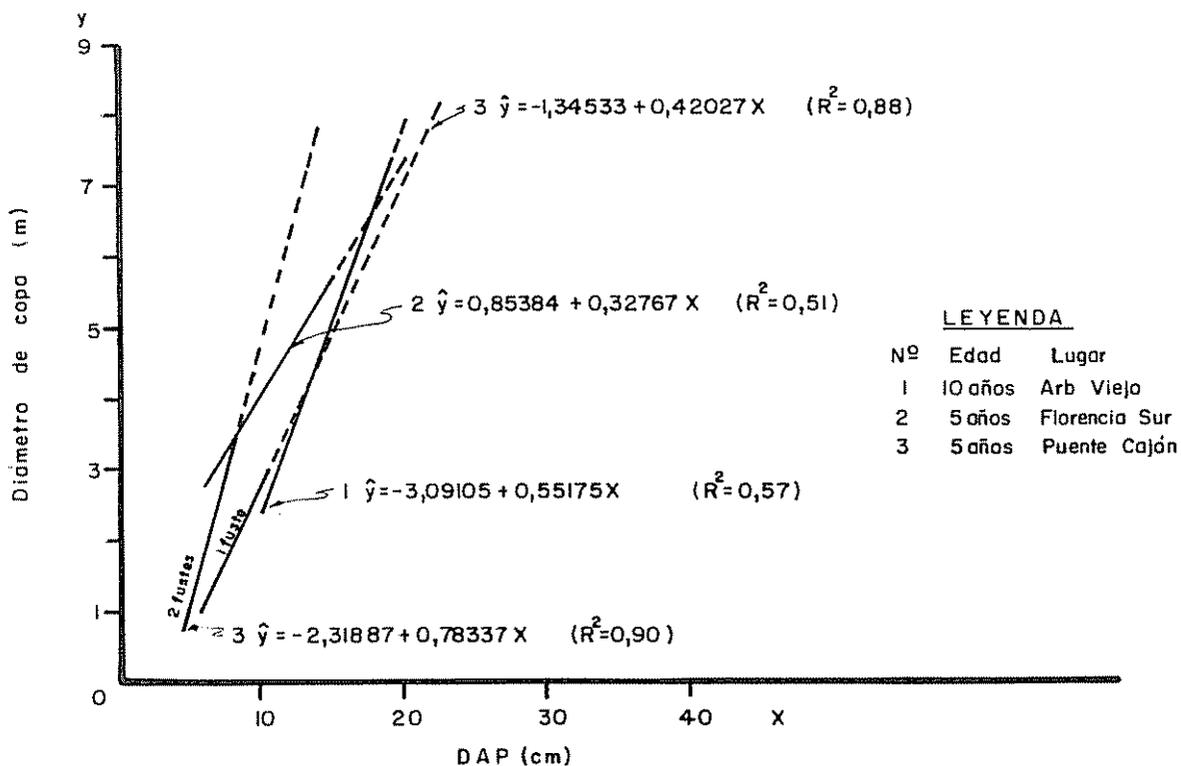


Fig 13 Relación DAP- diámetro de copa en Colubrina arborescens (Mill.) Sargent

Viejo, 0,5518 m y más bajo para la plantación de Florencia Sur, 0,3277 m/cm de DAP. Los coeficientes de determinación son buenos en ambas plantaciones, los que indican respectivamente que el 57 y 51 por ciento de la variación del diámetro de copa está asociada a la variación del DAP.

5) Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier. En la Figura 15 se observan las ecuaciones lineales utilizadas para la relación DAP-diámetro de copa, en tres lugares de plantación y que son: Arboretum Viejo, Bajo Chino y La Isla.

De las ecuaciones 1, 2 y 3 de la Figura 15, los coeficientes b_1 que indican el número de unidades que aumenta el diámetro de copa al aumentar el DAP en una unidad, es mayor para la plantación del Bajo Chino, 0,3786 m, siguiéndole en orden la plantación del Arboretum Viejo de 12 años de edad, 0,3247 m y por último, la plantación de La Isla, 0,2897 m/cm de DAP. El grado de asociación entre estas variables es bueno para la plantación del Arboretum Viejo y muy buenos para las plantaciones del Bajo Chino y La Isla.

6) Guarea longipetiola C. DC. En la Figura 12 se observa la ecuación lineal utilizada para la relación DAP-diámetro de copa. en el Arboretum Viejo. El coeficiente b_1 es igual a 0,2865 m de diámetro de copa/cm de DAP. El coeficiente de determinación es bueno, lo que indica que hay gran asociación entre estas variables y es de 61 por ciento.

7) Pithecellobium saman (Jacq.) Benth. En la Figura 15, ecuaciones 4 y 5, se observan las ecuaciones lineales utilizadas para la relación DAP-diámetro de copa, en dos lugares de plantación: Arboretum

Viejo y La Lola.

De las ecuaciones 4 y 5 de la Figura 15, los coeficientes b_1 que indican el número de unidades que aumenta el diámetro de copa al aumentar el DAP en una unidad, son ligeramente mayor para la plantación del Arboretum Viejo, 0,3405 m/cm de DAP y 0,3352 m/cm de DAP para la plantación de La Lola. Los coeficientes de determinación son regular para la plantación del Arboretum Viejo y bueno para la plantación de La Lola, 31 y 69 por ciento, respectivamente.

Para los casos de las especies que tenían varios fustes por "pie" de árbol, se encontró que el método que dio un buen ajuste para la asociación DAP-diámetro de copa, fue promediando el DAP entre el número de tallo. Se hizo el ajuste de la relación para cada clase de fuste, para cada una de las especies con esta característica, los que se dan a continuación:

8) Colubrina arborescens (Mill.) Sarg. En la Figura 13, ecuaciones 3, se observan las ecuaciones lineales utilizadas para la relación DAP-diámetro de copa, con uno y dos fustes por "pie" de árbol.

De las ecuaciones de la Figura 13, los coeficientes b_1 que indican el número de unidades que aumenta el diámetro de copa al aumentar el DAP en una unidad, son mayor para el caso de dos fustes por "pie" de árbol, 0,7834 m y menor para el caso de un fuste, 0,4203 m/cm de DAP. Los coeficientes de determinación son muy buenos, los que indican respectivamente, que el 90 y 88 por ciento de la variación del diámetro de copa está asociada a la variación del DAP.

9) Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier. En la Figura 14-a, se observan las ecuaciones lineales utilizadas para la relación

DAP-diámetro de copa, con uno y dos fustes, del Arboretum Viejo.

De las ecuaciones de la Figura 14-a, los coeficientes b_1 son mayor para el caso de dos fustes por "pie" de árbol, 0,7025 m y menor para el caso de un fuste, 0,6552 m/cm de DAP. Los coeficientes de determinación son bueno para el primer caso y malo para el segundo caso.

En la Figura 12-b, se observan las ecuaciones lineales para esta misma relación, para la especie D. cubilquitzensis, con uno y dos fustes, de La Lola.

De las ecuaciones de la Figura 14-b, los coeficientes b_1 es mayor para el caso de dos fustes por "pie" de árbol, 0,6291 m y más bajo para el caso de un solo fuste, 0,5189 m/cm de DAP. Los coeficientes de determinación son regular para el primer caso y muy bueno para el segundo caso.

10) Dalbergia retusa Hemsl. En la Figura 14-c, se observan las ecuaciones lineales utilizadas para la relación DAP-diámetro de copa, con uno, dos y tres fustes por "pie" de árbol.

De las ecuaciones de la Figura 14-c, los coeficientes b_1 que indican el número de unidades que aumenta el diámetro de copa al aumentar el DAP en una unidad, son positivos para el caso de dos fustes, a razón de 0,132 m/cm de DAP y negativos en los casos de uno y tres fustes, -0,191 m y -0,486 m/cm de DAP, respectivamente. El grado de asociación entre estas variables es malo.

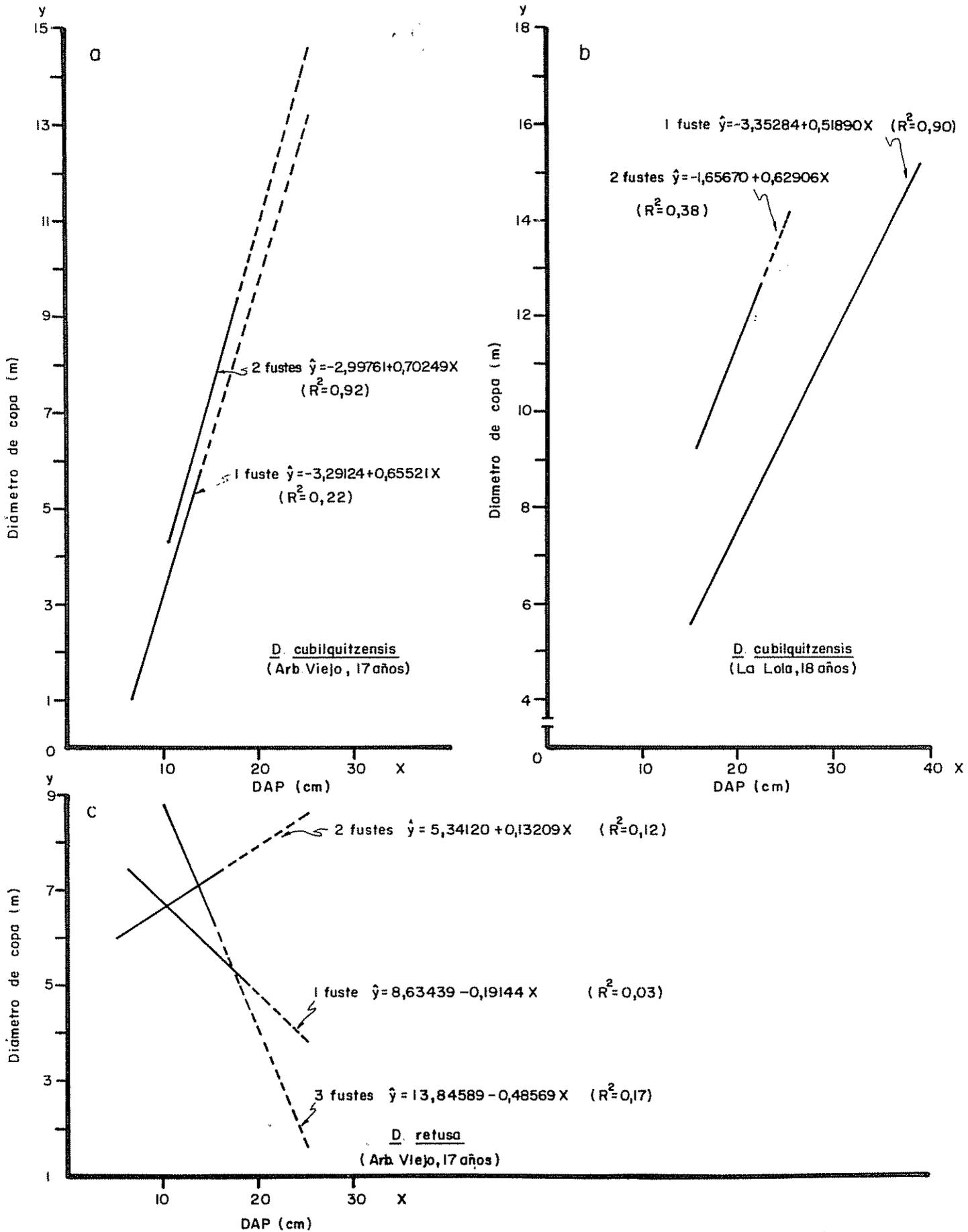


Fig. 14 Relación DAP- diámetro de copa en Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier y Dalbergia retusa Hemsl. , con agrupación del número de tallos por árbol

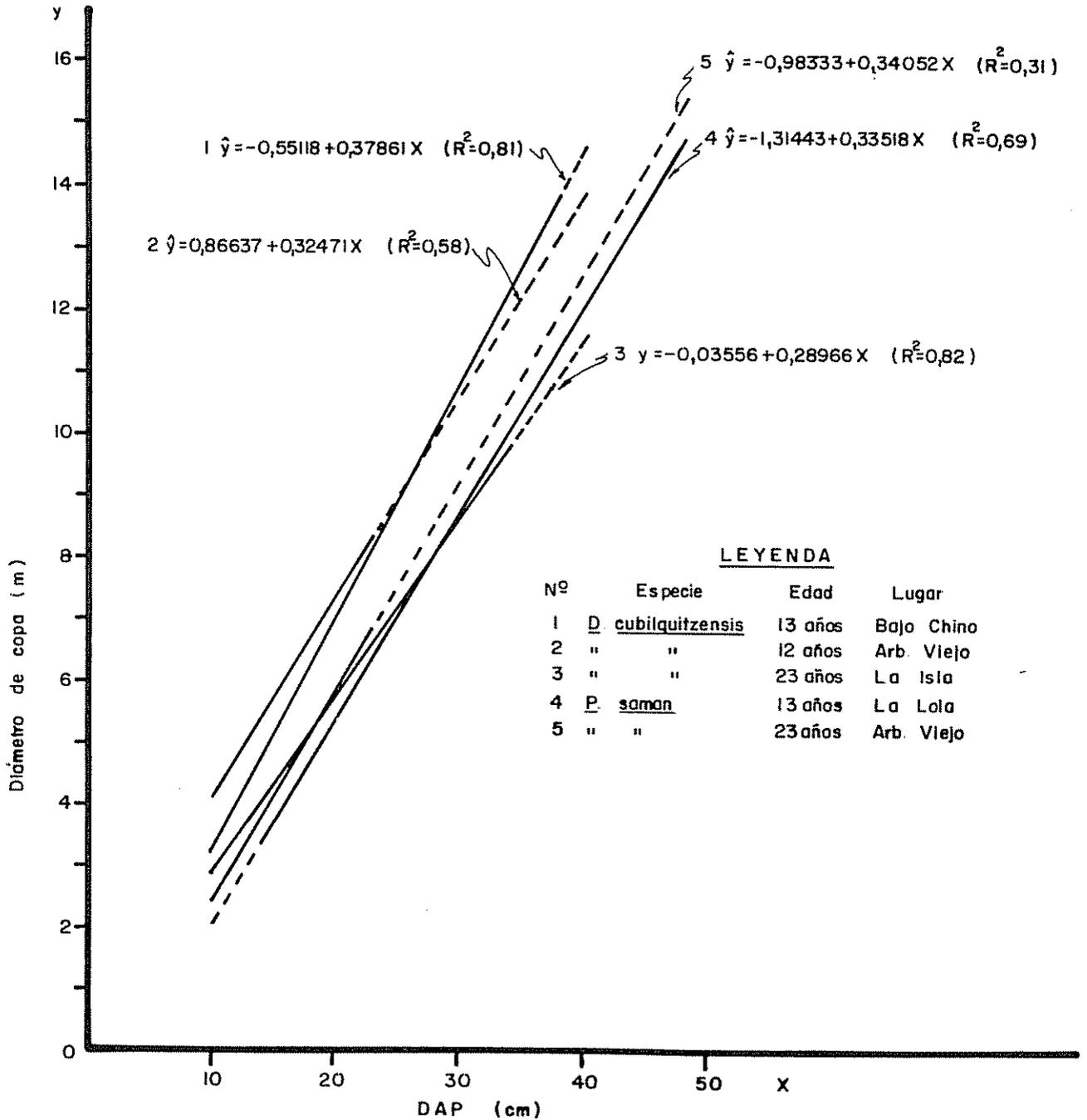


Fig. 15 Relación DAP - diámetro de copa en Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittler y Pithecellobium saman (Jacq.) Benth.

4.6 Volúmenes

Los volúmenes con corteza por hectárea, teniendo en cuenta el volumen comercial o total que se determinó por el factor volumétrico de forma o factor mórfico (f), en esta unidad de superficie, se calcularon con el volumen de cada uno de los árboles por la fórmula siguiente: $V_a = AB \times A_c \times f$. En las especies Colubrina arborescens de Florencia Sur y Puente Cajón y Carapa guianensis, se trabajó con el volumen total y altura total, porque el límite comercial de 10 cm de diámetro no se ajustaba a ellas por ser plantaciones muy jóvenes. Los resultados se ofrecen en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Volumen comercial o total con corteza de las ocho especies forestales en estudio.

Espece	Lugar de plantación	Edad (años)	Area de la parcela (m ²)	Volumen con corteza (m ³ /ha)
1. <u>Amyris barbata</u>	Arb. Viejo	10	224,00	26,656
2. <u>Anacardium exc.</u>	La Isla	23	554,30	161,145
3. <u>Carapa guianensis</u>	Arb. Viejo*	6	192,00	16,196
4. <u>Colubrina arbor.</u>	Arb. Viejo	10	256,00	38,609
	Flor. Sur *	5	180,00	53,160
	Pte. Cajón*	5	180,00	13,736
5. <u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	Arb. Viejo	17	210,18	96,941
	Arb. Viejo	12	768,00	32,882
	La Isla	23	262,50	250,225
	Bajo Chino	13	320,00	114,431
	La Lola	18	450,00	85,888
6. <u>Dalbergia retusa</u>	Arb. Viejo	17	426,00	28,794
7. <u>Guarea longipet.</u>	Arb. Viejo	10	224,00	72,661
8. <u>Pithecellobium saman</u>	Arb. Viejo	23	404,25	27,216
	La Lola	13	17.400,00	33,977

* Se trabajó con volumen total y altura total

Observamos en este cuadro que el volumen comercial o total varía tanto entre lugares de plantación como entre especies. El menor volumen con corteza correspondió al Colubrina arborescens en Puente Cajón.

4.7 Relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza

Para encontrar una relación entre el número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza en m^3 de las especies Dalbergia cubilquitzensis y Dalbergia retusa, se encontró que la expresión matemática que mejor se ajustaba fue la ecuación logarítmica del tipo $y = b_0 X^b$. En la Figura 18, se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas en cada caso, con sus respectivos coeficientes de determinación.

1) Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier. En la Figura 16, ecuaciones 1 y 2, se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas para la relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza, en dos lugares de plantación y que son: Arboretum Viejo y La Lola.

De las ecuaciones mencionadas en la Figura 16, los coeficientes b_1 que indican la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, son más alto para la plantación del Arboretum Viejo, $2,006 m^3$ y la más bajo la plantación de La Lola, $1,156 m^3$ /número de tallos por árbol. Los coeficientes de determinación son buenos, 70 y 59 por ciento, respectivamente.

2) Dalbergia retusa Hemsl. En la Figura 16, la ecuación 3 muestra la función logarítmica utilizada para la relación número de tallos-volumen comercial con corteza en el Arboretum Viejo. El coeficiente

b_1 es igual a $0,636 \text{ m}^3/\text{número de tallos por árbol}$. El grado de asociación entre estas variables es malo, 19 por ciento.

De acuerdo a los resultados de las interrelaciones para D. cubilquitzensis y D. retusa, se deduce, Figura 16, que para el D. cubilquitzensis de La Lola, se recomienda hacer la poda de tallos, al poco tiempo de plantada, para dejar el mejor conformado; igualmente, para la plantación de D. retusa del Arboretum Viejo, en que se observan que al ir aumentando el número de tallos por árbol, el volumen comercial con corteza comienza a decrecer. En el D. cubilquitzensis del Arboretum Viejo, se observa que no sucede esta disminución, sino que hasta los siete tallos por árbol, está aumentando el volumen comercial con corteza.

En el Cuadro 12 se presentan los coeficientes calculados para las cuatro ecuaciones utilizadas en cada una de las especies de Dalbergia con estas características de presentar más de un tallo por árbol.

De acuerdo al Cuadro 13, se observa que los modelos con menos ajuste a esta relación son los de la especie Dalbergia cubilquitzensis de La Lola, con 18 años de edad.

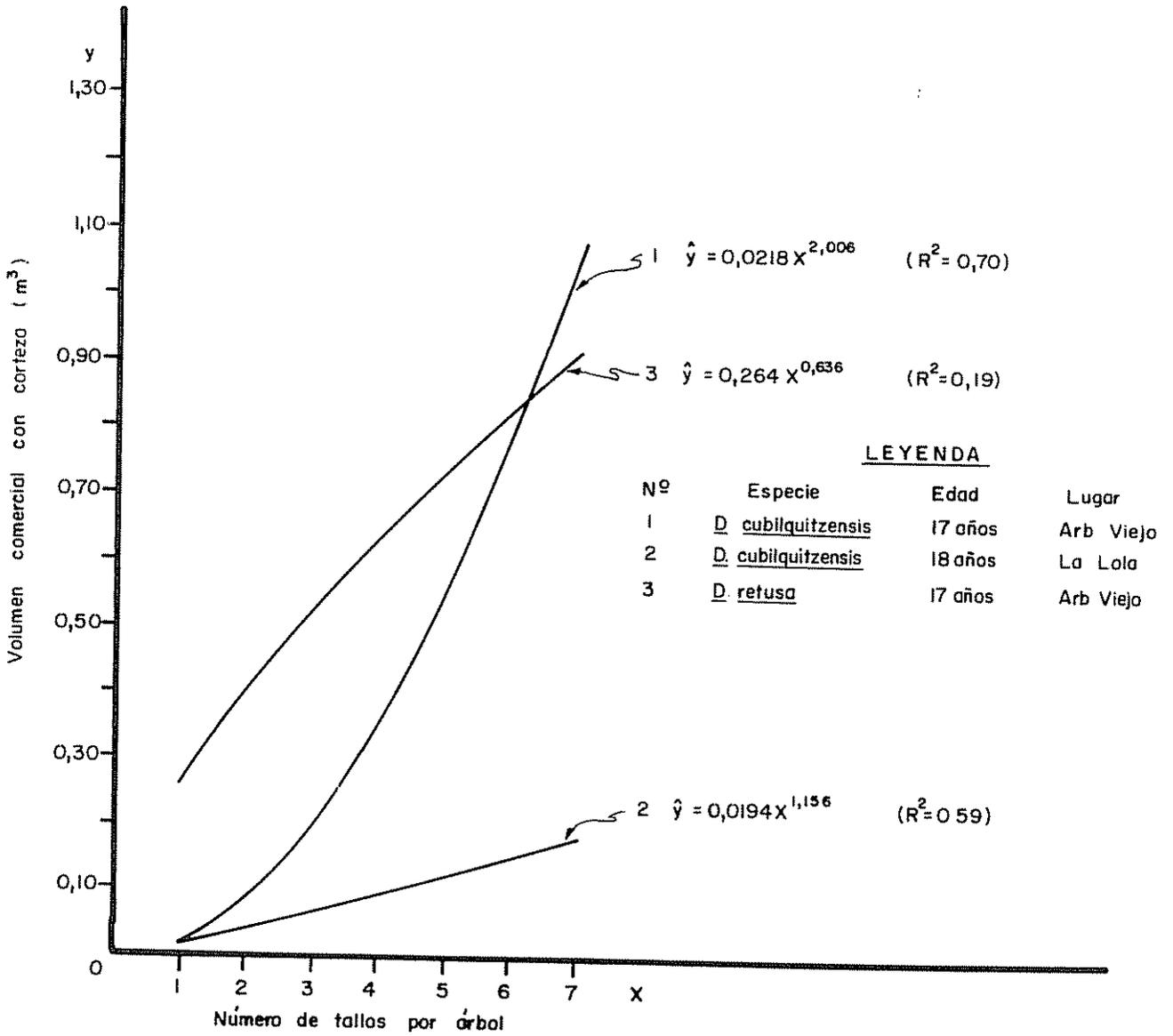


Fig. 16 Relación número de tallos por árbol - volumen comercial con corteza (m³) en Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier y Dalbergia retusa Hemsl.

Cuadro 12. Coeficientes de cuatro modelos matemáticos para el ajuste de la relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza (m^3) de las especies Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittler y D. retusa Hemsl., en Costa Rica.

Especie	Lugar de plantación	Edad (años)	Lineal		Logarítmica			Geométrica			
			a	b	R ²	lg.a	b	R ²	lg.a	lg.b	R ²
<u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	Arboretum Viejo	17	-0,05	0,09	0,64	-3,83	2,01	0,70	-4,27	0,79	0,59
<u>Dalbergia retusa</u>	Arboretum Viejo	17	-0,03	0,04	0,65	-3,94	1,16	0,59	-4,31	0,49	0,62
<u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	La Lola	18	0,26	0,08	0,05	-1,33	0,64	0,19	-1,69	0,53	0,18

Especie	Lugar de plantación	Edad (años)	Cuadrática			R ²
			a	b	c	
<u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	Arboretum Viejo	17	-0,12	0,16	-0,01	0,65
<u>Dalbergia retusa</u>	Arboretum Viejo	17	0,04	-0,02	0,01	0,75
<u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	La Lola	18	0,23	0,13	-0,01	0,05

4.8 Volumen de corteza

El volumen de corteza en porcentaje, de las ocho especies en estudio, en distintos lugares de plantación, son presentados en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Volumen de corteza para las ocho especies forestales en estudio.

Espece	Lugar de plantación	E	Vc%	Media Vc%
1. <u>Amyris barbata</u>	Arboretum Viejo	10	14,65	14,79
2. <u>Anacardium excelsum</u>	La Isla	23	19,48	20,91
3. <u>Carapa guianensis</u>	Arboretum Viejo	6	23,98	24,89
4. <u>Colubrina arborescens</u>	Arboretum Viejo	10	17,98	18,07
	Florencia Sur	5	31,29	31,58
	Puente Cajón	5	32,66	32,71
5. <u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	Arboretum Viejo	17	17,03	17,53
	Arboretum Viejo	12	13,46	13,86
	La Isla	23	12,24	13,38
	Bajo Chino	13	11,94	12,25
	La Lola	18	12,68	12,76
6. <u>Dalbergia retusa</u>	Arboretum Viejo	17	20,55	20,87
7. <u>Guarea longipetiola</u>	Arboretum Viejo	10	21,74	21,84
8. <u>Pithecellobium saman</u>	Arboretum Viejo	23	24,25	24,65
	La Lola	13	22,22	23,14

Donde: Vc% = Volumen de corteza en porcentaje

E = Edad de la plantación en años

Se observa en este cuadro que el volumen de corteza en porcentaje varía tanto entre lugares de plantación como entre especies. En cuanto a la media, el menor porcentaje de corteza fue para la especie Dalbergia cubilquitzensis del Bajo Chino y el mayor porcentaje fue para la especie Colubrina arborescens de Puente Cajón. El volumen de corteza en porcentaje, depende en mayor escala del diámetro y en menor proporción por especie. Dentro de una misma especie, en un mismo sitio, el porcentaje de volumen de corteza, decrece con el aumento del diámetro.

4.9 Relación DAP-volumen de corteza

Para encontrar una relación entre el DAP-Vc% de todas las plantaciones en estudio, se encontró que la expresión matemática que mejor se ajustaba fue la ecuación logarítmica del tipo $y = b_0 X^{b_1}$. En las Figuras 17, 18, 19 y 20, se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas en cada caso, con sus respectivos coeficientes de determinación.

1) Amyris barbata Lundell. En la Figura 17, ecuación 1, se observa la ecuación logarítmica utilizada para la relación DAP-Vc%. El coeficiente b_1 que indica la tasa logarítmica de crecimiento, o sea, la velocidad de crecimiento por unidad de tiempo, es negativo, indicando que hay una disminución en la tasa de incremento de volumen de corteza en porcentaje, a razón de -0,2892 %/cm de DAP. El coeficiente de determinación es malo, señalando que sólo el 14 por ciento de la variación del volumen de corteza está asociada a la variación del DAP.

2) Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels. En la Figura 17, ecuación 2, se observa la ecuación logarítmica para la relación DAP-Vc%. El coeficiente b_1 es negativo, indicando que hay una disminución en la tasa logarítmica de crecimiento de volumen de corteza, a razón de -0,5253 %/cm de DAP. El coeficiente de determinación es bueno, 71 por ciento.

3) Carapa guianensis Aubl. En la Figura 17, ecuación 3, se observa la función logarítmica utilizada para la relación DAP-Vc%. El coeficiente b_1 es negativo, indicando que hay una disminución de -0,4875 % de volumen de corteza/cm de DAP. El grado de asociación entre estas variables es bueno, 54 por ciento.

4) Colubrina arborescens (Mill.) Sarg. En la Figura 18, se muestran las ecuaciones logarítmicas para la relación DAP-Vc%, en tres lugares de plantación que son: Arboretum Viejo, Florencia Sur y Puente Cajón.

De las ecuaciones de la Figura 18, los coeficientes b_1 son negativos y el menor es para la plantación de Puente Cajón a razón de -0,0316 %/cm de DAP, siguiéndole en orden la plantación de Florencia Sur, 0,3267% y por último, la plantación del Arboretum Viejo, -0,3891%/cm de DAP. Los coeficientes de determinación son malos para las plantaciones de Puente Cajón y Florencia Sur, 1 y 21 por ciento respectivamente, y regular para la plantación del Arboretum Viejo, 35 por ciento.

5) Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier. En la Figura 19 se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas para la

relación DAP-Vc%, en cuatro lugares de plantación que son: Arboretum Viejo, La Isla, Bajo Chino y La Lola.

De las ecuaciones de la Figura 19, los coeficientes b_1 son todos negativos, los que indican que hay una disminución en la tasa de crecimiento del volumen de corteza, siendo el menor la plantación de La Lola, $-0,1468\%/cm$ de DAP, siguiéndole en orden la plantación del Bajo Chino, $-0,3452\%$, Arboretum Viejo de 12 años de edad, $-0,5437\%$, La Isla, $-0,5932\%$ y por último, la del Arboretum Viejo de 17 años de edad, $-0,6607\%/cm$ de DAP. Los coeficientes de determinación: malo para la plantación de La Lola, 4 por ciento; regular para la plantación del Bajo Chino, 38 por ciento; bueno para las plantaciones del Arboretum Viejo, 57 y 59 por ciento y muy bueno para la plantación de La Isla, 95 por ciento.

6) Dalbergia retusa Hemsl. En la Figura 19, ecuación 6, se observa la función logarítmica utilizada para la relación DAP-Vc% en el Arboretum Viejo. El coeficiente b_1 es negativo lo que indica que hay una disminución en la tasa de crecimiento del volumen de corteza, a razón de $-0,5909\%/cm$ de DAP. El grado de asociación entre estas variables es regular, 48 por ciento.

7) Guarea longipetiolata C. DC. En la Figura 17, ecuación 4, se observa la ecuación logarítmica utilizada para la relación DAP-Vc% en el Arboretum Viejo. El coeficiente b_1 es negativo, a razón de $-0,4999\%$ de volumen de corteza/cm de DAP. El coeficiente de determinación es bueno, 65 por ciento.

8) Pithecellobium saman (Jacq.) Benth. En la Figura 20 se observan las ecuaciones logarítmicas utilizadas para la relación DAP-Vc%,

en dos lugares de plantación: Arboretum Viejo y La Lola.

De las ecuaciones de la Figura 20, los coeficientes b_1 son negativos, los que indican que hay una disminución en la tasa de crecimiento del volumen de corteza, siendo el más bajo para la plantación del Arboretum Viejo, $-0,3793\%$ y el más alto para la plantación de La Lola a razón de $-0,5299\%/cm$ de DAP. El coeficiente de determinación es regular para la plantación del Arboretum Viejo, 29 por ciento y bueno para la plantación de La Lola, 51 por ciento.

4.10 Supervivencia y crecimiento de las plantaciones

El porcentaje de supervivencia de las ocho especies en estudio, en distintos lugares de plantación, son presentados en el Cuadro 14, También, en este mismo cuadro se presenta el incremento medio anual de las ocho especies forestales en los distintos lugares, teniendo en cuenta los volúmenes totales o comerciales con corteza en m^3/ha .

Observando el Cuadro 14, se nota que el porcentaje de supervivencia más bajo correspondió al Pithecellobium saman del Arboretum Viejo, siguiéndole en orden el Dalbergia cubilquitzensis del Arboretum Viejo de 12 años de edad, Anacardium excelsum de La Isla y Colubrina arborescens de Puente Cajón. Todos estos porcentajes de supervivencia se pueden considerar como buenos.

4.11 Aspecto fitosanitario

La incidencia de plagas y enfermedades fue muy pequeña, cuando se midieron las plantaciones para el presente trabajo. La plaga principal fue la hormiga y comejenes y sus ataques algo severos fueron

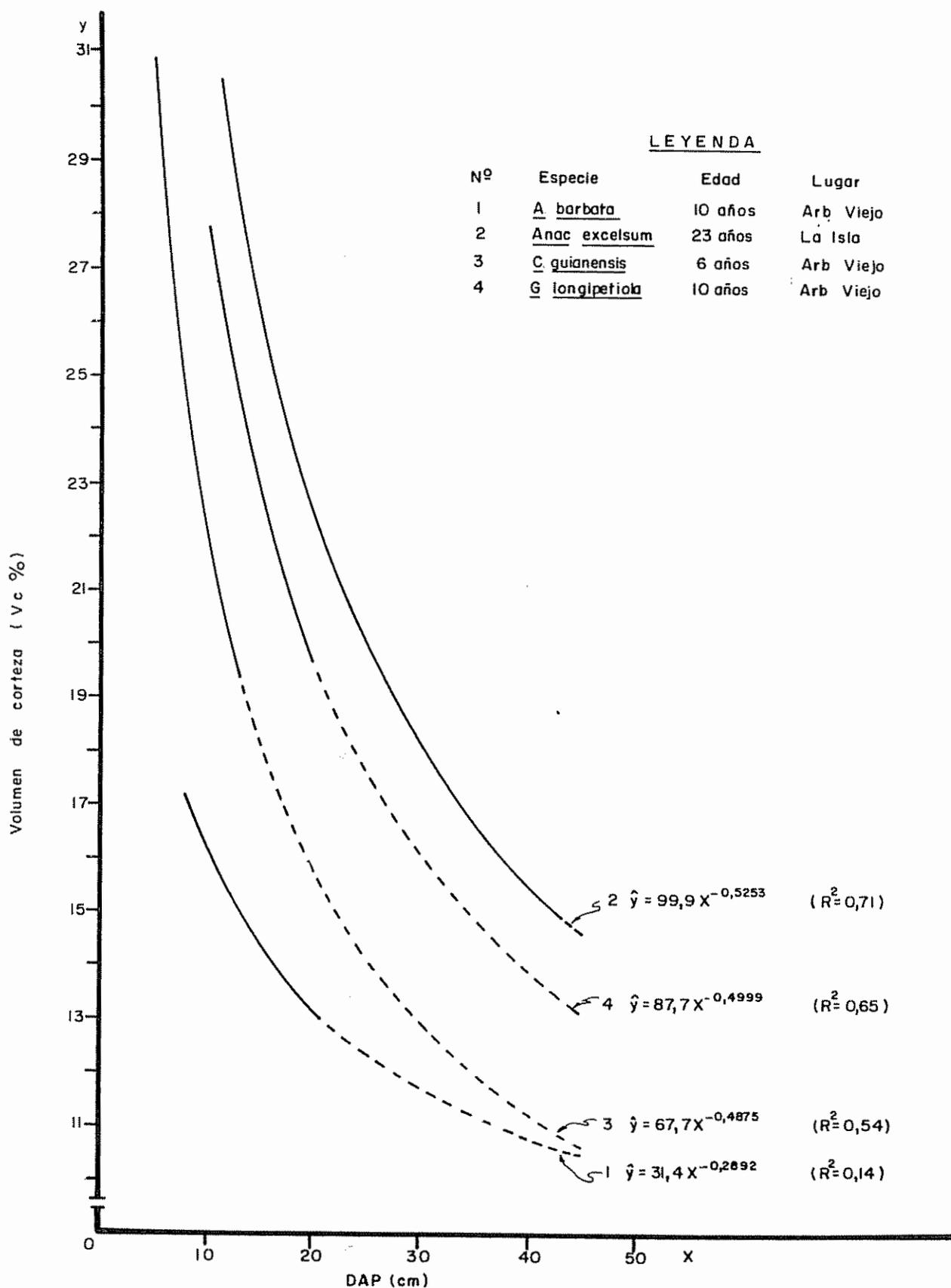


Fig. 17 Relación DAP-Volumen de corteza en Amyris barbata Lundell, Anacardium excelsum (Bert. & Balb) Skeels, Carapa guianensis Aubl y Guarea longipetiolata C. DC.

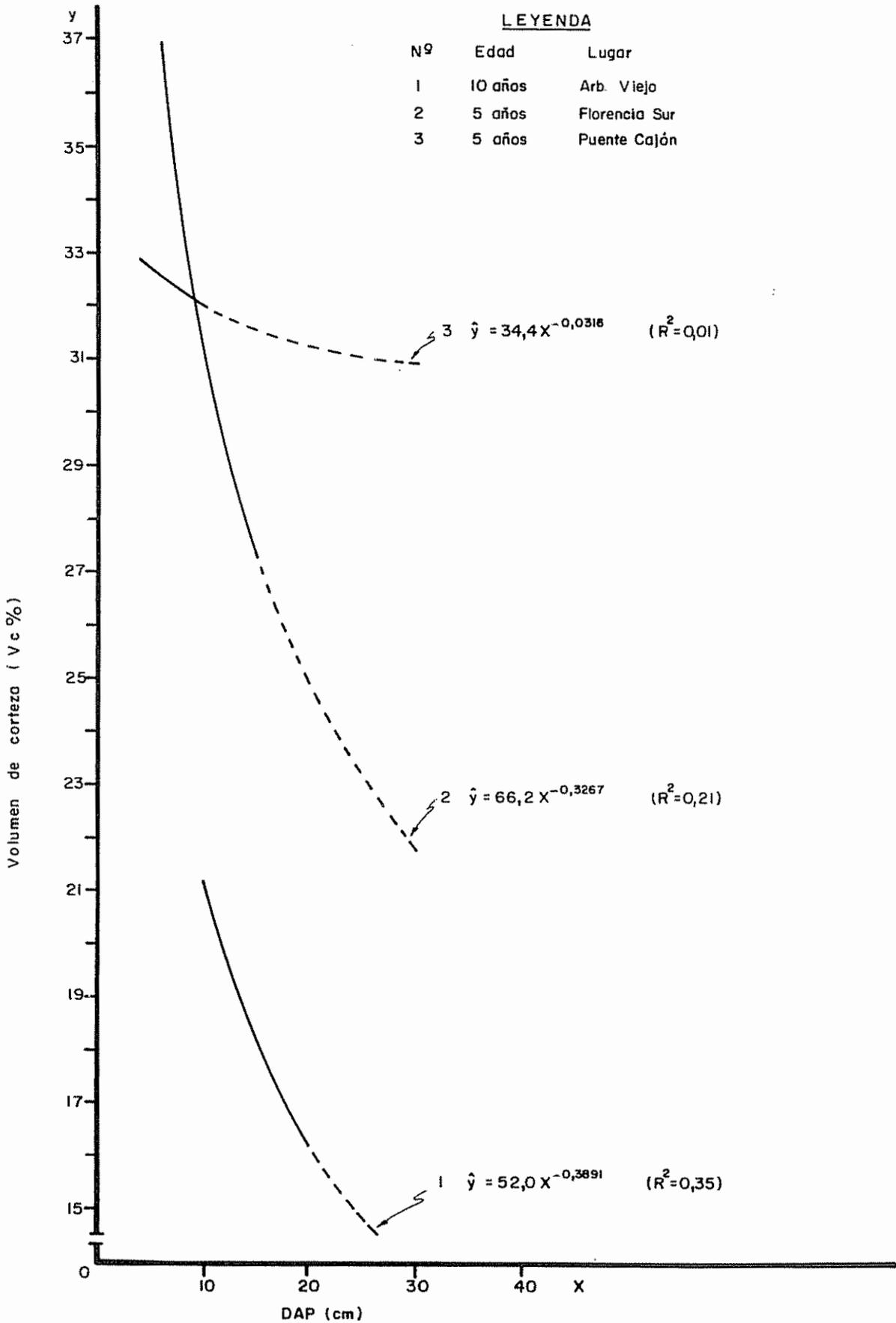


Fig. 18 Relación DAP - Volumen de corteza en Colubrina arborescens (Mill.) Sorg.

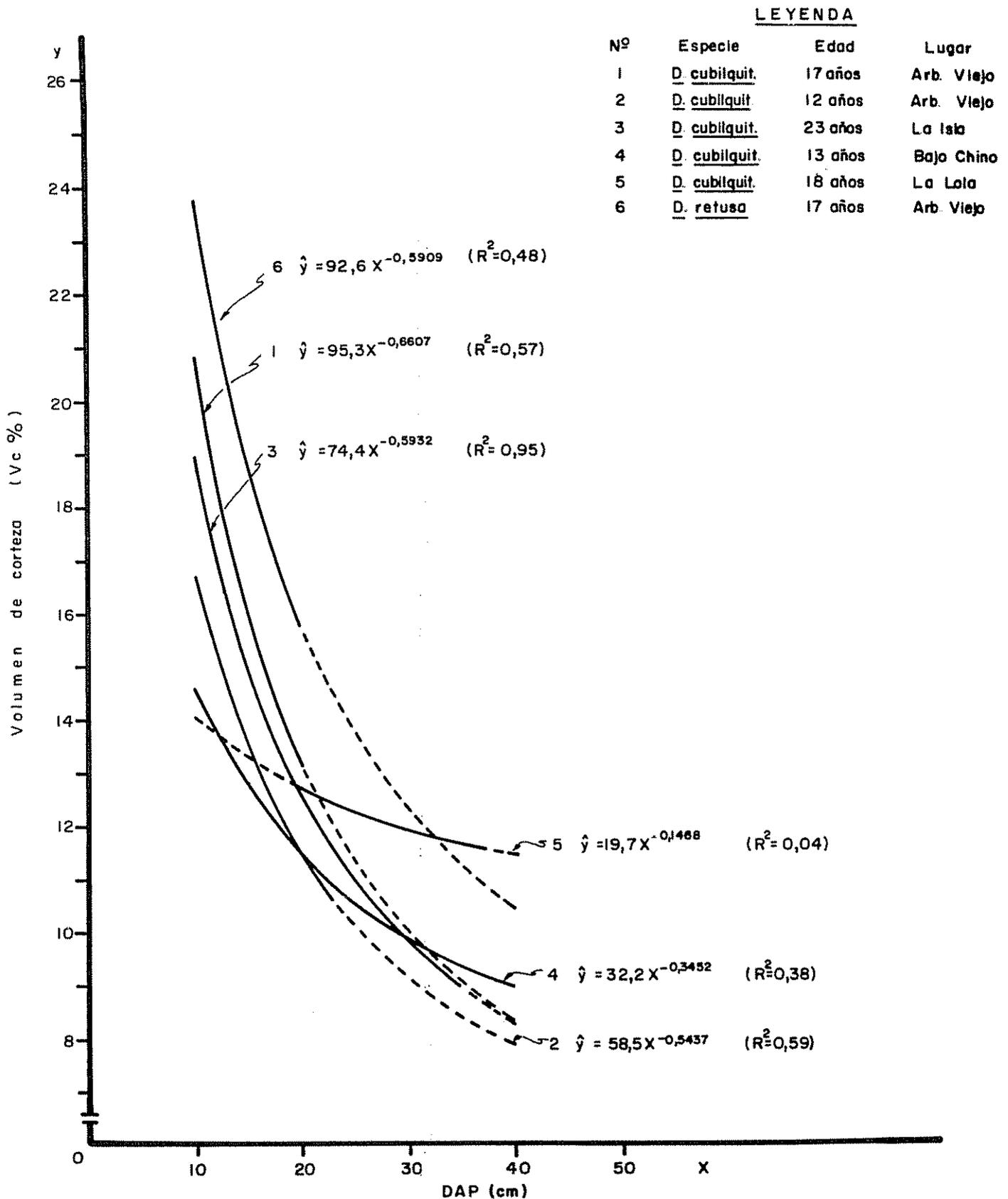


Fig. 19 Relación DAP- Volumen de corteza en Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittler y D. retusa Hems

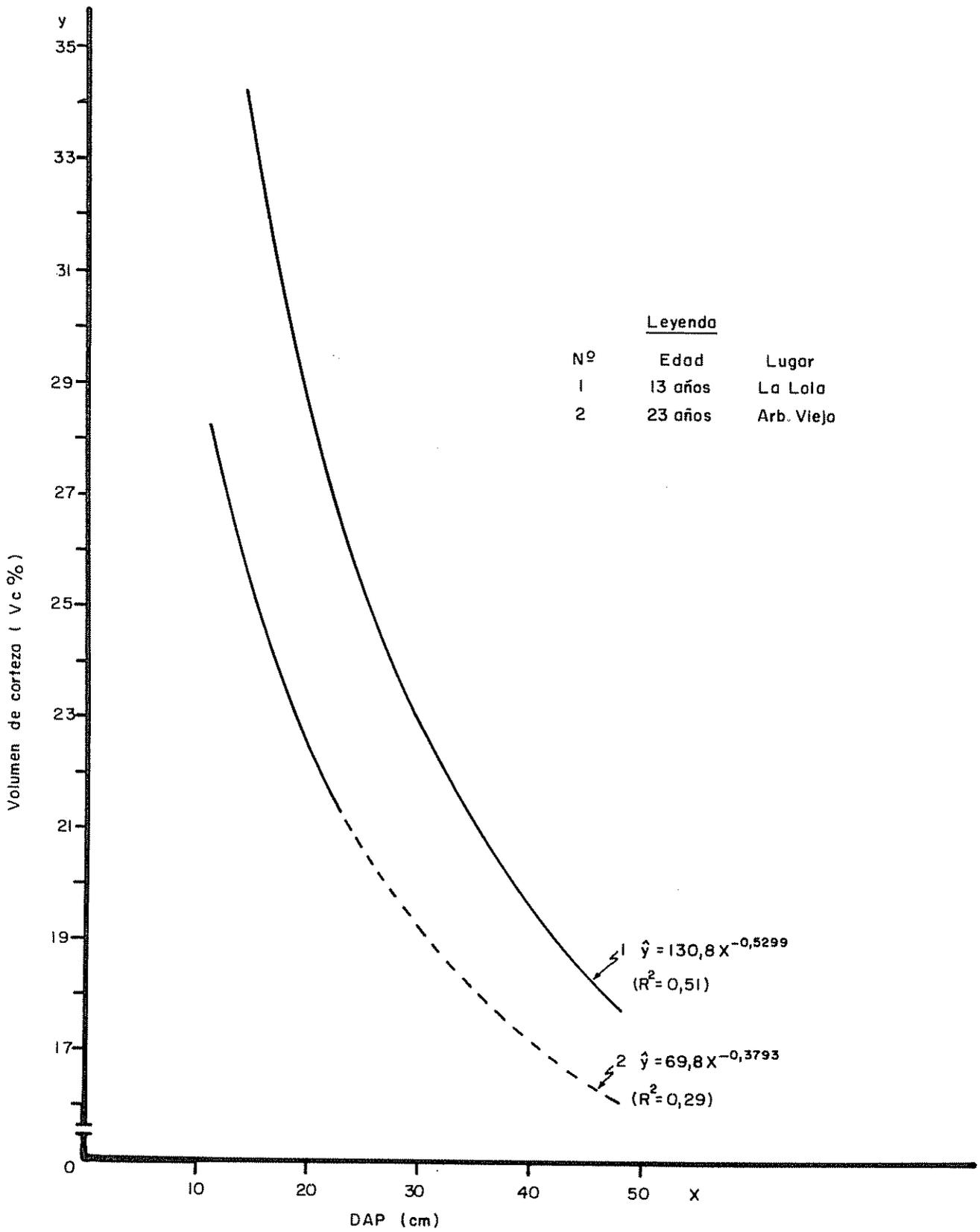


Fig 20 Relación DAP - Volumen de corteza en Pithecellobium saman (Jacq.) Benth

Cuadro 14. Supervivencia e incremento medio anual de las ocho especies forestales en estudio.

Especie	Lugar	Edad (años)	Super- vivencia (%)	Incremento medio anual (m ³ /ha/año)
1. <u>Amyris barbata</u>	Arb. Viejo	10	93,75	2,666
2. <u>Anacardium excelsum</u>	La Isla	23	60,00	7,006
3. <u>Carapa guianensis</u>	Arb. Viejo*	6	91,67	2,699
4. <u>Colubrina arborescens</u>	Arb. Viejo	10	81,25	3,861
	Flor. Sur*	5	95,83	10,632
	Pte. Cajón*	5	50,00	2,747
5. <u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	Arb. Viejo	17	80,00	5,702
	Arb. Viejo	12	56,25	2,740
	La Isla	23	73,33	10,879
	Bajo Chino	13	95,00	8,802
6. <u>Dalbergia retusa</u>	Arb. Viejo	17	63,33	1,694
7. <u>Guarea longipetiola</u>	Arb. Viejo	10	100,00	7,266
8. <u>Pithecellobium saman</u>	Arb. Viejo	23	51,52	1,183
	La Lola	13	84,92	2,614

* Carapa guianensis y Colubrina arborescens de Florencia Sur y Puente Cajón, se trabajó con el volumen total y altura total, porque el límite comercial de 10 cm de diámetro no se ajustaba a ellas por ser plantaciones muy jóvenes.

constatados en las siguientes especies:

Amyris barbata del Arboretum Viejo;

Pithecellobium saman del Arboretum Viejo.

4.12 Anillos de crecimiento

Los anillos de crecimiento, se observaron en muestras retiradas con el barrenado de Pressler o en cortes transversales, cerca de la base, en los árboles apeados para su cubicación. Fue difícil establecer si esos anillos eran verdaderos o falsos, a pesar de que en los cortes se hizo el pulido en una de las superficies, tratándose con alcohol y observándose con lupa.

5. DISCUSION

5.1 Comportamiento de la especie Amyris barbata Lundell

El incremento medio anual en altura de 0,92 m en las condiciones de bosque muy húmedo premontano de Holdridge (31) en Costa Rica, es inferior al obtenido en las especies Colubrina arborescens y Guarea longipetiola, 1,32 y 1,07 m/año, en este mismo lugar de plantación y a la misma edad (Cuadro 15). El diámetro medio con corteza demuestra que también es inferior a los encontrados para las otras especies, a la misma edad.

En la supervivencia de las especies estudiadas, la especie A. barbata, muestra superioridad sobre la especie Colubrina arborescens (Cuadro 14) e inferioridad con respecto a la especie G. longipetiola, a la misma edad. La mortalidad que se ha observado se debe al ataque de hormigas y comejenes a pesar de que la madera es inatacable por los insectos por la materia resinosa que contiene (25).

Al juzgar la forma y aspecto del crecimiento de los árboles, en comparación en su habitat natural, se puede decir que presentan un aspecto regular. Fuste recto desde el suelo hasta 1,50 m de altura y a partir de esta altura, se ramificaban generalmente de 3 a 6 ramas principales, las que a su vez se ramificaban cada una de ellas en otro número igual. Naturalmente es un árbol muy pequeño para ser de valor como madera para aserrar (47).

El incremento medio anual en volumen con corteza alcanzado por esta especie es inferior (Cuadro 14) a los obtenidos para las especies C. arborescens y G. longipetiola, a la misma edad.

Cuadro 15. Medidas medias, mínimas y máximas de los parámetros mas importantes de las ocho especies forestales en estudio, en seis lugares de plantación.

Especie	Lugar de plantación	Edad (años)	D _m (cm)	D̄ (cm)	D _M (cm)	H _m (m)	H̄ (m)	H _M (m)	L (m)	D̄C (m)	No árb. observados
1. <u>Amyris barbata</u>	Arb. Viejo	10	8,2	14,27	19,3	8,0	9,2	10,2	1,68	4,89	15
2. <u>Anacardium excelsum</u>	La Isla	23	11,5	25,62	40,9	6,5	12,8	17,0	3,75	6,00	30
3. <u>Carapa Guianensis</u>	Arb. Viejo	6	4,5	8,45	12,9	4,7	7,8	10,0	2,86	1,64	11
4. <u>Colubrina arborescens</u>	Arb. Viejo	10	11,8	15,36	18,1	11,0	13,2	15,0	4,02	5,44	13
	Flor. Sur	5	6,8	10,01	14,7	6,0	9,4	11,5	4,20	4,16	23
	Puente Cajón	5	4,2	6,15	10,0	4,5	6,3	10,0	4,02	2,33*	23
5. <u>Dalbergia cubilquitzensis</u>	Arb. Viejo	17	10,1	13,66	19,7	5,1	11,4	17,5	4,57	6,29*	29
	Arb. Viejo	12	10,1	14,93	25,2	6,0	12,0	18,5	4,54	5,71	27
	La Isla	23	10,6	20,42	33,3	6,5	13,6	25,0	7,37	5,88	22
	Bajo Chino	13	10,9	17,67	37,7	8,5	13,2	16,0	6,07	6,14	19
	La Lola	18	10,0	21,05	36,3	14,5	15,0	23,0	9,24	9,48*	15
6. <u>Dalbergia retusa</u>	Arb. Viejo	17	10,0	12,84	19,0	4,0	8,3	11,0	2,98	7,34*	45
7. <u>Guarea longipe-tiola</u>	Arb. Viejo	10	13,3	16,31	19,6	9,5	10,7	12,0	5,54	3,61	16
8. <u>Pithecellobium saman</u>	Arb. Viejo	23	11,2	16,49	22,8	5,4	9,4	15,0	3,74	4,66	18
	La Lola	13	15,0	31,82	44,6	6,0	12,7	23,0	4,26	9,37	107

* Un mismo "pie" de árbol se ramificaba en varios fustes por debajo del DAP. Se trabajó con el diámetro de copa que se obtuvo al promediar el DAP entre el número de tallos.

Donde: D_m = diámetro mínimo;

D̄ = diámetro medio;

D_M = diámetro máximo;

H_m = altura total mínima;

H̄ = altura total media;

H_M = altura total máxima;

L = altura comercial media;

D̄C = diámetro de copa medio.

5.2 Comportamiento de la especie Anacardium excelsum
(Bert. & Balb.) Skeels

El incremento medio anual en altura de 0,57 m es inferior al obtenido para la especie Dalbergia cubilquitzensis de La Isla y superior al obtenido para la especie Pithecellobium saman del Arboretum Viejo, a la misma edad (Cuadro 15). El diámetro medio con corteza para esta especie, es superior que las encontradas para las otras especies, a la misma edad.

La supervivencia del A. excelsum, muestra inferioridad (Cuadro 14) con respecto a la especie D. cubilquitzensis de La Isla y superioridad sobre la especie P. saman del Arboretum Viejo, a la misma edad. La mortalidad que se ha observado se debe al espaciamiento muy reducido. Muchos árboles no se midieron por no alcanzar el límite de 10 cm al DAP y estar eliminados en su crecimiento. Se vio algunos árboles que tenían las copas dirigidas hacia los espacios libres. Por lo tanto, se puede recomendar un espaciamiento más amplio, de 3,50x3,50 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 a los 23 años de edad.

El incremento medio anual en volumen con corteza alcanzado por esta especie, es ligeramente inferior (Cuadro 14) al obtenido por la especie D. cubilquitzensis de La Isla y grandemente superior a la especie P. saman del Arboretum Viejo.

5.3 Comportamiento de la especie Carapa guianensis Aubl.

El incremento medio anual en altura de 1,30 m es ligeramente inferior al obtenido en Surinam (58) que es de 1,5 m para la especie Cedrela angustifolia y superior a la especie Guarea longipetiola en el mismo lugar de plantación y con menor edad (Cuadro 15). El crecimiento medio anual en diámetro de 1,42 cm es ligeramente inferior al obtenido en Surinam (58) de 1,50 cm y así también con respecto a la G. longipetiola del Arboretum Viejo de 10 años de edad.

En la supervivencia, el G. guianensis (Cuadro 14) muestra inferioridad con respecto a la especie G. longipetiola, Amyris barbata y superioridad sobre las especies C. arborescens, D. cubilquitzensis, D. retusa y P. saman; todas en el Arboretum Viejo. La mortalidad se debe a daños mecánicos por un herbívoro en el inicio de la plantación y no a un daño entomológico, ya que no se ha notado hasta el momento, ataques de la larva Hypsipyla ferrealis (Hampson).

La forma y aspecto del crecimiento de los árboles es bastante buena. Fustes rectos y libres de ramas en los primeros 2,86 m como promedio a los seis años de edad. Son pocos todavía los datos que existen sobre el crecimiento en plantaciones de esta especie; no se encuentran en la literatura tablas volumétricas. Se observó que dos árboles no tuvieron buen crecimiento con respecto a los demás en la misma plantación, los que se notaban muy delgados, debido a que estaban muy próximos a una plantación de Colubrina arborescens, lo que hace pensar que esta especie reacciona positivamente al efecto de la dosificación de la luz y a la liberación de la vegetación indeseable (58).

El incremento medio anual en volumen total con corteza alcanzado por esta especie (Cuadro 14), es inferior al obtenido por la especie G. longipetiola.

5.4 Comportamiento de la especie Colubrina arborescens (Mill.) Sarg.

El incremento medio anual en altura de 1,32 m de la especie C. arborescens del Arboretum Viejo es inferior al obtenido en Florencia Sur, 1,88 m (Cuadro 15) y superior al de Puente Cajón, 1,26 m, a pesar de que en estos dos últimos lugares, sólo tienen cinco años de edad. El diámetro medio con corteza para esta misma especie del Arboretum Viejo, se observa que es superior con respecto a los otros dos lugares.

Para el C. arborescens de Florencia Sur, se observa que supera al de Puente Cajón, tanto en incremento anual en altura como en diámetro medio con corteza; las dos plantaciones tienen la misma edad. Esta diferencia se debe a la influencia del suelo. En Florencia Sur el drenaje es de bueno a excesivo. No ocurre esto en Puente Cajón donde el drenaje es deficiente (2). También, en Florencia Sur los terrenos son más fértiles que en Puente Cajón y la especie exige esta clase de suelos.

En los tres lugares de plantación, el incremento medio anual en altura, es superior a los obtenidos en Haití (20). En cuanto al incremento medio anual en DAP, las plantaciones del Arboretum Viejo y Florencia Sur muestran superioridad al registrado en Haití. No ocurre esto con la plantación de Puente Cajón.

En la supervivencia de los tres lugares de plantación, la de

Florencia Sur (Cuadro 14) presenta superioridad sobre las plantaciones del Arboretum Viejo y Puente Cajón. Las causas de la mortalidad se puede observar que se debe casi exclusivamente a la influencia del suelo.

Al juzgar la forma y aspecto del crecimiento de los árboles en los tres lugares de plantación, en comparación con su habitat natural, se revela mejor en la plantación de Florencia Sur; presenta el mejor aspecto general, fuste más recto y libre de ramas en los primeros 4,20 m y copa mejor conformada en sólo cinco años de edad, confirmando lo sucedido en el bosque de Guilarte (41). Le sigue en orden de importancia, la plantación del Arboretum Viejo y por último la de Puente Cajón, en donde la especie no ha tenido el éxito esperado.

El incremento medio anual en volumen total o comercial con corteza alcanzado por esta especie en los tres lugares de plantación es alto (Cuadro 14) para la plantación de Florencia Sur a sólo cinco años de edad, y bajo para las plantaciones del Arboretum Viejo y Puente Cajón.

5.5 Comportamiento de la especie Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier

El incremento medio anual en altura, en cinco plantaciones y cuatro lugares (Cuadro 15), de 1,32 m en Bajo Chino es superior a los incrementos en el Arboretum Viejo, 0,67 y 1,00 m, La Isla a los 23 años de edad, y La Lola a los 18 años de edad, 0,59 y 0,83 m, respectivamente. El incremento medio anual en DAP demuestra superioridad en Bajo Chino con 1,36 cm; siguiéndole en orden de importancia

la plantación del Arboretum Viejo de 12 años de edad con 1,24 cm; La Lola, 1,17 cm; La Isla, 0,89 cm y finalmente, la plantación del Arboretum Viejo de 17 años de edad con 0,80 cm.

El D. cubilquitzensis del Arboretum Viejo de 12 años de edad supera al de 17 años de edad, tanto en incremento medio anual en altura como en DAP, parece que se debe a podas, dejando el fuste mejor formado y permitiendo de esta manera, una concentración de energía en el crecimiento tanto en altura como en diámetro en un solo fuste.

En la supervivencia de las cinco plantaciones, la plantación del Bajo Chino (Cuadro 14) muestra superioridad sobre las demás plantaciones de esta misma especie. Las causas de la mortalidad son debidos al factor suelo. En los casos del Arboretum Viejo y La Isla, son suelos propios para cultivos agrícolas donde deben aplicarse fertilizantes; mientras en el Bajo Chino se recomienda que exista vegetación natural y lotes de plantación de árboles (2). En La Lola, el factor limitante en el crecimiento, es el drenaje impedido y exceso de precipitación (5).

Al juzgar la forma y aspecto del crecimiento de los árboles en los cuatro lugares de plantación, en comparación con su habitat natural, se revela mejor la plantación del Bajo Chino. Esta presenta el mejor aspecto general; fuste más recto y libre de ramas hasta casi la mitad de su longitud y copa mejor conformada y en sólo 13 años de edad. Le siguen en orden de importancia, la plantación de La Lola, La Isla y por último, las plantaciones del Arboretum Viejo, en que es mejor la plantación de 12 años de edad sobre la de 17 años de edad.

El incremento medio anual en volumen comercial con corteza alcanzado por esta especie en los cuatro lugares de plantación (Cuadro 14)

es alto para la plantación de La Isla, regularmente alto para la plantación del Bajo Chino, medianos para las plantaciones del Arboretum Viejo de 17 años de edad y La Lola y bajo para la plantación del Arboretum Viejo de 12 años de edad.

5.6 Comportamiento de la especie Dalbergia retusa Hemsl.

El incremento medio anual en altura de 0,49 m es inferior al obtenido por la especie D. cubilquitzensis en el mismo lugar y edad.

El incremento medio anual en DAP, demuestra ser inferior a la especie en comparación, 0,76 cm. En ambas especies, D. retusa y D. cubilquitzensis, no se hicieron podas, para dejar el mejor fuste. Esta diferencia en el crecimiento tanto en altura como en diámetro, se debe a que D. retusa alcanza un tamaño menor en las zonas de mejor desarrollo (8, 51), en comparación al D. cubilquitzensis.

En la supervivencia, la especie D. retusa muestra inferioridad también frente al D. cubilquitzensis (Cuadro 14), a la misma edad. La mortalidad, además del factor suelo (2), también es debido al factor climático, ya que esta especie es propia del "bosque tropical seco" (8).

Al juzgar la forma y aspecto del crecimiento de los árboles de la especie D. retusa, en comparación con su habitat natural, es regular. Fuste algo recto y libre de ramas hasta casi la tercera parte de su longitud; copa algo ancha y las ramas terminales algo colgantes, conservando la característica de desarrollo de su habitat natural.

El incremento medio anual en volumen comercial con corteza

alcanzado por esta especie, es bajo (Cuadro 14), considerando que corresponde a 17 años de edad.

5.7 Comportamiento de la especie Guarea longipetiola C. DC.

El incremento medio anual en altura de 1,07 m es superior al obtenido para la especie Amyris barbata e inferior con respecto a la especie Colubrina arborescens (Cuadro 15), en el mismo lugar y edad. El incremento medio anual en DAP de 1,63 cm, demuestra ser superior a las dos especies en comparación. Se puede establecer así que esta especie alcanza un buen desarrollo en el caso de la condición ecológica "bosque muy húmedo premontano" en Costa Rica.

En la supervivencia, la especie G. longipetiola (Cuadro 14), muestra superioridad sobre las dos especies en comparación. No se registraron causas de mortalidad por lo que se puede reafirmar su adaptación a esta condición ecológica.

Al juzgar la forma y aspecto del crecimiento de los árboles, en comparación con su habitat natural, es muy buena para la edad de 10 años. Presentan fustes rectos y libres de ramas hasta un poco más de la mitad de su longitud y copa bien conformada.

El incremento medio anual en volumen comercial de corteza alcanzado por esta especie es alto (Cuadro 14), si tenemos en cuenta que corresponde a 10 años de edad.

5.8 Comportamiento de la especie Pithecellobium saman (Jacq.) Benth

El incremento medio anual en altura de 0,41 m del Arboretum Viejo es inferior al obtenido en La Lola, 0,98 m (Cuadro 15), a

pesar de que la plantación del Arboretum Viejo tiene 23 años de edad y la de La Lola sólo 13 años de edad. El incremento medio anual en DAP de 0,72 cm de la plantación del Arboretum Viejo también es inferior al de la plantación de La Lola, 2,45 cm. Se puede concluir que la especie P. saman de La Lola, alcanza muy buen desarrollo en el caso de la condición ecológica "bosque húmedo tropical" en Costa Rica.

En la supervivencia de las plantaciones, la del Arboretum Viejo demuestra ser inferior a la plantación de La Lola. Las causas de la mortalidad se debe exclusivamente a la influencia del suelo ya que esta especie necesita suelos fértiles y profundos (20). En el caso de la plantación del Arboretum Viejo, la mortalidad, además del suelo, también está influenciada porque el espaciamiento es compacto, 3,50x 3,50 m, lo que comprueba lo sucedido en Africa Tropical (48).

Al juzgar la forma y aspecto de los árboles, se revela mejor la plantación de La Lola. Esta presenta el mejor aspecto general, fuste más recto y grueso y libre de ramas hasta la tercera parte de su longitud; copa mejor conformada.

El incremento medio anual en volumen comercial con corteza alcanzado por las plantaciones, es bajo (Cuadro 14), sobretudo para la plantación del Arboretum Viejo que corresponde a 23 años de edad.

Hay que tener en cuenta que en los casos de incremento medio anual en volumen con corteza por hectárea, se empleó el volumen comercial para todas las especies en los distintos lugares de plantación, a excepción de la especie Carapa guianensis del Arboretum Viejo y Colubrina arborescens de Florencia Sur y Puente Cajón, en que se

empleó el volumen total, porque el límite comercial de 10 cm de diámetro no se ajustaba a ellas por ser plantaciones jóvenes.

Para la relación altura total con DAP en cada una de las especies, por lo general, nos ofrece una confiabilidad de ajuste muy bajo y este resultado está de acuerdo con Chapman y Meyer (14) que dicen que las curvas de altura sobre diámetro no representan una relación biológica definida.

6. CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos, se concluye que:

1. Las especies de mejor comportamiento tuvieron y cuales se recomiendan para plantación en escala comercial en la región de Turrialba, teniendo en cuenta el incremento medio anual en altura y DAP, fueron en orden de importancia: Colubrina arborescens de Florencia Sur, Dalbergia cubilquitzensis del Bajo Chino, Carapa guianensis del Arboretum Viejo y Guarea longipetiola del Arboretum Viejo. Las que no tuvieron buen comportamiento fueron, respectivamente: Pithecellobium saman del Arboretum Viejo, Dalbergia retusa del Arboretum Viejo y Anacardium excelsum de La Isla, en la condición ecológica de "bosque muy húmedo premontano" y "bosque húmedo tropical", en Costa Rica.
2. En las zonas de vida "bosque muy húmedo premontano" y "bosque húmedo tropical", las condiciones climatológicas han influido el comportamiento de la mayoría de las especies en estudio, favoreciendo las especies nativas de estas zonas ecológicas en general.
3. Los suelos de las dos zonas de vida y los de dentro de cada zona, han tenido influencia primordial sobre el crecimiento en altura y diámetro de los árboles de las especies en estudio. El mayor impedimento al crecimiento de las especies en las dos zonas de vida parece ser el drenaje del suelo y sus efectos correlacionados, capa freática y profundidad.

4. Las especies de gran crecimiento y desarrollo no prosperaron bien con un espaciamiento compacto, como sucedió con las especies Anacardium excelsum de La Isla y Pithecellobium saman del Arboretum Viejo, la que incidió mayormente en la supervivencia de estas plantaciones.
5. En los resultados del volumen comercial o total con corteza, se observó la influencia del suelo, para una misma especie o diferentes especies, en distintos lugares de plantación.
6. Los coeficientes de determinación de las ecuaciones logarítmicas utilizadas en cada una de las plantaciones de las diferentes especies, para la relación DAP-altura total y comercial, no ofrecen, por lo general, una confiabilidad de ajuste muy bueno.
7. En los casos de que un mismo "pie" de árbol se ramifica en varios fustes por debajo del DAP, se obtiene un buen ajuste para la relación DAP-diámetro de copa, promediando el DAP entre el número de tallos, como sucedió con las especies Dalbergia cubilquitzensis del Arboretum Viejo de 17 años de edad y La Lola, Dalbergia retusa del Arboretum Viejo y Colubrina arborescens de Puente Cajón.
8. Para la especie D. retusa, en la relación DAP-diámetro de copa, se obtuvo un comportamiento no definido para esta relación.
9. Los coeficientes de determinación de las ecuaciones logarítmicas, indican 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.

10. La altura comercial o aprovechable varió mucho en cada una de las especies por el criterio de tomar esta altura hasta la primera rama u hoja viva o bifurcación del tallo principal. Como consecuencia los volúmenes totales o comerciales resultaron muy variables y en ciertos casos, no guardan relación con el buen comportamiento de algunas especies, como Carapa guianensis.
11. Todas estas conclusiones son preliminares, porque generalmente se trató de árboles jóvenes. Con edad mayor esos resultados de las especies pueden cambiar considerablemente.

7. RESUMEN

El Departamento de Ciencias Forestales Tropicales del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación (CTEI) del IICA y la finca experimental La Lola establecieron a partir de 1949, plantaciones experimentales con el objeto de obtener datos preliminares sobre el crecimiento de especies forestales de maderas valiosas, bajo la condición ecológica de bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo tropical de Holdridge de la zona Atlántica de Costa Rica.

El objetivo del presente estudio fue observar el comportamiento de ocho especies forestales comerciales, Amyris barbata Lundell, Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels, Carapa guianensis Aubl., Colubrina arborescens (Mill.) Sarg., Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier, Dalbergia retusa Hemsl., Guarea longipetiola C. DC. y Pithecellobium saman (Jacq.) Benth, teniendo en cuenta los factores climáticos y edáficos; así también, el estudiar y establecer el tipo de relación existente entre algunas variables dasométricas, y estimar el grado de asociación existente en estas relaciones.

Los análisis realizados fueron: relación edad-altura total, diámetro-corazón, diámetro a la altura del pecho (DAP)-altura total y comercial, DAP-diámetro de copa, volumen total o comercial con corteza, relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza, volumen de corteza en porcentaje, relación DAP-volumen de corteza (%), supervivencia, crecimiento de las plantaciones y anillos de crecimiento.

Como variables se utilizaron del árbol: DAP, altura total y

comercial, corazón, diámetro de copa, grosor de corteza y número de tallos por árbol; y del sitio: altitud, precipitación, temperatura promedio y propiedades físicas y químicas y capacidad de uso de los suelos.

Para el estudio de las asociaciones entre las variables dasométricas de las ocho especies forestales, se aplicaron cuatro modelos matemáticos: lineal, logarítmico, geométrico y cuadrático.

Para la relación edad-altura total de la especie Carapa guianensis, se observó que la función geométrica del tipo $y = b_0 b_1^X$ describía mejor el comportamiento de la altura en función de la edad. Esta relación se hizo para esta especie, por tratarse de árboles jóvenes.

Para la relación diámetro-corazón, de las especies Dalbergia cubilquitzensis y D. retusa en las plantaciones en estudio, se utilizó la ecuación lineal del tipo $y = b_0 b_1 X$, por presentar mejor bondad de ajuste. La plantación de La Lola mostró mejor comportamiento que las demás; pero en general, todas mostraron un coeficiente de determinación muy bueno.

Para la relación DAP-altura total y comercial de todas las plantaciones, se ajustó mejor la ecuación logarítmica del tipo $y = b_0 X^{b_1}$. Para el caso de la relación DAP-altura aprovechable, no se aplicó esta asociación a las especies C. guianensis del Arboretum Viejo y Colubrina arborescens de Florencia Sur y Puente Cajón, por ser plantaciones jóvenes y no alcanzar los árboles el límite comercial de 10 cm de DAP; en esta relación, se encontró un coeficiente de determinación siempre inferior a 0,37 para todas las ecuaciones empleadas, a excepción de las Dalbergia's que con las características de tener ramas

horizontales y colgantes, hacen que haya un buen ajuste para esta relación, lo que prueba que esta asociación es bastante débil en plantaciones experimentales.

Para la relación DAP-diámetro de copa en las plantaciones, se encontró que la ecuación lineal del tipo $y = b_0 + b_1X$ dio un mejor ajuste. La plantación de D. cubilquitzensis de La Isla, presentó el ajuste más alto y el Amyris barbata, el ajuste más bajo para esta relación.

Al estimar el volumen con corteza en m^3/ha , teniendo en cuenta el volumen comercial o total de los árboles, se encontró que variaban tanto entre lugares de plantación como entre especies. El menor volumen con corteza corresponde al Colubrina arborescens de Puente Cajón y el mayor al D. cubilquitzensis de La Isla, con 16,19 y 250,23 m^3/ha , respectivamente.

Para la relación número de tallos por árbol-volumen comercial con corteza en m^3 , de las especies D. cubilquitzensis y D. retusa, se obtuvo que la ecuación logarítmica del tipo $y = b_0X^{b_1}$ dio un mejor ajuste. De acuerdo a los resultados, se recomienda hacer la poda de tallos al poco tiempo de instalada la plantación, para dejar el fuste mejor conformado.

Se investigó también el volumen de corteza y se encontró que este porcentaje de las especies estudiadas por separado, decrece con el aumento del DAP. El factor de relación (K), dado por el DAP sin corteza sobre el DAP con corteza es directamente proporcional al DAP del árbol.

7a. SUMMARY

Beginning in 1949 the Department of Tropical Forest Sciences of IICA-CTEI established small experimental plantations of valuable forest tree species in Turrialba and the research farm La Lola, within the "very moist premontane forest" and "humid tropical forest" life zones of Holdridge's classification system.

The objective of this study was to determine growth relationships of eight commercial forest tree species, Amyris barbata Lundell, Anacardium excelsum (Bert. & Balb.) Skeels, Carapa guianensis Aubl., Colubrina arborescens (Mill.) Sarg., Dalbergia cubilquitzensis (D. Smith) Pittier, Dalbergia retusa Hemsl., Guarea longipetiola C. DC. and Pithecellobium saman (Jacq.) Benth. Climatic and edaphic factors related to growth as well as some mensurational relationships within and between the species were also studied.

Data analysis included: correlations between age and total height; diameter and heartwood in the two species of Dalbergia; dbh and total height; dbH and commercial height; dbh and crown widths; total volume and bark volume; commercial volume and bark volume; volume of bark in %; DBH and volume of bark in %; survival %; growth of the plantations and growth rings.

Tree variables studied were: dbh, total and commercial height, heartwood %, crown diameter, bark thickness and stems per tree. Site variables included: altitude; precipitation; average temperature; physical, chemical and productive capacity of the soils.

To study the association between the mensurational variables

of the eight forest species, four mathematical models were applied: linear, logarithmic, geometric and quadratic.

The relationship between age and total height in Carapa guianensis was best described by the geometric function $t = b_0 b_1^X$. This function was used because of the young age of the trees of the species.

In Dalbergia cubilquitzensis and Dalbergia retusa the linear equation $y = b_0 + b_1 X$ provided best adjustment in the relationship of diameter to heartwood. The plantation in La Lola showed better growth rates than the others. But in general, all of them had a good determination coefficient.

The relationship between dbh and total and commercial heights of all plantations was best adjusted by the logarithmic equation $y = b_0 X^{b_1}$. In the case of the relationship of dbh and commercial height, this correlation was not applied for the species C. guianensis of the old arboretum and Colubrina arborescens of Florencia Sur and Puente Cajón because of the young age of the trees. Many of the trees did not reach the commercial limit of 10 cm dbh. In this relationship, the determination coefficient was always less than 0.37 in all of the equations used with the exception of the two species of Dalbergia which, characteristically, have horizontal branches and many stems per trunk. This correlation, however, may be quite fragile in experimental plantations.

For the relationship dbh and diameter of the crown, it was determined that the linear equation $y = b_0 + b_1 X$ provided best adjustment. The species Dalbergia cubilquitzensis of La Isla, presented

the highest adjustment and Amyris barbata the lowest.

In estimating the volume with bark in m^3/ha , using the commercial and total heights of the trees, it was determined that there is great variation, not only between the various locations of the plantations, but also within the species. The smallest bark volume was encountered in Colubrina arborescens in Puente Cajón and the largest in Dalbergia cubilquitzensis of La Isla, with 16.19 and 250.23 m^3/ha respectively.

With respect to the number of stems per tree and commercial volume with bark in m^3 , in the species Dalbergia cubilquitzensis and D. retusa the logarithmic equation $y = b_0 x^{b_1}$ provided best adjustment. It is recommended that the multiple stems be cut shortly after plantation establishment to concentrate growth in one single stem.

The volume of bark was also studied for each species. It was determined that it decreases with increasing age of the trees. The K factor relationship between dbh without bark and dbh with bark is directly proportional to the dbh of the tree.

8. LITERATURA CITADA

1. AGUILAR G., J. I. Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. 2a. ed. Guatemala, Tip. Nacional, 1966. 383 p.
2. 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.
3. ALBA, J. DE Y SEMPLE, A. T. Investigación sobre forrajes en Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Publicación Miscelánea no. 33. 1965. 25 p.
4. ALLEN, P. H. The rain forest of Golfo Dulce. Gainesville, University of Florida, 1965. 417 p.
5. BAZAN S., R. Soil survey of La Lola cacao farm. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1963. 127 p.
6. BEYER, W. H., ed. Handbook of tables for probability and statistics. Cleveland, Ohio, Chemical Rubber, 1966. pp. 441-449.
7. 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.
8. BUDOWSKI, G. La identificación en el campo de los árboles forestales más importantes de la América Central. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1954. 326 p.
9. _____ y SCHREUDER, G. F. The climate of Turrialba. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Communications from Turrialba no. 68, 1961. 19 p.
10. CALIX P., R. Identificación dendrológica y anatómica de 37 especies arbóreas en Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 244 p.
11. CONTRIBUCIONES PARA la flora de Venezuela: Geraniales. Boletín del Ministerio de Relaciones Exteriores (Venezuela) no. 7:293-356. 1930.
12. COOPER, P. Espavé (Anacardium rhinocarpus DC.). Tropical Woods no. 22:4-9. 1930.

13. COSTA RICA. INSTITUTO GEOGRAFICO. Mapa topográfico. Tucurrique. San José, 1963. Escala 1:50.000. 1 h.
14. CHAPMAN, H. H. y MEYER, W. H. Forest mensuration. New York, McGraw-Hill, 1949. 522 p.
15. DONDOLLI B., C. y TORRES, J. A. Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.
16. ESPINAL T., L. S. Varios árboles y arbustos que se encuentran en Colombia. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1963. 104 p.
17. FISHER, R. A. y YATES, F. Statistical tables for biological, agricultural and medical research. 6th ed. Edinburgh, England, Oliver and Boyd, 1970. pp. 110-121.
18. FLINTA, C. M. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cuaderno de Fomento Forestal no. 15. 1960. 497 p.
19. FONT QUER, P. Diccionario de botánica. Barcelona, Labor, 1963. 1244 p.
20. FORS, A. J. Las maderas cubanas. La Habana, Secretaría de Agricultura, Comercio y Trabajo, Dirección de Montes y Minas, 1929. pp. 3-98.
21. GARCIA-PIQUERA, C. Glosario de terminología forestal. Puerto Rico. Departamento de Agricultura y Comercio. Monografías no. 5. 1955.
22. 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 no. 3. s.f. 350 p. (FO:SF/PAN 6).
23. GILL, T. Tropical forests of the Caribbean. Washington, D.C., Tropical Plant Research Foundation, 1931. 317 p.
24. GONZALEZ T., G. E. Propiedades de la madera de algunas meliáceas de la América Tropical. San José, Costa Rica, IICA, Laboratorio de Productos Forestales, 1973. 17 p. (mimeografiado).
25. GUZMAN, D. J. Especies útiles de la flora salvadoreña. 2a. ed. San Salvador, El Salvador, Imprenta Nacional, 1947. 691 p.

26. HARDY, F. The soils of the I.A.I.A.S. area. Turrialba, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1961. 76 p. (mimeografiado).
27. HOLDRIDGE, L. R. Dendrología práctica de los trópicos americanos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1956. 32 p.
28. _____, LAMB, F. B. y MASON, B. Los bosques de Guatemala. Informe General de Silvicultura, Manejo y Posibilidades Industriales de los Recursos Forestales de Guatemala. Guatemala, IICA, Zona Norte, 1950. 174 p.
29. _____. Mapa ecológico de Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Materiales de Enseñanza en Café y Cacao no. 16. Escala 1:1.000.000. 1 h.
30. _____. Life zone ecology. San José, Costa Rica. Tropical Science Center, 1964. 124 p.
31. _____. Diagrama para la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1966. 1 p.
32. _____. Manual de identificación de los árboles de Costa Rica. I y II. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 99 p.
33. _____. Ecología de las meliáceas latinoamericanas. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1973. 2 p. (mimeografiado).
34. _____. Taxonomía de las meliáceas latinoamericanas. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1973. 3 p. (mimeografiado).
35. HESS, R. W., WANGAARD, F. F. y DICKINSON, E. Properties and uses of tropical woods, II. Tropical Woods no. 97:31-35. 1950.
36. HUNTER, J. R. Una nueva guía para el planeamiento del uso de la tierra en los trópicos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Materiales de Enseñanza de Café y Cacao no. 15. 1959. 33 p.
37. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. Plano de contornos (C. 10 m) de los terrenos del CEI.. Turrialba, Costa Rica, 1961. Escala 1:5.000. 1 h.

38. 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. (mimeografiado).
39. JIMENEZ SAA, H. Los árboles más importantes de la serranía de San Lucas. Bogotá, Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables y Proyectos Forestales FAO-INDERENA-UNDP, 1970. 240 p.
40. KUKACHKA, B. F. Foreign series: Crabwood, Carapa spp. (Meliaceae). U.S. Forest Products Laboratory. Report no. 2247. 1962. 6 p.
41. LITTLE JR., E. L., WADSWORTH, F. H. y MARRERO, J. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. San Juan, Universidad de Puerto Rico, 1967. 827 p.
42. _____ y DIXON, R. G. Árboles comunes de la provincia de Esmeraldas. Estudio de pre-inversión para el desarrollo forestal del Noroccidente, Ecuador; informe final. Roma, FAO, 1969. v. 4, 536 p.
43. LLACH, L. C. Propiedades físicas y mecánicas de ciento trece especies. III. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Informe Técnico no. 3. s.f. 299 p. (FAO:SF/PAN 6).
44. MAGANI, E. y TULSTRUP, N. P. Notas sobre semillas forestales: I. Zonas áridas y II. Zonas tropicales húmedas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cuaderno de Fomento Forestal no. 5. 1956. 370 p.
45. MANUAL PROVISIONAL para uso en el campo de identificación de árboles de la zona de Esmeraldas, Ecuador. s.l., Desarrollo Forestal del Noroccidente, 1966. 160 p.
46. MARSHALL, R. C. Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago, British West Indies. London, Oxford University, 1939. 247 p.
47. MERKER, C. A. et al. The forests of Costa Rica. Washington, D. C., Department of Agriculture, 1943. 48 p. (mimeografiado).
48. PARRY, H. S. Métodos de plantación de bosques en el Africa Tropical. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cuaderno de Fomento Forestal no. 8. 1957. 333 p.

49. REARK, J. B. The forest ecology of the Reventazon Valley. Thesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IAIAS, 1952. 102 p.
50. RECORD, S. J. y KUYLEN, H. Trees of the lower Rio Motagua Valley, Guatemala. Tropical Woods no. 7:10-29. 1926.
51. _____ y HESS, R. W. Timbers of the new world. New Haven, Yale University, 1943. 640 p.
52. SCHREUDER, E. J. Informe al Gobierno de Honduras sobre la silvicultura hondureña en 1952-54. Roma, FAO, 1955. 93 p. (FAO-ETAP no. 375).
53. SLOOTEN, H. J., VAN DER y GONZALEZ, M. E. Maderas latinoamericanas. V. Carapa spp., Virola koschnyi, Terminalia lucida y Brosimum costaricanum. Turrialba (Costa Rica) 20(4):503-510. 1970.
54. SORIA, J. et al. Finca La Lola. Cacao (Costa Rica) 14(1):1-42. 1969.
55. STANDLEY, P. C. Flora of Costa Rica. Chicago, Field Museum of Natural History, 1937-38. 4 v. (Botanical Series, v. 18).
56. TURNER, M. R. y VEILLON, V. P. Estudio de las zonas forestales del Estado de Portuguesa, Trad. del inglés y francés por Gerardo Budowski. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría, 1949. 65 p.
57. VALDERRAMA, L. E., MONTENEGRO, E. y GALINDO, J. Reconocimiento forestal del Departamento de Cundinamarca. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1964. 86 p.
58. VEGA C., L. Influencia de la silvicultura en el comportamiento de Cedrela en Surinam. Paramaribo, Surinam, 1973. 32 p. (mimeografiado).
59. 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.

9. A P E N D I C E

Cuadro 2. Mediciones de altura total de Carapa guianensis Aubl.
hasta seis años de edad.

Localidad	Nº codif.	A l t u r a t o t a l (m)		
		12	meses 36	72
Arboretum Viejo	01	0,92	1,40	6,15
	02	0,72	1,14	9,50
	03	0,50	1,35	4,70
	04	0,76	1,05	10,00
	05	0,50	0,90	5,30
	06	0,66	0,98	7,00
	07	0,52	0,80	8,50
	08	0,64	1,20	7,15
	09	0,84	1,40	12,25
	10	0,40	1,00	6,30
	11	0,56	0,90	9,10
	12	0,72	1,40	*

* Arbol muerto por daño mecánico (herbívoro)