CRECIMIENTO DEL ROBLE (*Tabebuia rosea*) Y DEL CEDRO (*Cedrela odorata*) EN LA REGION DE URABA, ANTIOQUIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
BIBLIOTECA CENTRAL

JORGE IGNACIO DEL VALLE ARANGO

Trabajo de promoción presentado para optar al escalafón de Profesor Titular.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
MEDELLIN, 1985

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "LEE" GOMEZ

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la COMPAÑIA REFORESTADORA DE LA COSTA, su colaboración en la medición de 1982.

También deja testimonio de agradecimiento para con el ingeniero ALFREDO MORENO V., Jefe de la Estación Forestal CONIF-CORPOURABA en Apartadó, por el apoyo permanente que brindó para que el estudio se pudiera realizar.

UNIVERSIDAD NACIONAL
BIBLIOTECA CENTRAL
26079

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	x
INTRODUCCION	1
1. REVISION DE LITERATURA	5
1.1 ESTUDIOS DE CRECIMIENTO EN Tabebuia rosea	5
1.2 ESTUDIOS DE CRECIMIENTO EN Cedrela	8
2. LOCALIZACION DEL ESTUDIO	15
3. AMBIENTE BIOFISICO	17
3.1 EL CLIMA Y LAS ZONAS DE VIDA	17
3.2 LOS SUELOS Y LA GEOMORFOLOGIA	20
4. METODOLOGIA	24
4.1 TIEMPOS DE PASO	24
4.2 TABLAS DE RENDIMIENTO	27
4.3 ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS	29
4.4 DETERMINACION DE RELACIONES ALOMETRICAS	33
4.5 DETERMINACION DEL VOLUMEN INDIVIDUAL Y POR HECTAREA ..	34
4.6 ESTADO TAXONOMICO DEL ROBLE ESTUDIADO	36

Pág.

4.7 ESTADO TAXONOMICO DEL CEDRO ESTUDIADO 37

5. RESULTADOS Y DISCUSION 39

5.1 REPRESENTATIVIDAD DEL PERIODO DE MEDICIONES 39

5.2 EL CRECIMIENTO DEL ROBLE 43

5.2.1 Coetaneidad de las regeneraciones de roble 43
5.2.2 Caracterización de los suelos para el roble 46
5.2.3 Relaciones alométricas 50
5.2.4 Ecuaciones de volumen individual 51
5.2.5 Construcción de las curvas de crecimiento diamétrico por el método de los tiempos de paso 54
5.2.6 Efecto de las entresacas en las curvas del crecimiento diamétrico en el roble 61
5.2.7 Pronóstico del efecto de entresacas en el área y en el volumen 64
5.2.8 Tabla de rendimiento o producción 72

5.3 EL CRECIMIENTO DEL CEDRO 76

5.3.1 Caracterización de los suelos donde crece el cedro . 76
5.3.2 Ecuaciones de volumen individual 79
5.3.3 Relaciones alométricas y tarifa de cubicación 80
5.3.4 Construcción de las curvas de crecimiento diamétrico del cedro por el método de los tiempos de paso 80
5.3.5 Efecto de las entresacas en las curvas del crecimiento diamétrico en el cedro 90
5.3.6 Pronóstico del efecto de entresacas en el área basal y en el volumen del cedro 94

BIBLIOGRAFIA 101

LISTA DE TABLAS

Pág.

TABLA 1. Datos de crecimiento de Cedrela en América. (Wadsworth, 1960) 11

TABLA 2. Distribución mensual de la precipitación en varias estaciones de la región de Urabá. Se indican además los déficit hídricos edáficos cuando existen 19

TABLA 3. Parcelas permanentes de cedro 30

TABLA 4. Parcelas permanentes y temporales de roble 31

TABLA 5. Comparación entre la precipitación promedia anual según los registros históricos de varias estaciones de la región de Urabá, y el promedio anual durante el período de mediciones del roble y la mayor parte del correspondiente al cedro 42

TABLA 6. Prueba de "chi cuadrado" para la normalidad de las distribuciones de las parcelas permanentes . 44

TABLA 7. Comparación entre el crecimiento periódico (2,1 años) del 25% de los árboles más grandes y más pequeños en las parcelas de roble 47

Pág.

TABLA 8. Características de los suelos superficiales (0-25 cm) de las parcelas con regeneraciones de roble 49

TABLA 9. Evaluación de las ecuaciones de volumen para el roble 53

TABLA 10. Crecimiento anual del diámetro del roble por clases diamétricas: 20%, 40%, etc. corresponden a sucesivos porcentajes de árboles en cada clase diamétrica de mayor crecimiento hasta el 100% .. 55

TABLA 11. Cálculo del tiempo requerido para que el roble alcance sucesivos límites de clase diamétrica. Se hace el cálculo tanto para el total de árboles medidos así como para fracciones acumuladas de a 20% de los árboles de mayor crecimiento .. 58

TABLA 12. Cálculo del diámetro en pie después de las entresacas y del diámetro medio entresacado 67

TABLA 13. Rendimiento de Tabebuia rosea en la región de Urabá 73

TABLA 14. Características de los suelos superficiales (0-25 cm) de algunas de las parcelas con regeneración de cedro 77

TABLA 15. Crecimiento anual del diámetro de cedro por clases diamétricas: 20%, 40%, etc. corresponden a sucesivos porcentajes de árboles en cada clase diamétrica de mayor crecimiento hasta 100% 82

Pág.

TABLA 16. Cálculo del tiempo requerido para que el cedro alcance sucesivos límites de clase diamétrica. Se hace el cálculo para el total de árboles medidos así como para fracciones acumuladas de a 20% de los árboles de mayor crecimiento 88

TABLA 17. Cálculos del diámetro medio del cedro antes y después de la entresaca 94

TABLA 18. Rendimiento de Cedrela odorata en la región de Urabá 97

LISTA DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1. Area de estudio con la localización de las parcelas e isoyetas 16

FIGURA 2. Distribución diamétrica normalizada para dos parcelas de roble en dos fechas de medición ... 45

FIGURA 3. Distribución diamétrica normalizada para las parcelas de roble 3 + 4 y 9 + 10. Se indican las fechas de medición 45

FIGURA 4. La altura total (ht) y del fuste (hf) en función del diámetro normal en roble 52

FIGURA 5. Crecimiento diamétrico para diferentes fracciones de la población de Tabebuia rosea por tiempos de paso 57

FIGURA 6. Crecimiento acumulado del diámetro en función de la edad en Tabebuia rosea 60

FIGURA 7. Efecto de las entresacas en el diámetro del roble 62

FIGURA 8. Aumento del diámetro medio por efecto de las entresacas en el roble. Disminución del diámetro

Pág.

medio para obtener dimensiones de entresaca ... 65

FIGURA 9. Evolución del área basal y efecto de las entresacas por lo bajo en el roble. Se indica el número de árboles/ha. 66

FIGURA 10. Efecto de las entresacas en la producción del roble. Se indica el número de árboles/ha 71

FIGURA 11. Crecimiento medio y corriente periódico del volumen total en el roble 75

FIGURA 12. Crecimiento diamétrico para fracciones de a 20% de los árboles de mayor crecimiento de Cedrela odorata 85

FIGURA 13. Crecimiento del diámetro en el cedro obtenido por el método de tiempos de paso 87

FIGURA 14. Aumento del diámetro medio en el cedro por efecto de las entresacas. Disminución del diámetro medio para obtener dimensiones de entresacas .. 91

FIGURA 15. Efecto de las entresacas en el diámetro del cedro. Se indica el número de árboles por hectárea 93

FIGURA 16. Evolución del área basal y efecto de las entresacas por lo bajo en el roble. Se indica el número de árboles por hectárea 96

FIGURA 17. Evolución del volumen y efecto de las entresacas por lo bajo en el cedro. Se indica el número de árboles por hectárea 99

RESUMEN

En esta investigación se estudia el crecimiento de regeneraciones naturales coetáneas de cedro (Cedrela odorata) y de roble (Tabebuia rosea) en la región de Urabá, Antioquia, empleando el método de los tiempos de paso. Para el estudio del cedro se establecieron 17 parcelas permanentes, las primeras de las cuales se midieron en mayo de 1977 y por última vez en junio de 1984. Para las primeras etapas del crecimiento se midieron dos parcelas jóvenes de edad conocida. El total de árboles que aportaron información para el estudio del cedro fue de 290.

En el caso del roble se establecieron en junio de 1980 diez parcelas permanentes las cuales se remidieron en junio de 1982. Se utilizó además información de tres parcelas de edad conocida para el crecimiento inicial. En total se alcanzaron a medir en las dos fechas 638 árboles.

Con base en la información suministrada por tales mediciones se dibujaron gráficas del diámetro en función de la edad para el 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de los árboles en orden de los de mayor crecimiento hasta el total para ambas especies. Tal procedimiento posibilitó la

simulación del desarrollo de plantaciones con entresacas por lo bajo y de sus efectos en el diámetro, área basal y volumen. Como consecuencia de todo el procedimiento se elaboraron tablas de rendimiento para ambas especies.

Se prevee para el roble una producción final de 210 m^3/ha a los 25 años representada en 165 árboles de 45,5 cm de diámetro promedio. La producción final incluyendo las entresacas se estima en 379 m^3 / ha. Para el cedro las cifras correspondientes son: 191 m^3/ha a los 18 años con 115 árboles de 54 cm de diámetro. Producción total de 277 m^3/ha.

Se describen las características del medio biofísico bajo las cuales se producirían estos crecimientos.

Se desarrolló en la investigación un método para la obtención de tablas de rendimiento a partir de las curvas de crecimiento diamétrico obtenidas por tiempos de paso acumulados.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INTRODUCCION

El estudio del crecimiento y el rendimiento de las especies forestales es uno de los aspectos más importantes que atañen a la silvicultura. Mediante ellos se expresa en función de la edad para un determinado sitio la evolución de una especie en cuanto a su diámetro, volumen, altura y área basal. Sin un conocimiento adecuado del crecimiento y el rendimiento de una especie, no es posible determinar objetivamente la viabilidad económica de las plantaciones forestales. Esto se puede comprender diáfanamente si se tiene en cuenta que crecimiento medio, crecimiento corriente y rendimiento son los correspondientes términos forestales para lo que en economía se conoce respectivamente como la producción media marginal y total.

En la silvicultura las funciones de producción adquieren una destacada importancia por cuanto se trabaja con ciclos de producción largos, del orden de décadas. Por ello, se ha llegado a afirmar que en la economía forestal el tiempo es el más costoso de los insumos, haciendo referencia al altísimo monto de los intereses en relación con las inversiones iniciales necesarias para que se produzca la madera en un proceso de 10 a 50 o más años.

No obstante la señalada importancia que tienen los estudios de crecimiento, existe muy poca información al respecto adecuadamente sustentada, especialmente en los países tropicales. Ello se explica, entre otras razones, por las técnicas que se han empleado para su elaboración. En efecto, prácticamente todas las técnicas emplean métodos de regresión de las variables del crecimiento en función de la edad, para lo cual se requiere que existan plantaciones hasta la edad del turno. Esto implica haber iniciado plantaciones con un alto riesgo, desde antes de que se conozca la potencialidad de una especie. También se pueden elaborar en forma preliminar con pequeñas plantaciones experimentales, opción generalmente no viable por cuanto supondría la existencia de una investigación forestal organizada y eficiente durante las últimas décadas, situación que generalmente no se ha dado en países tropicales.

En Colombia este tipo de investigaciones ha tenido un avance relativo puesto que existen estudios de crecimiento y rendimiento para las principales especies forestales introducidas y cultivadas en el país a escala industrial; especialmente para especies de los géneros Pinus, Cupressus, Eucalyptus y Tectona. En cuanto se refiere a las especies nativas, la mayoría apenas si se han plantado experimentalmente desde hace pocos años, y pasará mucho tiempo antes de que existan las plantaciones con todas las clases de edad necesarias para que permitan la elaboración de funciones de crecimiento por los métodos convencionales. La misma situación se reproduce en toda la América Tropical.

Por esta circunstancia se ha considerado conveniente y útil desarrollar una metodología que permita producir curvas de crecimiento y rendimiento, como también de los efectos en el volumen, el diámetro y el área basal de entresacas simuladas, en plantaciones hipotéticas de especies tropicales. Como base de datos se emplearán mediciones de parcelas permanentes de regeneraciones naturales de edad desconocida, así como plantaciones experimentales jóvenes. En esencia el método es una ampliación del conocido método de tiempos de paso que, en su concepción original, solo permite obtener curvas que expresan el crecimiento promedio del diámetro de una especie en función de la edad. Tal aproximación podrá ser suficiente para estudiar el crecimiento de árboles del bosque original manejado o sin manejar; empero, es incompleta cuando se trata de plantaciones en las cuales hay que regular su densidad y efectuar un manejo más intensivo.

La metodología se ha desarrollado para dos especies de gran importancia en Colombia puesto que son de las de mayor demanda en ebanistería; ellas son el cedro (Cedrela odorata L.) y el roble (Tabebuia rosea (Bertol) DC.). Estas especies reunen muchos de los requisitos que deben tener las especies silvestres que se deseen incorporar a la reforestación. Entre ellos vale la pena señalar los siguientes: excelente calidad de madera, son especies heliófitas y secundarias, crecimiento moderado a rápido, producen abundante semilla anualmente, tienen una gran plasticidad, se desarrollan como masas homogéneas en áreas abandonadas por la agricultura o se asocian con los cultivos agrícolas y con los pastos.

Se considera que la información aquí producida relativa al crecimiento y al rendimiento del cedro y el roble, a pesar de sus limitaciones, permitirá un desarrollo más rápido y seguro de la silvicultura de estas especies.

La investigación que se presenta pretende alcanzar específicamente los siguientes objetivos:

1. Construir curvas de crecimiento del diámetro normal para Tabebuia rosea y Cedrela odorata desde su fase juvenil hasta dimensiones de aprovechamiento.

2. Desarrollar un método que permita obtener tablas de rendimiento para especies nativas de segundo crecimiento con las cuales aún no se han hecho reforestaciones, o éstas son aún muy recientes. Para el caso concreto del cedro y del roble estas tablas incluirán en función del tiempo la evolución del diámetro, la altura total y del fuste, el volumen y el área basal por hectárea. Se simularán entresacas y se determinará la producción y dimensiones del producto hasta un turno asumido, tanto para la masa principal como para la masa entresacada.

3. Se caracterizarán las condiciones medioambientales bajo las cuales es dable esperar que se cumplan las predicciones de crecimiento de las dos especies.

1. REVISION DE LITERATURA

1.1 ESTUDIOS DE CRECIMIENTO EN Tabebuia rosea

En la Espriella cerca de Tumaco, Colombia, bajo las condiciones de la asociación climática del Bosque Húmedo Tropical (3.200 mm de precipitación y temperatura de 26°C), la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal tiene establecida una serie de ensayos con diferentes especies entre las cuales se incluye Tabebuia rosea. Los ensayos que a continuación se reseñan fueron evaluados a la edad de cinco años por los estudiantes de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional, durante las prácticas docentes de Silvicultura Tropical en 1984. En un primer ensayo se comparó el efecto de la mezcla de Cedrela odorata con Cordia alliodora y Tabebuia rosea bajo tres tratamientos: 100%, 50% y 33% de cedro en mezcla con las otras dos. Se emplearon parcelas de 2.304 m^2 replicadas cuatro veces. Los resultados indicaron que no había diferencias estadísticas entre tratamientos y especies tanto en diámetro como en altura.

El roble creció durante estos cinco años 1,9 cm/año en el diámetro y 1,7 m/año en altura.

También se evaluó un ensayo de enriquecimiento con siete especies nativas: Jacaranda copaia, Cordia alliodora, Tabebuia rosea, Apeiba aspera, Hyeronima chocoensis, Virola dixonii y Brosimum utile. Los tratamientos hechos al bosque en el momento de establecimiento del experimento fueron liberación por lo alto y limpia de un callejón de cuatro metros de ancho, en cuyo centro se plantaron los árboles cada tres metros; el espaciamiento entre las líneas de plantación fué de siete metros. Los resultados indicaron diferencias significativas en cuanto al crecimiento en diámetro y altura. El roble ocupó el quinto lugar tanto en el crecimiento en altura con 1,3 m/año como en diámetro con 1,2 cm/año. El bajo crecimiento en la plantación de enriquecimiento en comparación con la plantación compacta seguramente está relacionado con las condiciones de baja iluminación que debió soportar el roble bajo el segundo de estos métodos de plantación.

Cartón Colombia (1982) ha realizado ensayos en la fase de arboreto con varias especies incluyendo Tabebuia rosea en las condiciones climáticas del Bosque Seco Tropical (1.100 mm de precipitación y cerca de 28°C), en el municipio de Luruaco, departamento del Atlántico, Colombia. Los suelos fértiles pero hidromórficos pertenecen al orden Vertisol, correspondiendo a las Asociaciones Edáficas Secas - Húmedas de Holdridge (1982). En el arboreto la Gloria de las 19 especies ensayadas sobrevivieron 10. Entre ellas, a los seis años, el roble ocupó la séptima posición en cuanto al crecimiento en altura y volumen (1,4 m/año; 4,1 m^3/ha/año). El crecimiento en volumen fué del orden de 10 veces menor que el de Gmelina arborea, la especie más exitosa.

En el arboreto San Benito entre nueve especies ensayadas Tabebuia rosea ocupó el sexto puesto en cuanto al crecimiento en altura y volumen a los dos y medio años de edad (1,8 m/año; 1,6 m^3/ha/año). Nuevamente aquí Gmelina superó ampliamente al roble. Una evaluación posterior a los cuatro años de edad situó el roble en el quinto lugar con 4,8 m^3/ha/año (Ladrach, 1984).

Después de tres años de investigación en Barinas, Venezuela (Lezama, 1976), en las condiciones del Bosque Seco Tropical, (1.600 mm de precipitación y 24°C de temperatura), las experiencias indican que la especie se comporta mucho mejor con el método Limba que a campo abierto tanto en suelos bien drenados como en aquellos con drenaje deficiente. Entre seis especies ensayadas Tabebuia rosea resultó la mejor cuando el factor drenaje se hacía más restrictivo.

En el Bosque Muy Seco Subtropical en Guatemala (925 mm de precipitación y 28,6°C) Tabebuia rosea ocupó el tercer lugar entre cinco especies ensayadas a los 3,3 años con 4,8 m de altura y nueve centímetros de diámetro normal (Zanotti, 1984).

En Turrialba, Costa Rica, en la zona de vida Bosque muy Húmedo Premontano (2.500 mm de precipitación y 22°C) el CATIE estableció un arboreto con 15 especies en el Campo Gamma en 1960. Nueve años después Tabebuia rosea ha crecido 1,7 cm/año en diámetro (Combe y Gewuald, 1979).

Webb (1980) menciona en su revisión de literatura un rango de crecimiento para esta especie de 10-20 m^3/ha/año. Estas cifras sin una edad de referencia y sin suficiente aval de la literatura citada no tienen mucha confiabilidad.

En cuanto a los suelos la especie demuestra su plasticidad al crecer desde suelos ácidos hasta alcalinos y, por lo general, con deficiencia de drenaje o influencia de inundaciones periódicas lo cual constituye una de las principales ventajas de la especie (Webb, 1980; Lezama, 1976; Pennington y Surukhan, 1980).

La ramificación simpódica (tipo Tabebuia según Pennington y Surukhan, 1968) con pocas ramas gruesas y horizontales, se considera como un defecto desde el punto de vista silvicultural de la especie.

No se halló en la literatura ningún estudio sobre el crecimiento de esta especie con edades de más de cinco años.

1.2 ESTUDIOS DE CRECIMIENTO EN Cedrela

Vega (1974) estudio en Surinam el crecimiento de Cedrela odorata por el método de tiempos de paso, Para el efecto midió el crecimiento diamétrico de 175 árboles durante siete años y obtuvo un crecimiento promedio de 1,1 cm/año en árboles de más de cinco centímetros de diámetro. El mayor crecimiento se observó entre los diámetros 15 a 35 cm con cifras de cerca de 1,5 cm/año. Con base en estos datos estima

que con el sistema de enriquecimiento se podría producir entre 100 y 150 árboles/ha con volumenes esperados, respectivamente, entre 150 y 270 m^3/ha a los 35 años.

En Surinam Cedrela angustifolia creció durante 22 meses 3,2 m/año en altura cuando la vegetación se quemó antes de la plantación. Este tratamiento fué significativamente superior a otros tres tratamientos consistentes en: eliminar la vegetación a machete en líneas; eliminar la vegetación en forma mecanizada; plantación a campo abierto. En estos tratamientos los crecimientos promedios fueron respectivamente 1,2; 1,1 y 0,7 m/año. En los sistemas de enriquecimiento los crecimientos en altura inicial obtenidos por Vega (1974) oscilaron entre 0,7 y 1,7 m/año.

Vega (1981) encontró tanto para C. adorata como para C. angustifolia que la intensidad del ataque de Hypsiphyla disminuye drásticamente cuando los árboles alcanzan 6,5 m de altura a campo abierto, lo cual ocurre a los tres años. Muy importante fué el efecto de la poda de los árboles atacados por el barrenador de los brotes; mediante este tratamiento se eliminan todos los brotes excepto el más vigoroso. A los 41 meses los árboles podados alcanzaron a campo abierto 7,4 m de altura en tanto que los no podados sólo 2,5 m. En enriquecimiento los árboles podados alcanzaron 2,7 m y los no podados 1,20 m de altura. En plantaciones de 13 años podadas los crecimientos diamétricos variaron entre 2,1 y 2,8 cm/año y en altura entre 1,0 y 2,2 m/año. A los seis años el crecimiento medio del volumen fué de 5,8

Wadsworth (1960) compiló la información de la Tabla 1 sobre el crecimiento de Cedrela en América Tropical hasta la fecha de publicación de su trabajo.

Se observa como, dependiendo de las condiciones del medio, el crecimiento diamétrico del cedro varía ampliamente desde 0,7 hasta 4 cm/año.

Lamb (1968) revisó mucha de la información existente hasta el momento de su publicación sobre el crecimiento de Cedrela. De acuerdo con este autor, en Guayaquil, Ecuador, en una zona con 1.200 mm de precipitación, una parcela de cedro alcanzó crecimientos excepcionalmente altos llegando a los 26 años a medir 35 m de altura y 112 cm de diámetro normal. En Nigeria, en el bosque húmedo tropical, dos parcelas de 32 y 42 años crecieron 1,74 y 1,4 cm/año respectivamente. El crecimiento en altura de otras tres parcelas promedió entre 1,20 y 1,40 m/año para edades entre 25 y 32 años. En cuanto al crecimiento en volumen registra para las edades previamente mencionadas, crecimientos medios entre 11,3 y 21,2 m^3/ha/año sin tener en cuenta las entresacas. Para el mismo país datos más recientes mencionan rendimientos de 455 m^3/ha en 40 años (Meyenfeldt et al, 1978). Según Karani, citado por Osorio (1983), en Uganda el cedro alcanzó en 3,6 años promedios de 9,7 m de altura y 11 cmm de diámetro. En este mismo país el cedro fué de las especies más promisorias en la subplantación de bosques tratados por liberación y los crecimientos oscilan entre 2 y 3 cm/año (Kriek, 1968).

TABLA 1. Datos de crecimiento de Cedrela en América. (Wadsworth, 1960)

País	Dominantes y Codominantes t(años)	d(cm)	h(m)	G (m^2/ha)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Puerto Rico	16	22			3.800	22
Puerto Rico	21	28			3.800	25
Panamá	12	24	21		2.600	26
Jamaica	5	8			2.500	22
Puerto Rico	15	17			1.800	25
Puerto Rico	24	22			1.800	25
Honduras	13	28	15		1.800	25
Ecuador	19	50	25		1.200	26
Ecuador	6	24	18	31	1.200	26
México	8	11	6		1.100	26
México	12	8	6	20	900	28

Marshal (1939) acopió abundante información sobre el crecimiento de Cedrela odorata en Trinidad y Tobago. Los siguientes datos corresponden a bosques naturales o regeneraciones: en un estudio que incluyó 150 árboles entre 50 y 130 cm de diámetro, separados en clases diamétricas de 10 cm, obtuvo crecimientos medios entre 0,74 y 1,05 cm/año correspondiendo los mayores crecimientos a las clases diamétricas superiores; la edad se determinó por anillos de crecimiento. Otro estudio efectuado sobre 11 árboles con diámetros entre 72 y 170 cm produjo crecimientos de sólo 0,41 cm/año. Según Lamb (1968), en este mismo país, una regeneración natural de 40 años, determinada la edad por anillos de crecimiento, creció a un ritmo de 2,4 cm/año en una región de 1.700 mm de precipitación. En cuanto a plantaciones se refiere se han registrado crecimientos desde 1,4 hasta 2,9 cm/año sin mucha relación con la edad, cuando ésta varió desde 3 hasta 16 años (sólo se tomó en cuenta los mejores árboles de las plantaciones). Menciona además el autor que una plantación de 24 años creció 2,5 cm/año y 1 m/año en diámetro y altura respectivamente. Se afirma que en Trinidad las mejores condiciones para el cedro se presentan cuando se planta asociado con el cacao observándose anillos de 2,5 cm; o sea 5,0 cm/año de crecimiento diamétrico (Marshal, 1939). De acuerdo con Meyenfeldt et al (1978) la producción media en Trinidad es de 17 hasta 28 m^3/ha/año.

Mas y Borja (1974) informan acerca de ensayos con el sistema Taungya con Cedrela odorata y otras especies en zonas secas de México donde la plantación se asoció con maíz. A los siete años el diámetro y la

altura del cedro fueron de sólo 4,6 cm y 3,7 m respectivamente. En Costa Rica, por el contrario, el cedro asociado con el café, crece 2,5 cm/año en una región donde la precipitación se encuentra entre 2.500 y 3.000 mm (Ford, 1979).

Después de tres años de investigación con Cedrela odorata y C. angustifolia en Barinas, Venezuela, en las condiciones del bosque seco tropical (1.600 mm de precipitación y 24,6°C de temperatura), Lezama (1976) informa que en los suelos bien drenados del tipo de bosques "SD-banco" el cedro crece muy bien promediando 1,5 m/año en altura. En el tipo de bosque "SsSv sub-banco" los moteados evidencian un peor drenaje y el crecimiento es de sólo 1,08 m/año. Bajo cubierta al cedro creció apenas 0,5 m/año en altura. Se considera muy exitoso el método Limba con el cedro. Este método incluye estratificación de los sitios, dosificados de la luz, mantenimiento de barreras laterales de vegetación y quema de la vegetación sin remoción del material superficial.

En la Estación Forestal de Curúa Una en el amazonas brasileño (2.500 mm de precipitación y 26°C), el crecimiento anual promedio en diámetro y altura de Cedrela adorata es 1,1 cm/año y 0,93 m/año respectivamente (Superintendencia do desenvolvimento da amazonia, 1979).

En el sudeste asiático Cedrela ha sido introducida pero sólo se dispone de información procedente de Java. En este país, a los nueve años de edad la altura media varía desde 9,7 hasta 17,4 m y la de los

dominantes desde 11,2 hasta 19,3 m. El diámetro varía desde 15 hasta 20 cm y la producción media es del orden de 7 hasta 28 m^3/ha/año (Meyenfeldt et al, 1978). De acuerdo con la revisión efectuada por Webb (1980) el crecimiento de Cedrela se situa en el rango de 11 a 22 m^3/ha/año.

En cuanto a los suelos varios autores estan de acuerdo en que el cedro los requiere fértiles y bien drenados para que se manifieste su precocidad. El aspecto drenaje aparentemente es de gran importancia (Marshal, 1939; Webb, 1980; Lamb, 1968). Se insiste además en que la especie crece mejor en suelos pobres bien aireados que en suelos fértiles pobremente drenados (Meyenfeldt et al, 1978). Además de estas condiciones Pennington y Sarukhan (1968) afirman que el cedro alcanza su máxima dimensión y crecimiento cuando las precipitaciones están entre 2.500 y 4.000 mm anuales; en zonas con precipitación pluvial notablemente menor el árbol no se desarrolla bien y presenta fustes cortos y torcidos.

No se encontró en la literatura revisada ningún estudio en el cedro sobre tablas de crecimiento o funciones de producción. Solo los estudios de Vega (1974) y de Marshal (1939) se aproximan lejanamente a este propósito puesto que sus datos permiten construir curvas de crecimiento diamétrico en función de la edad. Otras variables, como el volumen por hectárea en función de la edad, no se consideran.

2. LOCALIZACION DEL ESTUDIO

La investigación se realizó en la región de Urabá, Departamento de Antioquia, aproximadamente dentro de las coordenadas geográficas 7°30'8° de latitud norte y 76°30' - 76°45' de longitud oeste. Las parcelas para el estudio se establecieron en las cercanías de la carretera que conduce desde Mutatá hasta Turbo en un trayecto de cerca de 100 km, así como de la carretera que comunica a Villa Arteaga con Bajirá, ambos corregimientos del municipio de Mutatá (Ver Figura 1).

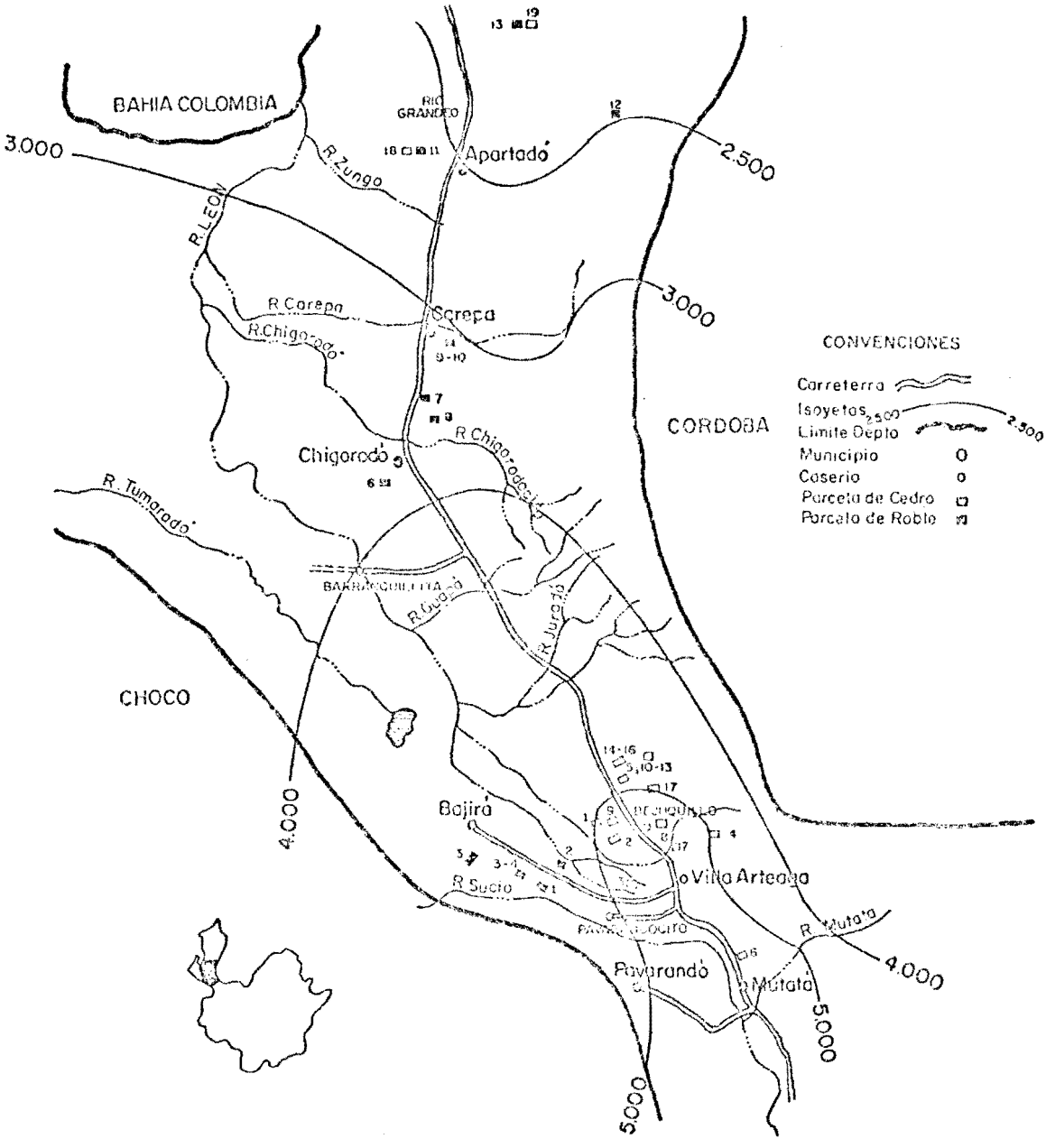


FIGURA 1. Area de estudio con la localización de las parcelas e isoyetas.

3. AMBIENTE BIOFISICO

3.1 EL CLIMA Y LAS ZONAS DE VIDA

El patrón climático de cualquier lugar de la tierra está determinado por fenómenos atmosféricos de índole global, subordinados a ellos, por factores locales tales como los orográficos.

En este contexto al factor global que más incide en el clima de la región de Urabá es la presencia de la zona de bajas presiones ecuatoriales en la cual convergen los alisios del sureste y del noreste formando el Cinturón de Convergencia Intertropical. Este cinturón se encuentra desplazado hacia el norte del ecuador geográfico y a la altura de Colombia encierra la región de Urabá puesto que en julio, cuando ocupa su posición más septentrional, cruza el país por el mar Caribe cerca de los 8° latitud norte (Oster, 1979). En enero su posición más meridional varía aproximadamente desde el Ecuador hasta unos 2° al norte.

No es de extrañar entonces que el clima de la región de Urabá esté fuertemente influenciado por los alisios del sureste, los mismos que

en las costas del Pacífico de Panamá forman climas de régimen monzónico según lo ha comprobado Tossi (1971). Tal régimen se caracteriza por dos períodos de lluvias que se alternan, aunque dentro de la región no se pueda hablar con propiedad de climas de tipo monzónico puesto que los períodos secos, cuando se presentan, por lo general duran menos de tres meses. Los registros pluviométricos mensuales de varias estaciones dentro de la región de Urabá que muestra la Tabla 2 indican que el período menos lluvioso se inicia en diciembre o enero y se prolonga hasta marzo. Meses efectivamente secos, con déficit hídrico, sólo se perciben en algunas estaciones en febrero y/o marzo (Ver Tabla 2). A continuación viene un período lluvioso que se prolonga desde abril hasta noviembre pero con dos máximas casi siempre en los meses de mayo y octubre. Entre ellos julio es un período de precipitaciones comparativamente bajas. En esencia el patrón de frecuencia de las lluvias es pues el del Pacífico aunque no es típicamente unimodal como corresponde a estas regiones de acuerdo con los estudios de Oster (1979) en Colombia. Este autor atribuye la ausencia de la estación seca a la actividad sostenida del Cinturón de Convergencia Intertropical durante los meses de mayo a octubre al norte de los 4°. La forma levemente bimodal de la distribución de las lluvias podría atribuirse a influencias de los regímenes interandinos. De acuerdo con las isoyetas trazadas en la Figura 1 las precipitaciones aumentan desde Turbo hacia Mutatá donde la precipitación casi que duplica la de aquel municipio y supera los 5.200 mm anuales.

En cuanto a la temperatura del aire se dispone de muy poca información

TABLA 2. Distribución mensual de la precipitación en varias estaciones de la región de Urabá. Se indican además los déficits hídricos edáficos cuando existen.

MUNICIPIO	ESTACION	PERIODO	MEDIAS MENSUALES mm												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
MUTATA	CAUCHERAS	1961-60 1972-1983	201	137	162	398	607	498	428	518	618	697	575	366	5.205
CHIGORODO	BARRANQUILLITA	1975-1983	80	72 -102*	72	283	500	573	421	483	386	357	353	177	3.757
	LA PALMERA	1972-1983	62	43 -73*	100 -121*	270	502	513	469	476	572	648	598	218	4.501
	TELEMAPA	1978-1982	54	67 60*	107 98*	396	354	264	262	277	272	324	226	196	2.772
	IDEMA	1930-54 1972-1975	72	101 8*	103 92*	255	393	369	372	366	358	366	296	286	3.370
CAREPA	SANTA ISABEL	1977-1983	67	57 57*	110 92*	345	466	418	361	391	331	367	310	202	3.425
APARTADO	LA LINEA	1977-1982	77	200	145	266	352	209	206	209	232	293	190	138	2.597
	EL CASCO	1977-1983	88	101	98 30*	292	307	251	237	301	216	229	177	138	2.435
	SANTA MONICA	1977-1983	98	93	74 69*	188 12*	269	233	264	249	276	287	303	217	2.463
TURBO	AEROPUERTO	1951-1983	125	65	97	247	315	212	255	215	232	238	251	194	2.446

* Déficit hídrico (mm) considerando un almacenamiento de 100 mm en 100 cm de suelo siguiendo las recomendaciones de THORNTHWAITE (1955). Se emplearon los cálculos de evapotranspiración hechos por el Instituto Colombiano de Hidrología, HIMAT (1979) basados en la fórmula de Christiansen.

en la región. Aparentemente disminuye a medida que la precipitación aumenta así: en Turbo la temperatura media es de 27,3°C, en Chigorodó es de 26,3°C y en Mutatá de 25,6°C (Instituto Colombiano de Hidrología y Adecuación de Tierras, 1979; y datos de éste Instituto procesados por el autor).

Se han hecho al menos tres reconocimientos ecológicos de esta región (Espinal y Montenegro, 1963; Espinal, 1977; Proyecto Darién, 1978) . En ellos se han mapificado hipotéticas transiciones a nivel del piso basal e inclusive entre el premontano y el tropical las cuales atraviesan el trayecto entre Turbo y Mutatá con altura sobre el nivel del mar de menos de 150 metros. Tales transiciones no están suficientemente avaladas ni justificadas por la información climática ni parecen manifestarse en la vegetación. Tal vez provengan de una interpretación demasiado milimétrica del sistema de Holdridge (1982) sin mucho asidero en la realidad. Por lo anterior y teniendo en cuenta que la biotemperatura se mantiene por encima de los 25°C entre Turbo y Mutatá, se considera que el área de estudio se encuentra dentro de las zonas de vida Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T). El límite entre ambas zonas lo establece la isoyeta de los 4.000 mm de precipitación.

3.2 LOS SUELOS Y LA GEOMORFOLOGIA

Las parcelas para el estudio se encuentran enmarcadas entre las grandes unidades fisiográficas del basin del río Atrato al occidente, y

por las montañas de la serranía de Abibe al oriente, abarcando lo que se conoce como superficies marginales del basin (Proyecto Darién, 1978). Esta superficie incluye las siguientes geoformas de occidente a oriente; planicie aluvial del río León, abanicos aluviales y superficies de erosión o colinas de piedemonte. Los depósitos aluviales corresponden a rocas y sedimentos no consolidados del cuaternario en tanto que en las colinas del piedemonte predominan, en las cercanías de Villa Arteaga, arenizcas y conglomerados del terciario (Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, 1976).

Sin duda la mayoría de los suelos de las superficies marginales pertenecen al orden Inceptisol pero existen también Entisoles en los depósitos más recientes, ante todo, en las barras y los diques.

Lo que caracteriza la superficie aluvial del río León es su relieve plano puesto que generalmente las pendientes son inferiores al 0,5%, así como la predominante influencia que tienen en sus suelos las crecientes del sistema fluvial Atrato-León, las cuales inundan periódicamente y durante varios meses estas planicies de desborde. En este medio es donde el cativo (Prioria copaifera L.) encuentra sus mejores condiciones dando lugar a uno de los bosques más productivos del mundo tropical. Las parcelas de roble ubicadas a lo largo de la carretera que lleva a Bajirá se encuentran todas dentro de esta geoforma (ver Figura 1) y pertenecen dentro del sistema de clasificación de suelos de Estados Unidos a los grandes grupos Tropaquent y Tropaquept (Proyecto Darién, 1978; Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1979).

Los abanicos aluviales, en los cuales se concentra la mayor cantidad agropecuaria de la región, no están sometidos a inundaciones por los grandes ríos en razón de su mayor altitud y pendiente mayor de 0,5%. No obstante también en estos suelos son frecuentes los drenajes imperfectos y, por lo tanto, la presencia de moteados y pseudogley. Desde el punto de vista de la clasificación de los suelos no hay muchas diferencias con los de la planicie aluvial. Las parcelas permanentes restantes de roble se encuentran sobre dichos suelos.

Todas las parcelas permanentes de cedro localizadas en la cercanía de la confluencia entre las carreteras que de Villa Arteaga parten hacia Bajirá y Chigorodó, se encuentran sobre esta misma geoforma cuyos suelos se clasifican como Eutropept por el Proyecto Darién (1978). Las restantes parcelas permanentes de cedro se encuentran distribuídas entre la carretera principal y la Serranía de Abibe en un tramo de unos 20 km a partir de Mutatá. La geoforma que caracteriza las colinas es de fuerte pendiente y se considera generalmente que sus suelos pertenecen a los grandes grupos Dystropept y Troporthent.

Como se desprende de la clasificación de los suelos, todos con excepción de los colinados, tienen alguna influencia hidromórfica la cual se manifiesta por la frecuencia de moteados y de horizontes pseudogley y gley. Tal influencia se advierte en forma creciente cuando se pasa de los abanicos aluviales a las planicies del río León llegando a ser definitivamente hidromórficos en las cercanís del basín del río Atrato.

Aparentemente el roble medra de preferencia en los suelos de las dos primeras geoformas. El cedro, por el contrario, es una especie cuyas regeneraciones se desarrollan en los suelos mejor drenados de las colinas del piedemonte donde no es frecuente el roble (especialmente en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical), así como en los abanicos aluviales, medio que comparten ambas especies.

La información suministrada por tres estudios de suelos diferentes hechos en la región (Goosen et al, 1960; Proyecto Darién, 1978: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1979) así como los análisis efectuados para esta investigación, coinciden en que en estos suelos predominan las texturas medias, francas o francoarcillosas. En la fracción mineral coloidal las arcillas de tipo 2:1 tales como la montmorillonita y la vermiculita son las más frecuentes y en menor proporción minerales integrados 2:1 y 2:2 así como caolinita.

El pH de los suelos generalmente oscila entre 5,3 y 6,0 en las zonas marginales y en los abanicos aluviales, en las colinas el pH es más bajo. La suma de las bases es alta y su saturación excede frecuentemente el 50%. La capacidad de intercambio de cationes fluctúa entre media y alta. El fósforo disponible es bajo. Todas las propiedades edáficas anteriormente reseñadas permiten asignarle a estos suelos una fertilidad alta, especialmente a los de la zona plana.

4. METODOLOGIA

4.1 TIEMPOS DE PASO

El crecimiento de los árboles es, ante todo, una función del tiempo. El estudio del crecimiento de masas forestales que provengan de regeneración natural cuando éstas no están debidamente documentadas, como generalmente ocurre, requiere de métodos especiales que permitan determinar la edad de los árboles. Uno de los métodos que para este efecto han ideado los técnicos forestales es el llamado Tiempos de paso: con base en mediciones periódicas de los árboles se determina el tiempo que un árbol promedio requiere para pasar a través de una clase diamétrica preestablecida. Este cálculo repetido en clases diamétricas sucesivas daría una curva completa de crecimiento del diámetro a la altura del pecho (d) en función de la edad (t).

Dicho método, el cual se detallará más adelante, fue aplicado en el trópico inicialmente por Troup (1915) en la India. Posteriormente fue empleado en Asia y la India por Foggi (1945), Miller (1952), Setten (1954), Griffith y Prasad (1949), Osmaton (1956), Vincent (1961) y Wong (1973). En el Africa son conocidas las aplicaciones hechas

por Dawkins (1958), Beaton (1960), Keay (1961) y Webb (1964).

En América Tropical se conocen solamente las siguientes aplicaciones: Bell (1971) en Trinidad para el estudio de Mora exelsa; Prince (1973) en Guayana en el estudio del crecimiento de Ocotea rodiaei , Vega en Surinam con Cedrela odorata; Del Valle A. (1979) en Colombia con Prioria copaifera; Luna (1981) en Venezuela con Podocarpus rospigliosii.

El cálculo de una curva completa de crecimiento por el método de los tiempos de paso comprende las siguientes etapas:

1. Los árboles seleccionados para el estudio se disponen en clases de diámetro a la altura del pecho (d). Para el presente estudio se han seleccionado clases con cinco cm de amplitud.

2. A continuación se determina para cada clase diamétrica el crecimiento corriente anual promedio (C.C.A-P) de los árboles que durante el período de mediciones han estado dentro de dicha clase. Cuando un árbol sale de una clase a otra se le calcula dentro de la clase en la cual haya permanecido durante mayor tiempo. En el cedro algunos árboles que se midieron durante siete años atravesaron varias clases diamétricas. En estos casos se analizó por separado los primeros tres años y luego en forma independiente los siguientes cuatro años.

3. Se unen los puntos por medio de una curva para así suavizar la

tendencia y obtener una línea continua o del C.C.A-P corregido.

4. Se divide la amplitud de cada clase entre su C.C.A-P corregido. El resultado de esta operación es el tiempo requerido para que un árbol promedio pase desde el límite inferior hasta el superior de la clase diamétrica. O sea, el tiempo de paso. El tiempo de paso de las clases diamétricas menores se debe determinar, si es posible, con base en plantaciones especialmente en las especies intolerantes. En el presente trabajo la mayor parte de los árboles de roble para las clases diamétricas inferiores a 10 cm se tomaron de parcelas plantadas de edad conocida. En el caso del cedro todos los árboles menores de 15 cm de diámetro también procedían de pequeñas parcelas plantadas, no de regeneración natural.

5. Sumando sucesivamente los tiempos de paso se van obteniendo los años necesarios para que el árbol promedio pase de cero hasta el límite superior de cada clase diamétrica que se va adicionando.

6. Se construye el gráfico: $d = f(t)$. Con ello se obtiene la curva de crecimiento diamétrico acumulado en función de la edad (t)*.

Como las especies tropicales, especialmente las deciduas como el cedro y el roble, no tienen un crecimiento continuo, se recomienda hacer

* La simbología empleada en este informe es la recomendada por IUFRO (Van Soest, 1969).

las mediciones periódicas durante la temporada seca, o en todo caso, en los mismos meses. Con excepción de la medición efectuada en marzo de 1978 pero cuyos resultados solo se emplearon como control, todas las demás mediciones en las parcelas de cedro fueron hechas en los meses de julio o junio. Las parcelas de roble se midieron todas en el mes de junio.

En esencia, los pasos anteriores describen el llamado método de los tiempos de paso tal como ha sido descrito y aplicado por diferentes autores. Para el caso del roble y del cedro se ha ampliado en el sentido de producir curvas de crecimiento diamétrico para el 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de la población de árboles de cada parcela y en orden de la fracción de árboles que tuvieron el mayor crecimiento corriente anual. De esta manera es posible simular el efecto de entresacas en el diámetro y en las existencias futuras.

4.2 TABLAS DE RENDIMIENTO

El método antes descrito ha sido aplicado básicamente como una herramienta que suministra información sobre los turnos en bosques naturales, los cuales son básicos para la futura ordenación forestal de las selvas tropicales. Dado que tanto el cedro como el roble son especies heliófitas de maderas preciosas, es muy probable que en un futuro el suministro de madera de estas especies provenga cada vez más de plantaciones y de sistemas multiestratificados asociados tanto con la agricultura como con el pastoreo. Por lo tanto, esta in-

vestigación pretende desarrollar una metodología nueva que permita obtener tablas de rendimiento (producción) para especies de las cuales aún no existen plantaciones, con el fin de que sirvan como herramienta de análisis económico para los posibles inversionistas y para los silvicultores del trópico. La metodología propuesta comprende los siguientes pasos:

1. Elaboración de curvas de crecimiento diamétrico en función de la edad para regeneraciones naturales coetáneas de edad desconocida. Estas curvas no solo deben representar el crecimiento promedio de todos los árboles en cada parcela, sino una familia de curvas de crecimiento diamétrico en función de la edad tanto para todos los árboles como para sucesivos porcentajes de los árboles más precoces dentro de cada parcela. Esto se logra por el empleo de los tiempos de paso.

2. Asignación de un número inicial de árboles que se plantarán así como un régimen de entresacas y un turno. En estas asignaciones intervienen criterios subjetivos especialmente en cuanto al número de árboles y al turno, sin embargo, la experiencia existente en el trópico con especies de crecimiento similar permiten tomar decisiones bien dirigidas. De todas maneras el método es suficientemente elástico como para poder construir tablas de rendimiento para diferentes alternativas en cuanto a densidades de plantación y turnos.

3. Establecimiento de relaciones dasométricas que permitan determinar el aumento que tendrá el diámetro medio por efecto de entresacas por lo bajo, así como el diámetro esperado del producto extraído.

4. Determinación de las relaciones alométricas entre la altura total y de los fustes como función del diámetro normal (d).

5. Determinación de una función que exprese el volumen de cada árbol en dependencia de su diámetro y de la altura del fuste.

6. Elaboración de las gráficas del área basal y del volumen para diferentes densidades (número de árboles) en función de la edad.

7. Confección de la tabla de rendimiento.

4.3 ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS

En la Figura 1 se muestra la ubicación aproximada de las parcelas permenentes y temporales de roble y cedro dentro de la región. Así mismo en las Tablas 3 y 4 se indican sus principales características.

El estudio del cedro se inició con el establecimiento de las parcelas permanentes 1, 2 y 3 en julio de 1977. Estas parcelas posteriormente se midieron de nuevo en marzo de 1979, en julio de 1980 y, finalmente, en junio de 1984; o sea un período de 7 años. Debido a que

TABLA 3. Parcelas permanentes de cedro.

Parcela No.	Municipio	Finca	Fechas de Medición									
			V/29/1977		III/13/1979		V/20/1980		VII/30/1982		VI/24/1984	
			$\bar{d}$ (cm)	árb/parc	$\bar{d}$ (cm)	árb/parc	$\bar{d}$ (cm)	árb/parc	$\bar{d}$ (cm)	árb/parc	$\bar{d}$ (cm)	árb/parc
1	Mutatá	Hda.Bejuquillo	47,57	12	50,07	12	45,17	3	-	-	-	-
2	Mutatá	Hda.Bejuquillo	39,69	12	43,91	12	45,81	12	46,1	7	-	-
3	Mutatá	Finca La Cabañita	46,01	7	49,23	7	49,50	6	54,9	6	58,63	4
4	Mutatá	Cauchenas	40,07	5	48,40	3	51,67	3	62,0	3	67,7	3
5	Mutatá	Nuevo Mundo	22,81	8	25,88	8	20,93	4	26,07	3	-	-
6	Mutatá	Pto. Estrella	-	-	19,91	9	21,79	9	-	-	-	-
7	Mutatá	El Palmar	-	-	30,15	13	32,06	13	19,22	6	-	-
8	Mutatá	Hda.Villa María	-	-	41,35	13	42,67	12	43,8	7	44,60	2
9	Mutatá	Hda.Bejuquillo	-	-	32,67	17	44,39	17	37,39	16	40,27	16
10	Mutatá	Nuevo Mundo	-	-	20,88	13	23,45	13	-	-	-	-
11	Mutatá	Nuevo Mundo	-	-	18,33	8	21,02	8	26,76	7	-	-
12	Mutatá	Nuevo Mundo	-	-	22,61	13	23,89	13	-	-	-	-
13	Mutatá	Nuevo Mundo	-	-	17,98	17	19,94	17	24,36	10	-	-
14	Mutatá	Hda. Las Helenas	-	-	-	-	27,90	10	33,05	10	28,00	1
15	Mutatá	Hda. Las Helenas	-	-	-	-	23,19	15	26,52	14	25,49	8
16	Mutatá	Hda. Las Helenas	-	-	-	-	20,21	16	22,81	16	21,80	12
17	Mutatá	Sabaletas	-	-	-	-	23,47	9	29,01	9	-	-

TABLA 4. Parcelas Permanentes y temporales de roble

Parcela No.	Municipio	Finca	Area m^2	Arboles por ha VI/80	VI/82	$\bar{d}$ (cm) VI/80	VI/82	Edad años
1	Mutatá	La Rosita	3.664	82	71	14,1	17,3	_
2	Mutatá	Luis Higuita	2.534	79	20	22,6	19,7	_
3	Mutatá	Las Brisas	3.548	189	166	24,0	25,9	_
4	Mutatá	Las Brisas	3.924	166	150	23,5	25,8	_
5	Mutatá	La Fe	4.675	314	254	12,1	15,4	_
6	Chigorodó	Linares	11.051	71	69	30,3	32,1	_
7	Chigorodó	El Delirio	27.500	27	25	28,1	30,8	_
8	Chigorodó	Montecristo	2.100	81	81	32,2	34,9	_
9	Carepa	No te Cances	4.406	86	82	32,0	33,4	_
10	Carepa	No te Canses	3.566	118	107	33,6	35,5	_
11	Apartadó	As. Cuartas	304*	_	2500	_	5,4	1,9
12	Apartadó	Bartolo	270*	_	1000	_	7,8	2,9
13	Turbo	Choromandó	190*	_	1000	_	8,4	3,2

* Parcelas temporales de edad conocida.

muchos árboles, e inclusive parcelas completas fueron cortadas entre las mediciones, así como para abarcar otras clases de edad y de suelos, durante las mediciones intermedias se establecieron las demás parcelas tal como lo registra la Tabla 3. El total de los árboles empleados en el estudio fué de 290. Además de las parcelas citadas en la tabla anterior se midieron para el cedro dos parcelas temporales jóvenes. Las principales características de estas parcelas son: La parcela 18 en el Aserrío Cuartas con 6,5 años de edad, plantada a 2 x 2 m y con un área de 200 m^2. Su diámetro promedio fué de 11,6 cm. La parcela 19 localizada en la Estación Forestal de Choromandó, Turbo, de 3,2 años de edad, 360 m^3 y 7,0 cm de diámetro medio.

En cuanto al roble, todas las parcelas permanentes se establecieron en junio de 1980 y se midieron por segunda vez en junio de 1982. En total se alcanzaron a medir 638 árboles distribuídos en todas las clases diamétricas establecidas.

Los pequeños rodales de estas especies que se observan en la región de Urabá provienen de regeneración natural y su edad es desconocida o incierta. En efecto, estas especies por su carácter heliófito aparecen entre los cultivos que hacen los colonos en las selvas pero, debido a su alto valor económico no son eliminadas en su totalidad por el agricultor. Posteriormente muchas de estas parcelas integran latifundios ganaderos y, con frecuencia, se conservan en los pastisales.

Una vez seleccionado el sitio en el que se establecería una parcela

permanente, se procedió de la siguiente forma: para las parcelas de roble se determinaron sus dimensiones empleando brújula y cinta; se midió a cada árbol su diámetro (d), ésto es, el diámetro a 1,3 m sobre el nivel del suelo. El perímetro correspondiente a este diámetro se pintó con una estrecha banda de pintura amarilla así como su número; se hicieron observaciones en el suelo y se tomaron muestras para análisis de laboratorio. Con el cedro no se determinó el área de las parcelas por estar los árboles generalmente muy esparcidos.

Coincidiendo con la iniciación de este estudio se establecieron en las cercanías de Apartadó (Aserrío Cuartas) pequeñas plantaciones experimentales de cedro en 1977. Posteriormente, en 1981 se establecieron también parcelas de roble. Así mismo la Corporación Nacional de Investigacion y Fomento Forestal (1983) estableció en la región lotes experimentales de ambas especies tanto en plantación compacta como en sistemas agroforestales a partir de 1979. En todas estas pequeñas plantaciones se hicieron las mismas mediciones que en las parcelas permanentes, con el fin de acopiar información relativa a los primeros estados del crecimiento de las dos especies. Como los árboles no se marcaron para posteriores mediciones se les denomina parcelas temporales.

4.4 DETERMINACION DE RELACIONES ALOMETRICAS

Las relaciones alométricas expresan la función de dependencia de la altura con el diámetro. Se acostumbra establecer tales relaciones

con el fin de estimar la altura, cuya medición es díficil y a menudo poco precisa, en función del diámetro el cual puede medirse con gran facilidad y precisión. Para el establecimiento de tales relaciones se midió la altura total, la altura del fuste y el diámetro a 100 árboles por especie localizados dentro de las parcelas del estudio y los cuales cubrían toda la gama de dimensiones del diámetro. Como modelo matemático se ajustó por mínimos cuadrados el siguiente modelo exponencial:

$$h = bo\,d^{b1} + \varepsilon$$

donde: h = altura de los árboles en metros

h_t = altura total

hf = altura del fuste

d = diámetro normal en centímetros (diámetro a 1,3 cm sobre el suelo)

bo, b1 = coeficientes que se determinan por mínimos cuadrados

ε = error experimental

Por altura del fuste (hf) se entiende la altura del fuste libre de ramas o torceduras que imposibiliten su utilización como madera para sierra o chapa. No se tuvo en cuenta un diámetro mínimo.

4.5 DETERMINACION DEL VOLUMEN INDIVIDUAL Y POR HECTAREA

Para la determinación del volumen de árboles individuales de roble se probaron varios modelos matemáticos clásicos a los cuales además de calcularle los estimadores por mínimos cuadrados se les determinaron los estadísticos t, F y R^2. El ajuste estadístico así como una

satisfactoria explicación del fenómeno biológico son los criterios que finalmente permitieran decidir cuál modelo emplear. Como base de datos se cubicaron 75 árboles de roble distribuídos en todas las clases diamétricas. La cubicación "exacta" se hizo por medición de secciones de a 2 m, o menos en la parte final del fuste. El volumen del fuste individual se obtuvo por sumatoria de las secciones previamente cubicadas con la fórmula de Smalian la cual calcula el volumen de las trozas como la suma de las áreas de las secciones extremas muliplicadas por su lontigud y divididas entre dos. Los modelos probados fueron los siguientes sugeridos por Clutter et al (1983).

$$v = bo + b1^{d2}hf + \varepsilon$$

$$v = bo + b1^{d2}\, f + b2^{d2} + b3hf + \varepsilon$$

$$\text{Log } v = bo + b1^{d2}hf + \varepsilon$$

$$\text{Log } v = bo + b1^{d} + b2hf + \varepsilon$$

donde v = volumen del fuste con corteza de un árbol individual m^3

d = diámetro normal, cm

hf = altura del fuste, m

$bo, b1, b2, b3$ = coeficientes que se determinan por mínimos cuadrados

ε = error experimental

En el caso del cedro se emplearon las ecuaciones de volumen recientemente calculadas por Osorio (1983).

El cálculo del volumen por hectárea se efectuó multiplicando el volumen

del árbol medio individual por el número de árboles por hectárea, lo cual se valida si se acepta una distribución normal de las clases de dimensiones del diámetro como efectivamente lo mostraron los resultados.

Reemplazando la relación alométrica en la ecuación de volumen seleccionada se obtendrá una tarifa la cual permite calcular el volumen en función solamente del diámetro.

4.6 ESTADO TAXONOMICO DEL ROBLE ESTUDIADO

Es frecuente encontrar en la literatura como sinónimo del roble en Colombia, Tabebuia rosea (Bertol) DC., también llamado roble de sabana en Costa Rica, matilisguate en Guatemala, rosa morada o maculis en México y apamate en Venezuela, la combinación Tabebuia pentaphylla (L) Hemsl. No obstante, las descripciones de estas dos especies hechas por Pennington y Sarukhan (1968) y por Little y Wadsworth (1964) respectivamente y la comparación con ejemplares tanto vivos como de herbario, permiten llegar a la conclusión de que la especie continental cuya distribución abarca desde México hasta Ecuador y Venezuela es Tabebuia rosea. La otra especie, por el contrario, se encuentra solo en las antillas y su nombre válido debería ser Tabebuia heterophylla (DC.) Britton, especie muy variable en cuanto al número de foliolos (1 hasta 5) y que tiene además como sinónimo T. pallida (Lind L.) Miers.

De acuerdo con Dugand (1954) la única especie del género nativa de

Colombia con flores rosadas es T. rosea. La especie conocida con el nombre vulgar de garza en los guandales del Pacífico, de flores casi blancas, posiblemente sea solo una variante de la misma.

4.7 ESTADO TAXONOMICO DEL CEDRO ESTUDIADO

El género cedrela abarca unas ocho especies supremamente variables, todas de América Tropical. Por tal razón desde que Smith (1960) publicó la revisión de este género abundaron las discrepancias en relación con el tratamiento que este autor dió a algunas especies. Concretamente el haber llevado a la sinonimia de Cedrela odorata L, especie de las Antillas, la especie Cedrela mexicana Roem. cuya área de distribución cubría desde México hasta Argentina, ha provocado muchas polémicas. La última revisión del género hecha por Pennington y Styles (1981) concuerda en cuanto a esta sinonimia con Smith, más no en el tratamiento dado a Cedrela angustifolia Mociño & Sessé, especie del caribe cuya área de distribución incluye la región de Urabá. En opinión de aquellos autores esta es una especie incierta y la mayoría del material considerado por Smith como C. angustifolia lo han incluído en C. odorata.

En resumidas cuentas, según la última revisión del género, la región de Urabá está dentro del área de distribución de dos especies de cedro: Cedrela odorata L. y Cedrela fissilis Vellozo. Diversas colecciones hechas en árboles de las parcelas empleadas para este estudio*

* Las colecciones se encuentran en el herbario del Departamento de Recursos Forestales, Facultad de Agronomía, Medellín.

indican que de acuerdo con la clave y las descripciones de Pennington y Styles la especie cuyo crecimiento se estudió corresponde a *Cedrela odorata* puesto que su envés glabro y folilos peciolulados la diferencian de *C. fissilis*.

En la región de Urabá los campesinos distinguen dos cedros: cedro cebollo y cedro rojo. Nuestras mediciones se han concentrado en el último por ser el más apreciado y abundante. En el campo es fácil diferenciarlos por cuanto el cedro rojo no despide, al macerar sus hojas, un olor penetrante a cebolla; además, sus brotes y hojas tiernas son de color rojizo. En el cedro cebollo, por el contrario, este olor es muy fuerte y sus brotes son de color verde claro. Es un hecho que estas diferencias dendrológicas no han sido aún adecuadamente estudiadas por la taxonomía. En varias colecciones tanto de *C. odorata* como de *C. fissilis* se menciona el citado olor a cebolla. No se dispone de colecciones que permitan determinar a que especie pertenece el cedro cebollo de Urabá.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 REPRESENTATIVIDAD DEL PERIODO DE MEDICIONES

La representatividad del período de mediciones depende de factores tales como la precisión de las mediciones, la rapidez de crecimiento de la especie y las variaciones periódicas del clima. Con especies, como las acá estudiadas, que tienen crecimientos que se pueden calificar como moderados a rápidos y con precisiones de un mm en las mediciones del diámetro, unos pocos años entre medidas pueden ser suficientes. A este respecto algunos autores consideran que cinco años producen información confiable. El aspecto que merece especial consideración y análisis es si el período entre las mediciones es representativo de las condiciones climáticas promedias de la región o si, por el contrario, coincidieron con períodos climáticos anormalmente secos o húmedos que pudieran influír decididamente en el crecimiento de las especies estudiadas.

Los ciclos climáticos de corta duración son de trascendental importancia en climas áridos en los cuales el crecimiento de los árboles tiene una estrecha correlación positiva con el aumento en la disponibilidad de agua en el suelo y, por lo tanto, con las lluvias. Bajo

tales condiciones,pequeñas variaciones en las lluvias tienen un gran efecto en el crecimiento puesto que el agua actúa en el suelo como el principal factor limitante. A medida que los climas son progresivamente más húmedos el aumento en la precipitación va perdiendo paulatinamente su influencia en el crecimiento de los árboles, puesto que cada vez el agua es un factor menos limitante. Inclusive puede llegar hasta el punto de ejercer un efecto detrimental.

La observación de la Figura 1 permite comprobar que todas las parcelas permanentes de roble se encuentran dentro de las isoyetas 2.500 a 4.000 mm, correspondiendo a condiciones bioclimáticas húmedas y muy húmedas. Las correspondientes parcelas permanentes de cedro están localizadas en las cercanías de Villa Arteaga y bordean la isoyeta de los 5.000 mm.

Tanto el roble como el cedro son especies deciduas y coincide tal fase fenológica sin hojas con los meses menos húmedos del año. De allí que las necesidades de agua de estas especies durante posibles meses con déficit hídrico deben ser muy limitadas. No se considera que la pérdida de las hojas de estas especies se pueda atribuír solo al déficit hídrico sino más bien a un control endógeno de índole genético. En efecto, en las cercanías de Villa Arteaga y Bajirá donde no existe déficit hídrico ambas especies conservan el patrón fenológico deciduo.

En la región de Urabá el roble se regenera naturalmente en suelos con

restricciones para el drenaje, lo cual hace menos probable que pequeñas modificaciones en las lluvias incidan en su crecimiento.

En la Tabla 5 se presentan los registros pluviométricos anuales de varias estaciones comprendidas dentro del área en la cual se llevó a cabo el estudio. La tabla también incluye la precipitación anual promedia durante la mayor parte de los respectivos períodos de medición de las dos especies. En cuanto concierne con el período de mediciones del roble, las precipitaciones, en general, fueron ligeramente superiores a los promedios históricos siendo el promedio superior en 4,7%. En el caso del cedro las desviaciones positivas y negativas practicamente se compensan.

La discusión anterior permite concluír que el corto período de mediciones empleado en este estudio, especialmente con el roble, no desvirtúa su representatividad, al menos en cuanto atañe a su coincidencia con ciclos de precipitación pluvial atípicos y a sus efectos en el crecimiento, puesto que las diferencias respecto a las medias se mantuvieron dentro de límites muy estrechos y aparentemente sin significado biológico. No existe suficiente información para analizar otras variables climáticas como el brillo solar que pueden influir en el crecimiento.

TABLA 5. Comparación entre la precipitación promedia anual según los registros históricos de varias estaciones de la región de Urabá y la promedia anual durante el período de mediciones del roble y la mayor parte del correspondiente al cedro.

Municipio	Estación	Período	Media mm	Roble VI/80-VII/82	Diferencia %	Cedro VI/77-VI/83	Diferencia %
Apartadó	Santa Marta	1965-83	2.556	2.587	5,8	2.405	-1,7
Apartadó	Hda. El Casco	1965-83	2.538	2.586	-1,9	2.421	-4,6
Carepa	Santa Isabel	1965-83	3.061	3.564	16,4	3.485	13,8
Chigorodó	Barranquillita	1974-83	3.870	4.282	10,6	3.876	0,2
Chigorodó	La Palmera	1972-83	4.501	4.504	0,0	4.521	0,44
Mutatá	Villa Arteaga	1951-83*	5.205	4.859	-6,6	4.859	-6,6

* Veintidós años en el período.

5.2 EL CRECIMIENTO DEL ROBLE

5.2.1 Coetaneidad de las regeneraciones de roble

Generalmente las regeneraciones naturales de especies secundarias que ocupan los campos de cultivos y los pastisales se consideran de naturaleza coetanea. Estas regeneraciones son con frecuencia toleradas por los campesinos cuando las especies tienen un alto valor comercial. Una vez las regeneraciones se han establecido y desarrollado no es muy usual que coexistan en el mismo sitio nuevas regeneraciones de la misma especie por razones como las siguientes: 1. Si el dosel es muy denso las condiciones de luz no son las más adecuadas para especies intolerantes. 2. Los campesinos tienden a controlar las poblaciones numerosas que pueden afectar los cultivos o el pasto. Cuando la población originalmente establecida es poco densa, o cuando su densidad disminuye drásticamente por aprovechamientos intermedios, es posible que se establezcan nuevas regeneraciones de la misma especie en el sitio dándole características disetáneas a la masa forestal allí presente.

Con el fin de estudiar la coetaneidad de las regeneraciones naturales del roble,se compara la distribución de frecuencias diamétricas con la distribución normal,haciendo uso para ello de la prueba de "chi cuadrado" (x^2),en las parcelas permanentes empleadas para el estudio tanto para la medición de 1980 como para la de 1982. No se hizo este análisis para la parcela 2 por haber sido aprovechada en más

de 70% antes de la segunda medición. Además los pares de parcelas 3 y 4 así como las parcelas 9 y 10 se han analizado como si fuesen una sola parcela cada pareja, por cuanto el diámetro promedio y el número de árboles por hectárea son similares (Tabla 4) y, además, se encuentran contiguas en sendas fincas. Para la prueba de x^2 se siguió a Spiegel (1961).

De acuerdo con los resultados de la Tabla 6, en la mayoría de las parcelas y para ambas mediciones, se acepta la hipótesis nula o sea que no hay diferencias significativas entre las distribuciones reales y normales. En las Figuras 2 y 3 aparecen las distribuciones del número de árboles por hectárea en función del diámetro para varias parcelas de roble.

TABLA 6. Prueba de "chi cuadrado" para la normalidad de las distribuciones de las parcelas permanentes de roble en estudio

Parcela No.	Grados de libertad	x^2-V/80		Grados de libertad	x^2-V/80	
1	5	8,8	n.s.	10	9,8	n.s.
3 y 4	8	13,9	n.s.	9	13,5	n.s.
5	4	6,2	n.s.	4	12,2	n.s.
6	10	2,7	n.s.	14	9,7	n.s.
7	10	14,7	n.s.	8	8,9	n.s.
8	4	8,1	n.s.	7	15,2	*
9 y 10	13	14,9	n.s.	11	14,6	n.s.

* Significativo al 5%; n.s. no significativo

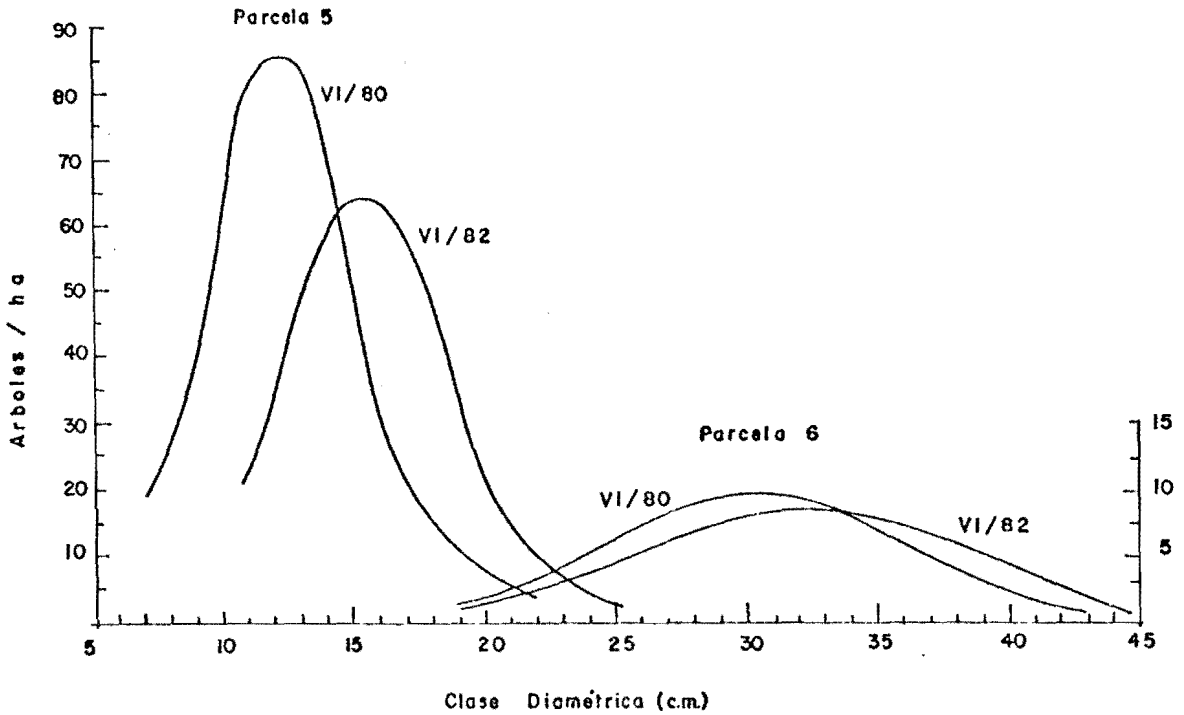


FIGURA 2. Distribución diamétrica normalizada para dos parcelas de roble en dos fechas de medición.

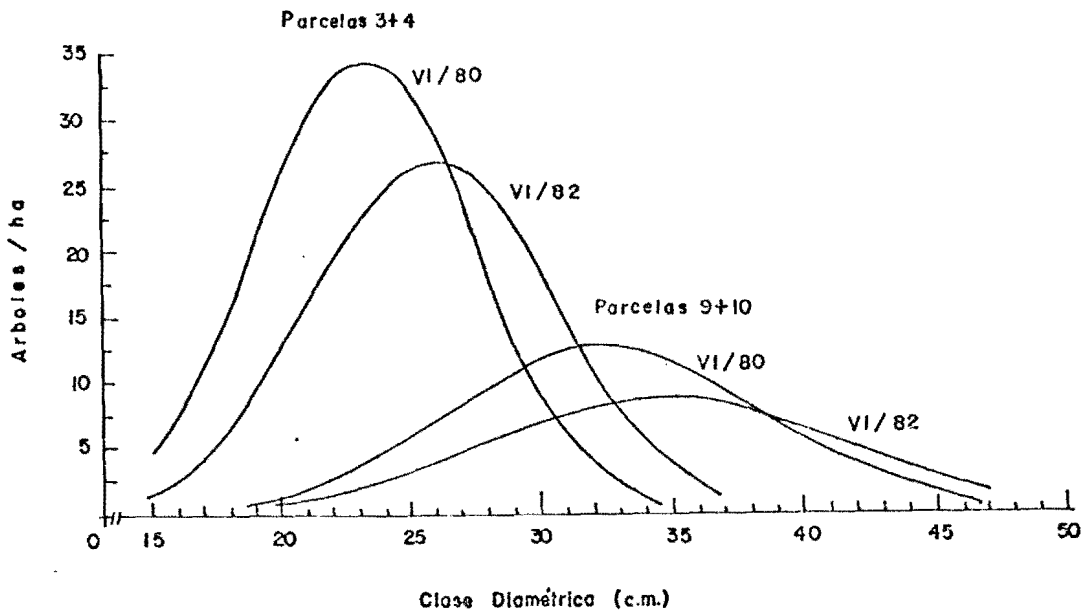


FIGURA 3. Distribución diamétrica normalizada para las parcelas de roble 3+4 y 9+10. Se indican las fechas de medición.

Las distribuciones en consecuencia son unimodales y, por lo tanto, típicas de poblaciones coetáneas en esencia iguales a la estructura diamétrica que tipifica a las plantaciones (Daniels et al, 1982).

Ante todo se debe atribuir a diferencias genéticas entre los individuos en las plantaciones forestales la formación de estructuras diamétricas de tipo unimodal. Por lo tanto, si las regeneraciones de roble son de índole coetáneo, los árboles situados en la cola de la derecha de las curvas de las Figuras 2 y 3 deben haber llegado a estas dimensiones debido a que tienen un mayor crecimiento en relación con los de la cola de la izquierda, y no porque tengan mayor edad. Con el fin de verificar esta hipótesis se comparó el crecimiento durante el período de mediciones del 25% de los árboles más grandes, situados en la cola de la derecha, con el 25% de los árboles más pequeños de las parcelas permanentes de roble. Mediante una prueba de "t" se determinó si las diferencias tenían una significación estadística. Los resultados de esta prueba se presentan en la Tabla 7. Con excepción de la parcela 1 en todas las demás parcelas los árboles más grandes tuvieron un mayor crecimiento: Las diferencias fueron altamente significativas en cinco parcelas, significativas en una y no significativas en dos parcelas. En consecuencia se confirma que la mayoría de las regeneraciones naturales de roble empleadas en este estudio son de naturaleza básicamente coetánea.

5.2.2 Caracterización de los suelos para el roble

Los resultados de los análisis de suelos de las parcelas de roble,

TABLA 7. Comparación entre el crecimiento periódico (2,1 años) de los 25% árboles más grandes y más pequeños en las parcelas de roble

Parcela No.	Arboles 1/	Crecimiento en 2,1 años, cm 25% Superiores $\bar{x}$	$\sigma \pm$	25% Inferiores $\bar{x}$	$\sigma \pm$	tc	Prueba de t t_t	
1	6	1,92	0,42	2,28	0,34	1,4	2,2	n.s.
3	14	2,47	0,64	1,56	0,25	4,8	2,8	**
4	14	3,26	0,50	1,48	0,26	10,5	2,8	**
5	27	3,93	0,58	2,00	0,34	53,7	2,8	**
6	17	2,60	0,68	1,71	0,57	4,0	2,8	**
7	10	2,66	0,54	2,13	0,58	1,9	2,1	n.s.
8	5	3,33	0,61	2,21	0,46	4,8	3,4	**
9	9	1,79	0,51	1,40	0,49	2,1	2,1	n.s.
10	9	2,84	0,45	2,03	0,65	2,9	2,1	*

1/ Igual número para cada cuartil

* Significativa al 5%

** Significativa al 1%

n.s. No significativa

así como su clasificación tentativa y otros aspectos observados en el campo, se presentan en la Tabla 8. Los suelos donde crece el roble en Urabá se caracterizan por su topografía plana; las texturas varían desde franco arcillosas, las más pesadas, hasta franco arenosas en los suelos más livianos: a no ser por limitaciones de drenaje los suelos son profundos; casi siempre el roble crece en esta región en suelos con limitaciones para el drenaje, lo cual se evidencia por los moteados de pocos a abundantes presentes en el suelo de todas las parcelas desde por lo menos 40 cm de profundidad; en algunas parcelas se observa inclusive gleisación a partir de 20 a 50 cm de profundidad. Los análisis químicos indican que el roble en la región de Urabá crece en suelos de fertilidad media a alta en razón de sus altos contenidos y saturación de bases que se sitúan entre 37 y 68%. El fósforo, sin embargo es deficiente. El pH entre 5,0 y 6,0 se puede considerar como adecuado para los cultivos tropicales agrícolas o forestales; en la mayoría de las parcelas de roble se nota en el campo un aumento del pH con la profundidad especialmente en los suelos de peor drenaje. El carbono orgánico es normal a alto. La relación C/N se sitúa entre 8 y 13 indicando condiciones favorables para la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

La mayoría de los suelos de las parcelas estudiadas corresponden dentro del sistema de clasificación de Estados Unidos (Soil Survey Staff 1960) a Typic Tropaquept con cuatro parcelas, luego de a dos parcelas corresponden a Aeric Tropaquepts y a Aquic Eutropepts y una a un Aquic Dystropept.

TABLA 8. Características de los suelos superficiales (0-25 cm) de las parcelas con regeneraciones de roble.

PARCELA	MATERIA ORGANICA		pH	P	me/100 g de suelo						GRANULOMETRIA			TEXTURA**	OBSERVACIONES	CLASIFICACION TENTATIVA
	C%	C/N	H_2O	ppm	C.I.C.	Ca	Mg	K	Al	ΣB	A%	L%	Ar%			
1	5,8	12,2	5,0	2	25,0	5,8	3,2	0,19	3,7	9,2	56	30	24	F A Ar	Moteados abundantes desde la superficie; Gleisación a 30 cm.	Typic Tropaquept
2	4,7	-	5,6	5	27,0	14,4	4,0	0,4	-	18,5	48	32	20	F	Moteados superficiales abundantes; Gley a partir de 20 cm.	Typic Tropaquept
3	1,8	9,5	5,3	2	30,7	10,8	3,8	0,21	1,0	14,8	24	48	28	F Ar	Pocos moteados a más de 40 cm.	Aquic Dystropept
4	2,0	9,1	5,3	2	30,3	10,4	3,6	0,15	0,5	14,2	32	46	22	F	Pocos moteados a más de 40 cm.	Aquic Dystropept
5	2,0	13,3	5,2	2	29,2	9,0	5,4	0,25	0,4	14,7	26	50	24	F L	Moteados comunes desde los 30 cm.	Aeric Tropaquept
6	-	-	5,5	3	28,5	12,0	5,4	0,20	-	17,6	30	39	31	F	Moteados comunes desde los 40 cm.	Aeric Tropaquept
7	1,6	-	5,6	3	38,0	21,2	5,8	0,45	-	27,1	20	56	24	F L	Moteados abundantes desde la superficie, colores grises desde 20 cm.	Typic Tropaquept
8	1,7	-	5,7	7	26,3	11,4	5,2	0,15	-	16,8	44	30	26	F	Moteados rojos y grises desde la superficie.	Typic Tropaquept
9+10	2,8	8,1	6,0	12	36,6	17,4	4,2	0,71	-	23,3	16	48	36	F A L	Pocos moteados hasta 70 cm.	Aquic Eutropept

* Métodos: Granulometría por Bouyoucos; C% por combustión en húmedo; N por Kjeldhal; C.I.C. por Acetato de amonio; Ca, Mg, K por absorción atómica.

** F = Franco; Ar = Arcilla; A = Arena; L = Limo

5.2.3 Relaciones alométricas

Los modelos exponenciales para las relaciones alométricas dieron como resultado las siguientes ecuaciones para el roble:

$$h_t = 1{,}6981\ d^{0{,}6127} \qquad (1)$$

$$r^2 = 0{,}688^{**}$$

$$h_f = 2{,}8140\ d^{0{,}3414} \qquad (2)$$

$$r^2 = 0{,}241^{*}$$

La ecuación que expresa la altura total en función del diámetro resultó altamente significativa y explicó cerca del 70% de la variación observada. Por el contrario el ajuste para la altura del fuste aunque significativo, explica solo el 24% del fenómeno. Las ecuaciones se representan en la Figura 4. Tan bajo ajuste se debe seguramente a la excesiva ramificación a baja altura que caracteriza el roble cuando crece fuera del bosque primario. Bajo sistemas silviculturales más intensivos y tecnificados las podas así como la selección de fenotipos con hábitos de ramificación que tiendan a conservar una forma más monopódica y de ramas más delgadas, producirán seguramente una altura de ramificación mayor y más homogénea. La ramificación simpódica temprana que exhibe el roble, es una característica silvicultural indeseable y ha llevado a que en menos de tres años la Compañía Reforestadora de la Costa en Colombia haya tenido que podar sus plantaciones en tres ocasiones; tan abundante ramificación probablemente se deba a una selección poco rigurosa de los

árboles semilleros. La baja asociación entre el diámetro y la altura del fuste está indicando una alta dispersión de las alturas del fuste y, por lo tanto, la presencia de individuos con hábitos de ramificación más deseable. Las entresacas silviculturales también tendrán que desempeñar un papel importante en las futuras plantaciones puesto que permitirán eliminar no solo los individuos más rezagados en el crecimiento sino también los de hábitos de ramificación más baja.

Pocas dudas se tienen en cuanto al modelo matemático empleado. Varios autores han comparado este modelo con otros posibles, hallándolo generalmente como el que mejor expresa tales relaciones alométricas (Del Valle, 1980; Vélez, 1982; Aramburo, 1985).

5.2.4 Ecuaciones de volumen individual

La Tabla 9 resume los resultados del cálculo de las ecuaciones de volumen. Desde el punto de vista puramente estadístico todas son aceptables puesto que sus ajustes son altamente significativos en cuanto a la prueba de F y al coeficiente de determinación R^2. Un análisis más detallado de la realidad biológica que pretenden explicar indica cómo los modelos logarítmicos (3 y 4) subestiman el volumen de los árboles pequeños. Por otra parte el modelo 1 sobreestima el volumen de estos mismos árboles debido a que su término independiente es de gran magnitud en relación con el volumen de los árboles de menos de 10 cm de diámetro.

UNIVERSIDAD NACIONAL
SECCION CENTRAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

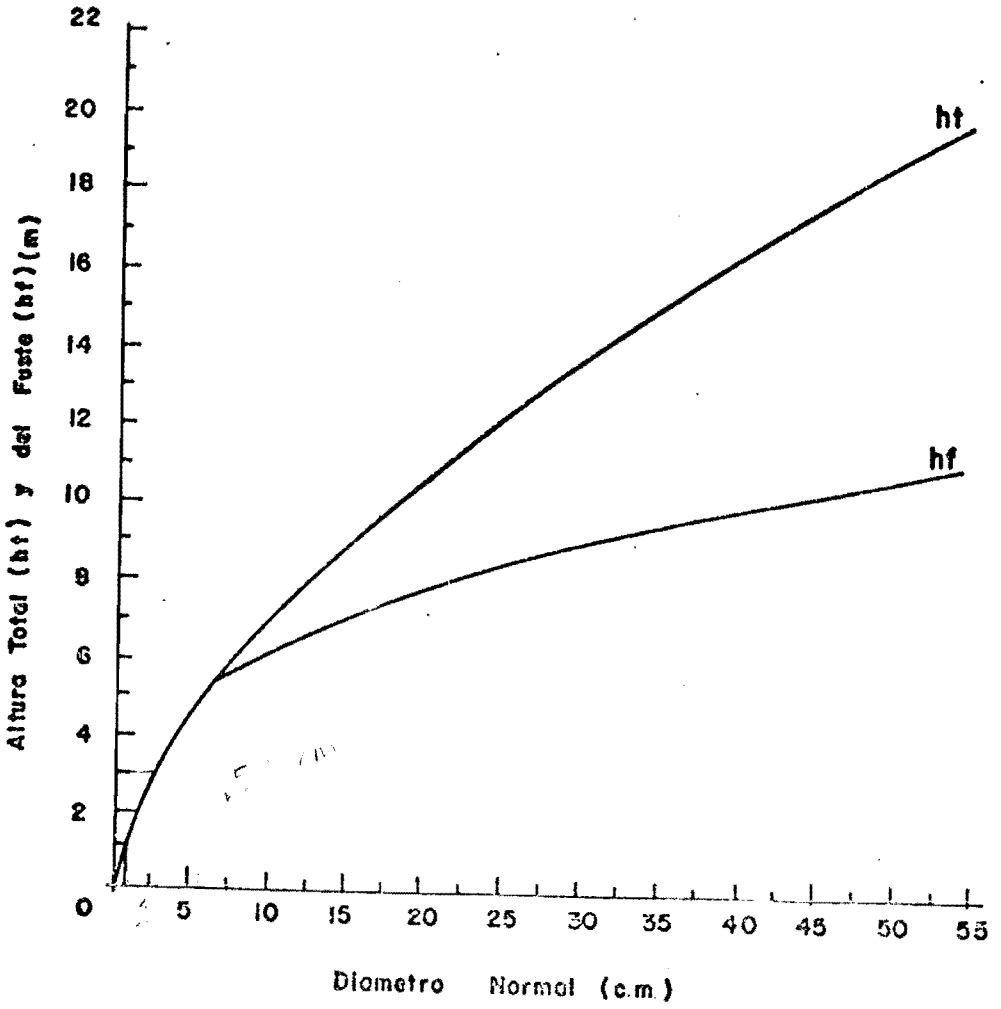


FIGURA 4. La altura total (ht) y del fuste (hf) en función del diámetro normal en roble.

El modelo 2 es el que mejor estima el volumen del roble y su ecuación expresa:

$$v = 0{,}01195 + 0{,}00005\ d^2h_f + 0{,}00009\ d^2 + 0{,}00211h_f \quad (3)$$

$$R = 0{,}935^{**}$$

Reemplazando la relación alométrica de la ecuación 2 en la ecuación 3 se obtiene la siguiente tarifa para el volumen de los árboles individuales en función del diámetro.

TABLA 9. Evaluación de las ecuaciones de volumen para el roble

No	Variables Depend.	Indep.	Intercepto	Coeficiente Regresión	t	F	R^2 %
1	v		0,04699				
		$d^2 h_f$		0,00006	27,2**	742**	91,49**
2	v		0,01195				
		$d^2 h_f$		0,00005	8,0**	320**	93,49**
		d^2		0,00009	3,3**		
		h_f		0,00211	0,4 n.s.		
3	log. v		-3,37685				
		log $d^2 h_f$		0,79791	28,3**	804**	92,10**
4	log. v		-3,45978				
		log d		1,73244	29,4**	516**	93,82**
		log h_f		0,59781	11,6**		

** Significativa al 1%

n.s. No significativa

$$v = 0{,}01195 + 0{,}00014\, d^{2{,}3414} + 0{,}00009\, d^2 + 5{,}93754\, d^{0{,}3414} \quad (4)$$

La cual se empleó para todos los cálculos de la tabla de rendimiento (Tabla 13) así como para la construcción de la Figura 10.

5.2.5 Construcción de las curvas de crecimiento diamétrico por el método de tiempos de paso

La Tabla 10 resume los resultados de las mediciones en el roble y expresa el crecimiento medio del diámetro para clases diamétricas de a cinco centímetros así como su desviación estandar y el número de árboles para cada promedio. Expresa así mismo el crecimiento dentro de cada clase diamétrica con aumentos de 20% desde los árboles más precoces hasta el 100% de los árboles medidos durante el estudio. En las clases diamétricas menores el crecimiento es ostensiblemente mayor en la fracción del 20% de los árboles que crecieron más durante el período de mediciones que para el total de los árboles, llegando a estar cerca del 40% por encima en la clase diamétrica de $5 \leq 10$ cm. A medida que se avanza hacia clases diamétricas mayores el crecimiento va siendo cada vez más similar y a partir de la clase $45 \leq 50$ cm se iguala. Esto es obvio puesto que a partir de tal clase diamétrica los promedios están basados en los mismos árboles como se comprueba en la columna de número de observaciones. Las desviaciones estándar son altas siendo comunes desviaciones del orden de $\pm$ 0,5 cm/año para crecimientos anuales que apenas superan un centímetro por año.

$$v = 0,01195 + 0,00014\, d^{2,3414} + 0,00009\, d^2 + 5,93754\, d^{0,3414} \quad (4)$$

La cual se empleó para todos los cálculos de la tabla de rendimiento (Tabla 13) así como para la construcción de la Figura 10.

5.2.5 Construcción de las curvas de crecimiento diamétrico por el método de tiempos de paso

La Tabla 10 resume los resultados de las mediciones en el roble y expresa el crecimiento medio del diámetro para clases diamétricas de a cinco centímetros así como su desviación estandar y el número de árboles para cada promedio. Expresa así mismo el crecimiento dentro de cada clase diamétrica con aumentos de 20% desde los árboles más precoces hasta el 100% de los árboles medidos durante el estudio. En las clases diamétricas menores el crecimiento es ostensiblemente mayor en la fracción del 20% de los árboles que crecieron más durante el período de mediciones que para el total de los árboles, llegando a estar cerca del 40% por encima en la clase diamétrica de $5 \leq 10$ cm. A medida que se avanza hacia clases diamétricas mayores el crecimiento va siendo cada vez más similar y a partir de la clase $45 \leq 50$ cm se iguala. Esto es obvio puesto que a partir de tal clase diamétrica los promedios están basados en los mismos árboles como se comprueba en la columna de número de observaciones. Las desviaciones estándar son altas siendo comunes desviaciones del orden de $\pm$ 0,5 cm/año para crecimientos anuales que apenas superan un centímetro por año.

TABLA 10. Crecimiento anual del diámetro del roble por clases diamétricas: 20%, 40%, etc. corresponden a sucesivos porcentajes de árboles en cada clase diamétrica de mayor crecimiento hasta el 100%.

Arboles de mayor crecimiento %	Clase diamétrica cm	Crecimiento medio cm / año	Desviación estándar ± cm / año	Observaciones n
≤ 20	5 ≤ 10	3,434	0,466	37
	10 ≤ 15	3,023	0,704	16
	15 ≤ 20	1,819	0,393	17
	20 ≤ 25	1,492	0,228	3
	25 ≤ 30	1,519	0,728	13
	30 ≤ 35	1,421	0,621	15
	35 ≤ 40	1,358	0,646	17
	40 ≤ 45	1,078	0,531	14
	45 ≤ 50	1,078	0,531	4
	50 ≤ 55	1,237	-	2
≤ 40	5 ≤ 10	3,168	0,476	77
	10 ≤ 15	2,274	0,971	17
	15 ≤ 20	1,553	0,479	30
	20 ≤ 25	1,239	0,709	7
	25 ≤ 30	1,289	0,611	38
	30 ≤ 35	1,227	0,530	30
	35 ≤ 40	1,138	0,637	32
	40 ≤ 45	1,163	0,498	20
	45 ≤ 50	1,078	0,331	4
	50 ≤ 55	1,237	-	2
≤ 60	5 ≤ 10	3,022	0,481	111
	10 ≤ 15	1,785	0,839	39
	15 ≤ 20	1,451	0,502	36
	20 ≤ 25	1,182	0,531	24
	25 ≤ 30	1,346	0,567	52
	30 ≤ 35	1,068	0,487	64
	35 ≤ 40	1,141	0,627	33
	40 ≤ 45	1,163	0,498	20
	45 ≤ 50	1,078	0,331	4
	50 ≤ 55	1,237	-	2
≤ 80	0 ≤ 5	2,400	0,151	10
	5 ≤ 10	2,923	0,510	135
	10 ≤ 15	1,474	0,788	67
	15 ≤ 20	1,374	0,535	40
	20 ≤ 25	1,000	0,503	59
	25 ≤ 30	1,166	0,589	70
	30 ≤ 35	1,047	0,480	75
	35 ≤ 40	1,141	0,627	33
	40 ≤ 45	1,163	0,498	20
	45 ≤ 50	1,078	0,331	4
	50 ≤ 55	1,237	-	2
= 100	0 ≤ 5	2,169	0,263	24
	5 ≤ 10	2,688	0,683	171
	10 ≤ 15	1,350	0,736	89
	15 ≤ 20	1,126	0,575	60
	20 ≤ 25	0,926	0,463	80
	25 ≤ 30	1,117	0,578	79
	30 ≤ 35	1,047	0,480	75
	35 ≤ 40	1,141	0,627	33
	40 ≤ 45	1,163	0,498	20
	45 ≤ 50	1,078	0,331	4
	50 ≤ 55	1,237	-	2

En la Figura 5 se han graficado los datos de la tabla anterior con el fin de determinar el crecimiento corriente anual corregido por clases diamétricas. Se trata de dibujar curvas continuas que armonicen la tendencia del crecimiento diamétrico en función del diámetro y que permitan ver mejor las diferencias de crecimiento para las fracciones de la población estudiada y para el total de los árboles. Para apreciar la gran variación que se presenta en el crecimiento de los árboles se ha graficado además el rango de crecimiento diamétrico y la desviación estandar. El análisis de la figura citada pone de manifiesto un crecimiento inicial muy rápido en el roble pero que culmina muy pronto. Es así como para el 100% de los árboles el crecimiento diamétrico culmina cuando el diámetro medio es de solo 7,5 cm y alcanza cifras de 2,7 cm/año; luego declina con rapidez para estabilizarse a partir de los 15 cm de diámetro en cerca de 1,1 cm por año. Para los árboles que podrían llamarse dominantes y que deberán constituír la mayor parte de la cosecha final, o sean los 20% de mayor crecimiento en cada parcela, el crecimiento diamétrico culmina en la misma clase diamétrica y se sitúa en cifras tan altas como 3,4 cm/año. La declinación de esta fracción de la población es más gradual y se mantiene por encima de la curva para el 100% hasta los 50 cm de diámetro. Las curvas de crecimiento para las otras fracciones se sitúan entre las curvas analizadas.

El cálculo de los tiempos de paso y del tiempo requerido para que los árboles lleguen a los límites superiores de sucesivas marcas de clase se presenta en la Tabla 11. Los datos de crecimiento se han tomado

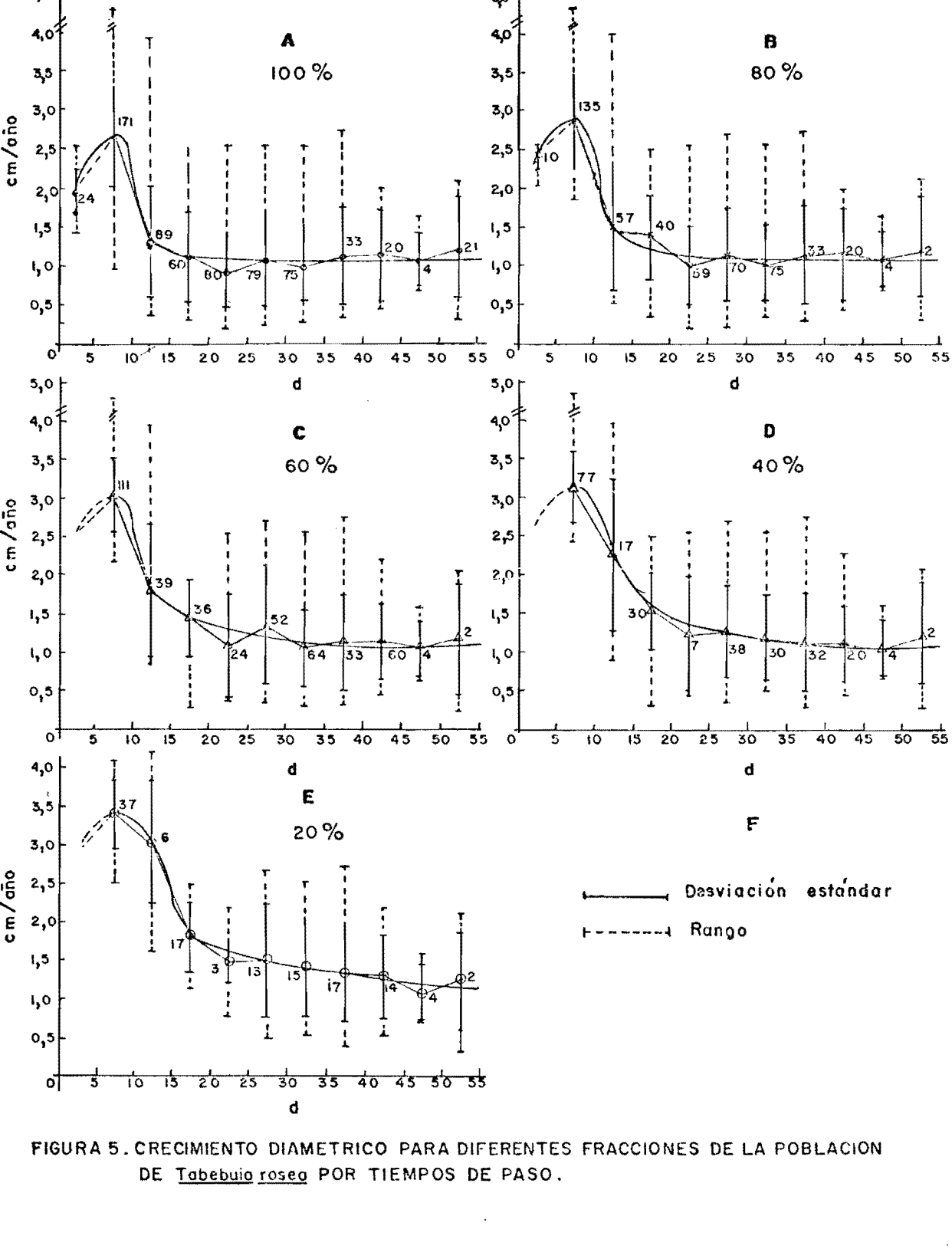


FIGURA 5. CRECIMIENTO DIAMETRICO PARA DIFERENTES FRACCIONES DE LA POBLACION DE Tabebuia roseo POR TIEMPOS DE PASO.

TABLA 11. Cálculo del tiempo requerido para que el roble alcance sucesivos límites de clase diamétrica. Se hace el cálculo tanto para el total de árboles medidos así como para fracciones acumuladas de a 20% de los árboles de mayor crecimiento.

100% de los árboles medidos

Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55
Crecimiento (cm/año)	2,17	2,69	1,35	1,13	1,11	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Tiempo de paso (años)	2,30	1,86	3,70	4,42	4,50	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54	4,54
Tiempo acumulado (años)	2,30	4,16	7,86	12,28	16,78	21,32	25,85	30,40	34,94	39,48	44,02

80% de los árboles de mayor crecimiento

Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55
Crecimiento (cm/año)	2,40	2,92	1,47	1,22	1,15	1,14	1,13	1,10	1,10	1,10	1,10
Tiempo de paso (años)	2,08	1,71	3,40	4,10	4,35	4,38	4,42	4,54	4,54	4,54	4,54
Tiempo acumulado (años)	2,08	3,79	7,19	11,29	15,64	20,02	24,44	28,98	33,52	38,06	42,60

60% de los árboles de mayor crecimiento

Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55
Crecimiento (cm/año)	2,55	3,02	1,78	1,45	1,25	1,20	1,15	1,12	1,10	1,10	1,10
Tiempo de paso (años)	1,96	1,65	2,81	3,45	4,00	4,16	4,35	4,46	4,55	4,54	4,54
Tiempo acumulado (años)	1,96	3,61	6,42	9,87	13,87	18,03	22,38	26,84	31,39	35,93	40,47

40% de los árboles de mayor crecimiento

Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55
Crecimiento (cm/año)	2,70	3,17	2,27	1,57	1,35	1,29	1,15	1,13	1,10	1,10	1,10
Tiempo de paso (años)	1,85	1,58	2,20	3,18	3,70	3,87	4,35	4,42	4,54	4,54	4,54
Tiempo acumulado (años)	1,85	3,43	5,63	8,81	12,51	16,40	20,75	25,17	29,71	34,25	38,79

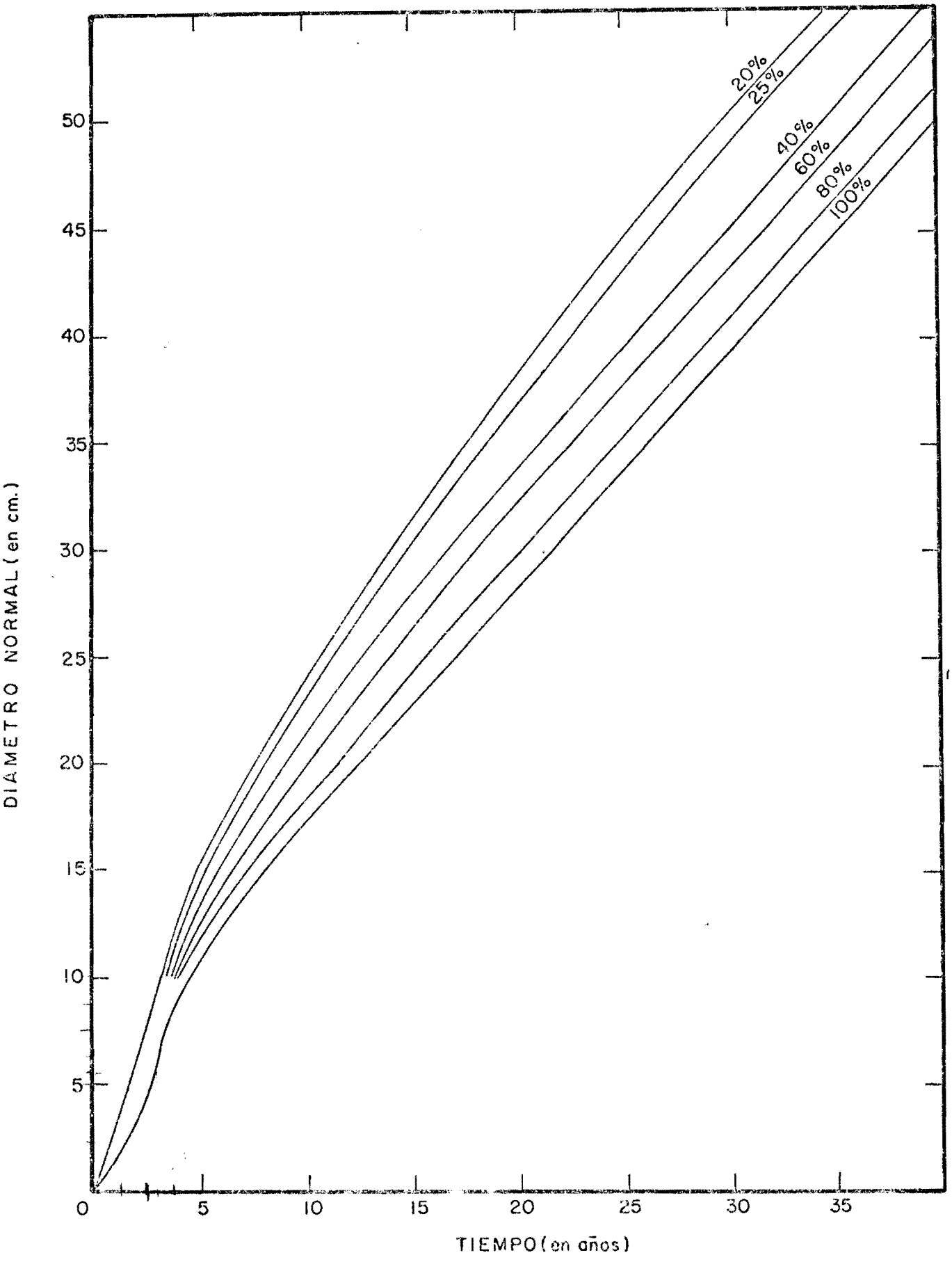
20% de los árboles de mayor crecimiento

Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55
Crecimiento (cm/año)	2,90	3,43	3,02	1,85	1,60	1,50	1,42	1,35	1,25	1,15	1,11
Tiempo de paso (años)	1,72	1,46	1,65	2,70	3,12	3,33	3,52	3,70	4,00	4,34	4,50
Tiempo acumulado (años)	1,72	3,18	4,83	7,53	10,65	13,98	17,50	21,20	25,20	29,54	34,04

de las curvas de la Figura 5. No se aprecian diferencias notorias del crecimiento acumulado entre las fracciones desde 40% de los árboles de mayor crecimiento hasta el total de los árboles: para llegar al límite superior de 55 cm aquellos requieren cerca de 39 años en tanto que los últimos necesitan 44 años. Una diferencia de solo cinco años. Con la fracción del 20% de los árboles de mayor crecimiento las diferencias en el crecimiento son apreciables llegando estos últimos 10 años antes al límite de los 55 cm.

Los crecimientos acumulados del diámetro se presentan gráficamente en la Figura 6. En esencia esta figura consta de una familia de curvas de crecimiento diamétrico similares a las que se obtienen en experimentos en los cuales se estudia el efecto de diferentes densidades del rodal en el diámetro. Como por ejemplo los resultados obtenidos en las llamadas parcelas CCT (Marsh y Burger, 1973; Burger, 1971).

Sin embargo en el método surafricano las curvas corresponden al desarrollo de parcelas mantenidas durante el transcurso del ensayo con diferentes grados de densidad en términos de árboles por hectárea y, por lo tanto, cada curva puede tener árboles desde dominantes hasta suprimidos. El caso que aquí se expone pretende representar las posibles curvas de crecimiento que tendrían dentro del mismo rodal desde los árboles dominantes hasta la totalidad de los mismos.


20%
25%
40%
60%
80%
100%
DIAMETRO NORMAL (en cm.)
TIEMPO (en años)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

5.2.6 Efecto de las entresacas en las curvas del crecimiento diamétrico en el roble

Si se establece el número de árboles inicial que se plantarán, automáticamente quedan fijados los árboles que representaría cada una de las curvas de crecimiento. Las curvas permiten además interpolar y extrapolar para porcentajes no considerados. La fijación del número inicial de árboles es un paso delicado así como la intensidad y frecuencia de las entresacas. En la Figura 7 se ha simulado una secuencia de entresacas y se aprecia su efecto en el diámetro. Partiendo inicialmente de 1.100 árboles/ha, a los 6,5 años se efectúa una entresaca por lo bajo del 50%; ésto trae un aumento del diámetro medio el cual antes de la entresaca era de 13 cm y después de ella de 15,3 cm. A los 12,5 años se efectúa una nueva entresaca por lo bajo del 50%, o sea que teoricamente se cortaría la mitad de los árboles de menor dimensión, quedando en pie 275 árboles/ha. Como consecuencia de esta operación el diámetro medio del rodal remanente aumenta de 23,5 cm hasta 27,2 cm. De nuevo, a los 19 años, se realiza la última entresaca por lo bajo del 40% con lo cual quedan en pie 165 árboles/ha; o sea el 16% del rodal originalmente plantado. La tala final se efectuará a los 25 años según el esquema programado. Los aumentos del diámetro después de las entresacas solo están considerando la evolución del diámetro medio, el cual necesariamente aumenta si se eliminan los árboles más pequeños. No se está considerando el aumento adicional que en el futuro próximo tendrá el diámetro como respuesta a la entresaca por disponer los árboles de un mayor espacio

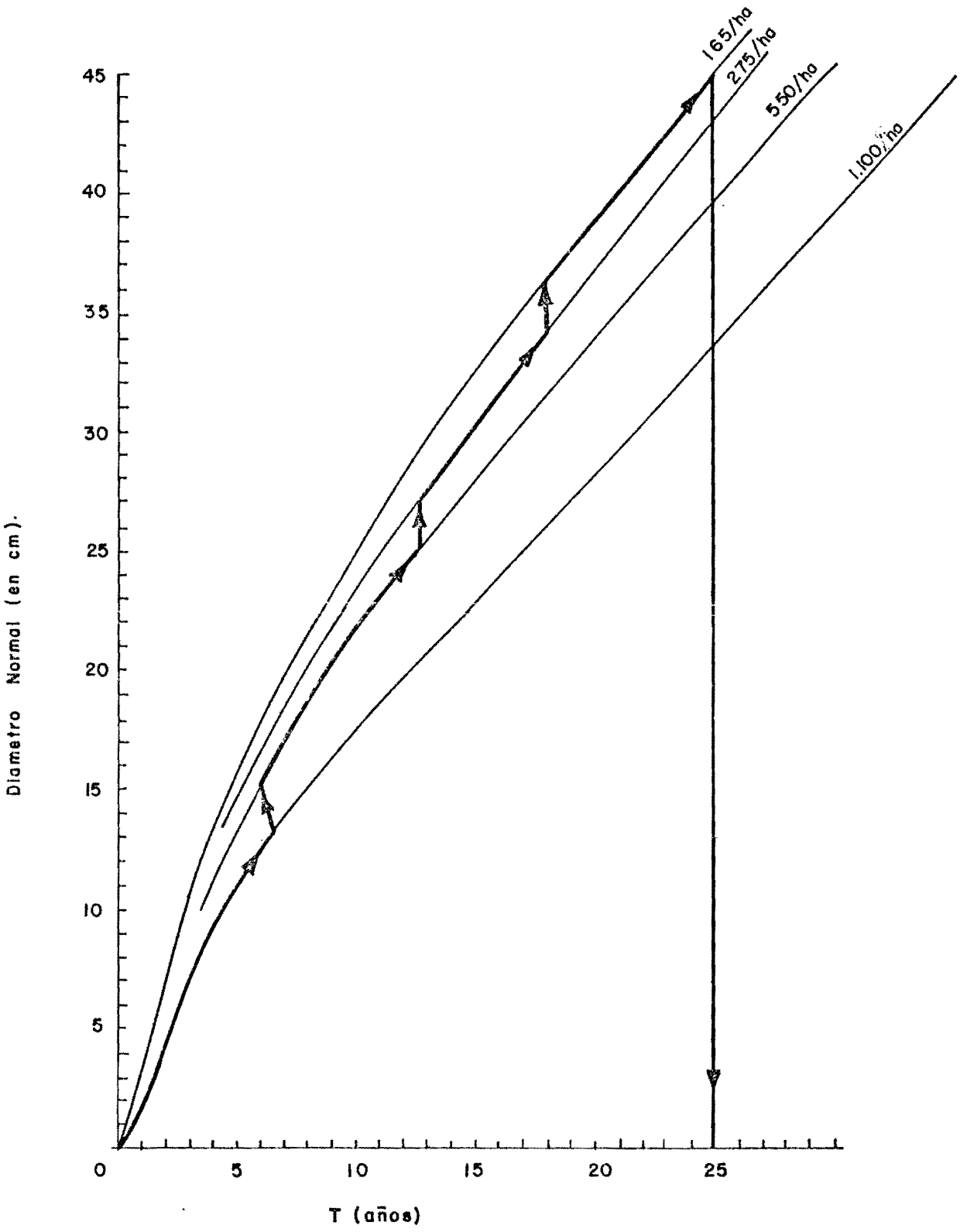


FIGURA 7. Efecto de las entresacas en el diámetro de roble.

aéreo y radicular. Para obtener esta información necesariamente se requiere efectuar estudios experimentales sobre el afecto de entresacas en el crecimiento. Por lo tanto, al no considerar este efecto las proyecciones en cuanto a las respuestas a las entresacas deberían dar estimativos conservadores. A pesar de ello puede considerarse que esto no es así: debido a las bajas densidades de las regeneraciones naturales empleadas en el estudio tanto del roble como del cedro, estos deben haber crecido en forma casi libre desarrollando cada individuo su máximo potencial.

Ahora bien, ¿Cómo saber cuál será el diámetro medio del rodal remanente después de una entresaca por lo bajo?. Primero hay que aclarar que aunque teóricamente se estipulen entresacas por lo bajo, en el campo ésto generalmente no se cumple estrictamente puesto que además de extraer los árboles de menor dimensión se debe tener en cuenta otros criterios silviculturales tales como la forma de los árboles y su adecuada distribución espacial. En consecuencia, siempre será necesario extraer algunos árboles de mayor diámetro que el propuesto y dejar en pie otros de menor diámetro. Sin embargo, una aproximación aceptable consiste en eliminar en los registros de las mediciones de parcelas experimentales sucesivos porcentajes de los árboles más pequeños: 10%, 20%, 40%, 60%, 80%; luego se calcula el diámetro promedio de los árboles remanentes y se expresa como un porcentaje del diámetro promedio de cada una de las entresacas así simuladas o supuestas. De igual manera se calcula el diámetro promedio de la fracción entresacada y se expresa como un porcentaje del diámetro

medio antes de la operación. Para estos cálculos se agrupan las parcelas por clases diamétricas y se obtienen las curvas que muestra la Figura 8. Las curvas ascendentes indican porcentajes de aumento del diámetro después de la entresaca para diferentes intensidades de entresaca: con ellas se estima el diámetro de la masa remanente. Las curvas descendentes indican el porcentaje en que se debe disminuir el diámetro medio para obtener, en dependencia de la intensidad de la entresaca, el diámetro medio de la masa entresacada. Estas curvas son preliminares por cuanto el número de parcelas empleadas para su elaboración fue muy limitado, no obstante, su tendencia es similar a la obtenida por Aramburo (1985) con Caryniana pyriformis empleando un mayor número de parcelas.

Como consecuencia de la unión del diámetro después de la entresaca con la curva correspondiente al número de árboles remanentes se presenta una aparente modificación en la edad. Es así como después de la primera entresaca programada a los 6,5 años, la edad aparente del rodal remanente disminuye a los seis años. En la práctica tal modificación no tiene mayor importancia. Los cálculos correspondientes a los diámetros antes y después de cada una de las entresacas se detallan en la Tabla 12.

5.2.7 Pronóstico del efecto de entresacas en el área basal y en el volumen

El mismo método descrito para el diámetro, previamente propuesto por Marsh y aplicado por Burger (1971) y Alder (1980), se empleó para la

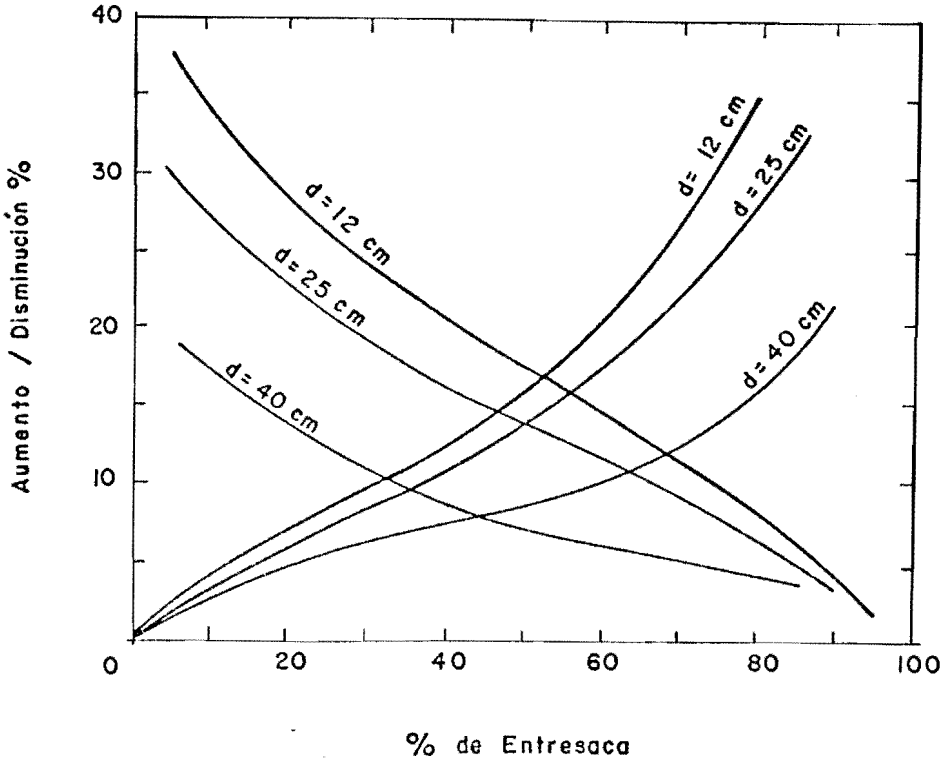


FIGURA 8. Aumento del diámetro medio por efecto de las entresacas en el roble. Disminución del diámetro medio para obtener dimensiones de entresaca.

simulación gráfica de las entresacas en cuanto al área basal y al volumen. Su formulación recibe el nombre de hipótesis de Marsh, la cual según Alder (1980) y Marsh y Burger (1973) expresa lo siguiente: "El crecimiento de rodales con clareos es equivalente a aquel de rodales no clareados de la misma masa (medida en número de árboles por unidad de superficie) y densidad (medida en área basal o volumen por unidad de superficie), pero de una edad más joven (ésto es, la edad a la cual ellos tenían la misma área basal o volumen por unidad de superficie". En la Figura 9 se representa el efecto de las entresacas en el área basal y en la Figura 10 se ha graficado tanto el efecto de las entresacas en el volumen como el volumen acumulado.

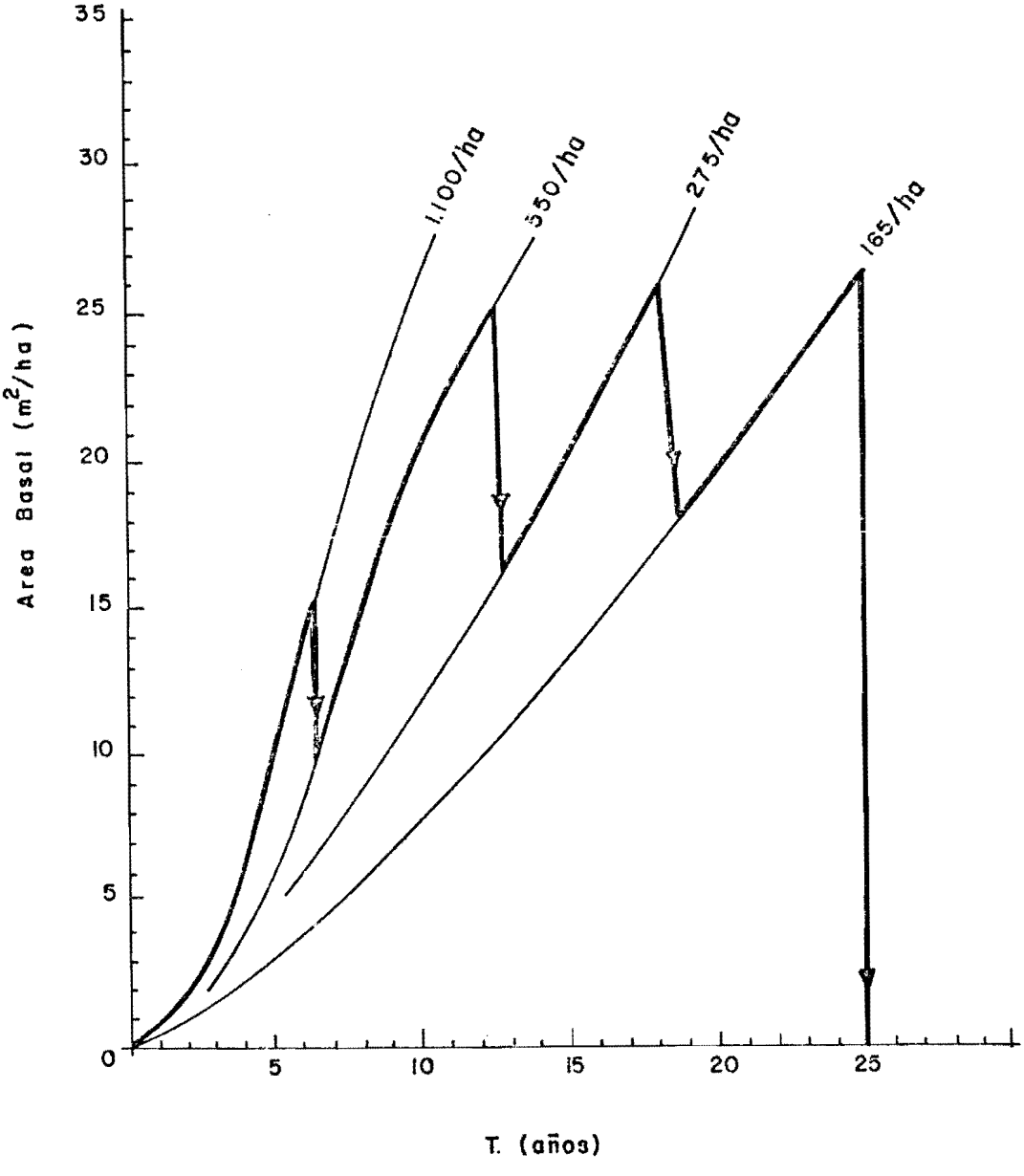


FIGURA 9. Evolución del área basal y efecto de las entresacas por lo bajo en el roble. Se indica el número de árboles/ha.

TABLA 12. Cálculo del diámetro en pie después de las entresacas y del diámetro medio entresacado

t años	N (árboles/ha) Ae	E	De	$\bar{d}$ (cm) Ae	E	De	%E	%Au	%Dis
6,5	1100	550	550	13,2	10,8	15,3	50	16,0	18,0
12,5	550	275	275	24,0	20,5	27,2	50	13,5	14,5
18,0	275	110	165	34,5	31,7	37,0	40	7,5	8,0

Ae = Antes de la entresaca
E = Entresacados
De = Después de la entresaca
%E = % de entresaca
%Au = % de aumento del $\bar{d}$
%Di = % de disminución del $\bar{d}$

En cuanto al tiempo requerido para efectuar tanto la primera como las entresacas siguientes así como la tala final, su determinación involucra tanto aspectos que atañen a la economía como a la silvicultura. Como desafortunadamente no existe ninguna investigación ni económica ni silvicultural acerca de este problema en Tabebuia rosea, es necesario emplear criterios generales así como información relativa a especies tropicales. Desde el punto de vista económico no es recomendable efectuar entresacas muy frecuentes que produzcan volumenes bajos. Los altos costos fijos del aprovechamiento solo permiten para especies de crecimiento moderado entresacas aproximadamente quinquenales.

De otro lado el postulado de Marsh solo se cumple satisfactoriamente cuando el tiempo entre sucesivas entresacas es de más de 3 a 4 años

para pinos, de crecimiento más rápido que el roble (Burgers, 1971; Alder, 1980). Por estas razones se han definido entresacas espaciadas entre sí 5 a 6,5 años. Además de lo anterior dice Sarling (1967), en trabajos hechos con teca pero que generaliza en un modelo de crecimiento para especies tropicales, que hasta tanto el área basal no supere los 15 m^2/ha los árboles crecen como individuos, de ahí en adelante, se inicia la competencia intraespecífica. Por tal razón se ha considerado conveniente efectuar una primera entresaca bastante fuerte (50%) a los 6,5 años cuando se alcanza este límite, el cual es nuevamente superado por el rodal remanente cerca de los 8,5 años de edad.

Para las entresacas posteriores se ha tenido en cuenta que el área basal la mayoría del tiempo oscile alrededor de 20m^2/ha (Figura 9). Esto por cuanto, al menos con varias especies de coníferas tropicales, el crecimiento tiende a maximizarse cuando el área basal se encuentra aproximadamente en este valor. Dawkins (1958) considera que el bosque tropical húmedo debe manejarse con áreas basales inferiores a los 20 m^2/ha si se desean respuestas significativas del crecimiento volumétrico. Como para Tabebuia rosea no existen ni plantaciones ni investigación silvicultural publicada sobre estos aspectos, no queda otra opción que emplear criterios generales desarrollados para otras especies y situaciones.

La decisión sobre el número inicial de árboles y sobre los remanentes después de cada entresaca, no puede estar exenta, en tan incipiente estado actual del conocimiento silvicultural de esta especie,

de cierta subjetividad,enmarcada dentro del manejo de densidad-espaciamiento/edad que se conoce de varios estudios. Es así como el número inicial de árboles (1.100 por hectárea) tiene una adecuada sustentación por las siguientes razones: 1. Esta es una densidad de plantación muy empleada en especies tropicales con crecimiento similar al roble; 2. Toda la información para la primera fase del crecimiento se obtuvo de parcelas de crecimiento de edad conocida (Tabla 4), dos de ellas con densidad similar a la inicial y la tercera con densidad muy superior; no obstante, en ningún caso las áreas basales de estas parcelas superan siquiera los 6 m^2/ha, muy por debajo del límite propuesto por Sarling de 15 m^2/ha. De suerte que se puede considerar que los árboles han tenido un crecimiento libre sin que el número de árboles tenga mayor significado. O sea que hasta aproximadamente la tercera parte del turno propuesto, se tiene una información relativamente confiable sobre el crecimiento no solo diamétrico sino en volumen y en área basal.

Las curvas de crecimiento después de los 8,5 años están totalmente basadas en las parcelas permanentes cuyas densidades son inferiores al número de árboles por hectárea tenidos en cuenta para el proceso de simulación gráfica del crecimiento. Con todo no se considera que tal procedimiento implique graves distorsiones en cuanto a los resultados. Ante todo se debe tener en cuenta que las parcelas provienen de regeneraciones naturales asociadas en el caso del roble con pastos y, por lo tanto, no se espera que la producción de madera represente la principal producción de estas tierras. Esto lleva al

campesino a reducir drásticamente las densidades de tales regeneraciones con el fin de que los pastos, que son especies muy heliófitas, prosperen adecuadamente. En consecuencia el crecimiento de los árboles procede en forma casi libre sin notoria competencia interespecífica.

A causa de tan amplia disponibilidad de espacio el roble tiende a desarrollar en cierta medida su porte específico el cual, a diferencia del porte forestal que se desarrolla cuando los árboles crecen en masas compactas, se caracteriza por una mayor relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste. Cabe esperar por lo tanto que en plantaciones forestales más densas se produzcan relaciones más bajas entre el diámetro de copa y el diámetro del fuste que la actual, permitiendo mantener un mayor número de árboles por unidad de superficie. Las podas, tan necesarias en el roble, deben también jugar un papel importante en la reducción del diámetro de copas. Finalmente, en las plantaciones forestales poco antes de las entresacas siempre es necesario aceptar un cierto traslape en sus copas. Este traslape probablemente traerá una disminución en el crecimiento diamétrico y en el volumen, pero por otro lado esta reducción puede verse compensada y superada tanto por la selección de semillas de árboles más precoces como por el aumento en la altura del fuste por efecto de las podas y el mejoramiento genético.

De igual forma que para el área basal, la Figura 10 ilustra la producción volumétrica tanto antes como después de cada entresaca, así

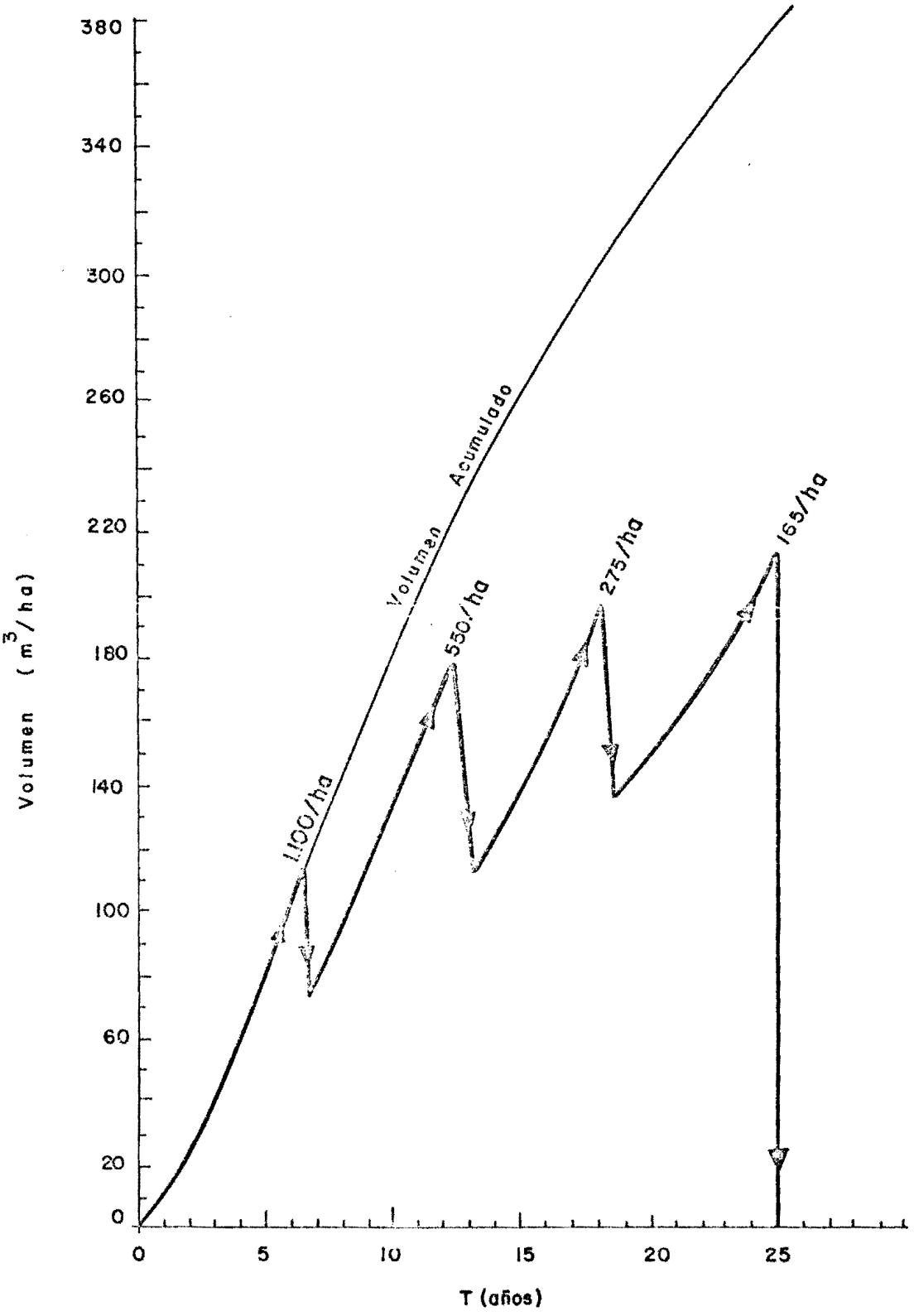


FIGURA 10. Efecto de las entresacas en la producción

como la curva de producción acumulada.

5.2.8 Tabla de rendimiento o producción

La Tabla 13 resume la información fundamental relativa a la producción por hectárea de una hipotética plantación de Tabebuia rosea. Se ha separado la producción de la masa principal o remanente y de la masa entresacada o producciones intermedias. Se representa también la producción total acumulada y la producción media anual así como la corriente periódica anual con base en períodos quinquenales. La tabla presenta una detallada información hasta los 25 años donde se incluyen datos tales como: número de árboles remanentes y entresacados, altura total, altura del fuste, diámetros medios; áreas basales y volumenes en función de la edad. La base del cálculo tanto de las áreas basales como del volumen, como ya se había mencionado para las curvas respectivas, es el diámetro medio y el número de árboles por hectárea.

Se prevee en esta tabla un rendimiento de la cosecha final de 210 m^3/ha en 25 años, representados por 165 árboles con 45,5 cm de diámetro medio. Esto es,un crecimiento medio anual de 8,4 m^3/ha. Se considera aceptable tal rendimiento aunque inferior al hallado para otras especies tropicales. Así por ejemplo,la producción anual del Pinus caribaea en Surinam se ha estimado en 16,6 m^3/ha a los 30 años y la de Virola surinamensis en 11 m^3/ha a los 40 años (Schulz, 1966). Se puede comparar sin embargo en forma favorable con los

TABLA 13. Rendimiento de Tabebuia rosea en la región de Urabá.

t años	Masa principal después de la entresaca						Masa entresacada				Total	Crecimiento	
	N árb/ha	h_t m	h_f m	$\bar{d}$ cm	G m^2/ha	V m^3/ha	N árb/ha	$\bar{d}$ cm	G m^2/ha	V m^3/ha	V m^3/ha	Medio m^3/ha/año	Corriente* m^3/ha/año
0	1100	-	-	-	-	-							16,5
5	1100	7,4	6,4	11,0	10,4	82,6					82,6	16,5	
6,5	550	8,1	7,1	15,3	10,1	69,9	550	10,8	5,0	41,4	111,3	17,1	19,2
10	550	10,8	8,0	21,0	19,0	134,7					178,8	17,9	
12,5	275	13,0	8,5	27,2	16,0	113,0	275	20,5	9,1	63,2	217,6	17,0	14,5
15	275	13,7	9,0	30,5	20,1	146,6					251,2	16,7	
18	165	15,6	9,7	37,0	17,7	135,2	110	31,7	8,7	64,2	304,0	16,9	14,4
20	165	16,0	9,0	39,3	20,0	154,5					323,3	16,2	
25	165	17,6	10,2	45,5	26,8	210,5					379,3	15,2	11,2

* En períodos de a 5 años.

crecimientos medios anuales de teca en plantaciones de Colombia la cual a los 25 años produce 7,7 m^3/ha/año sin incluir la corteza (Henao, 1980); así mismo con datos preliminares de Simaruba amara la cual, de acuerdo con los datos de Schulz (1960), puede estimarse entre 7-8 m^3/ha/año a los 40 años de edad. De todas formas el rendimiento en volumen no siempre es tan importante como la existencia de un alto número de árboles de grandes dimensiones. Efectivamente, con menos entresacas se puede alcanzar un volumen más alto pero con diámetros considerablemente menores (ver Figura 7). Con las entresacas por lo bajo se ha logrado aumentar el crecimiento medio del diámetro de 1,4 a 1,8 cm/año.

Resulta interesante mencionar que nuestro roble parece crecer en la región de Urabá mucho más rápidamente que su afin Tabebuia heterophylla de las Antillas, especie con la cual ha sido confundida. Para esta última especie los crecimientos registrados por Wadsworth (1943) en una regeneración natural a plena exposición indican crecimientos anuales de 0,8, 04, 0,25 y 0,5 cm/año respectivamente para los árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos. También en Puerto Rico bajo las condiciones del bosque natural poco perturbado T. heterophylla creció solamente 0,28 cm/años en promedio (Crow y Weaver, 1977). Teniendo en cuenta las entresacas el rendimiento total prácticamente se duplica alcanzando cerca de 380 m^3/ha a los 25 años.

En la Figura 11 se presenta la evolución del crecimiento medio y

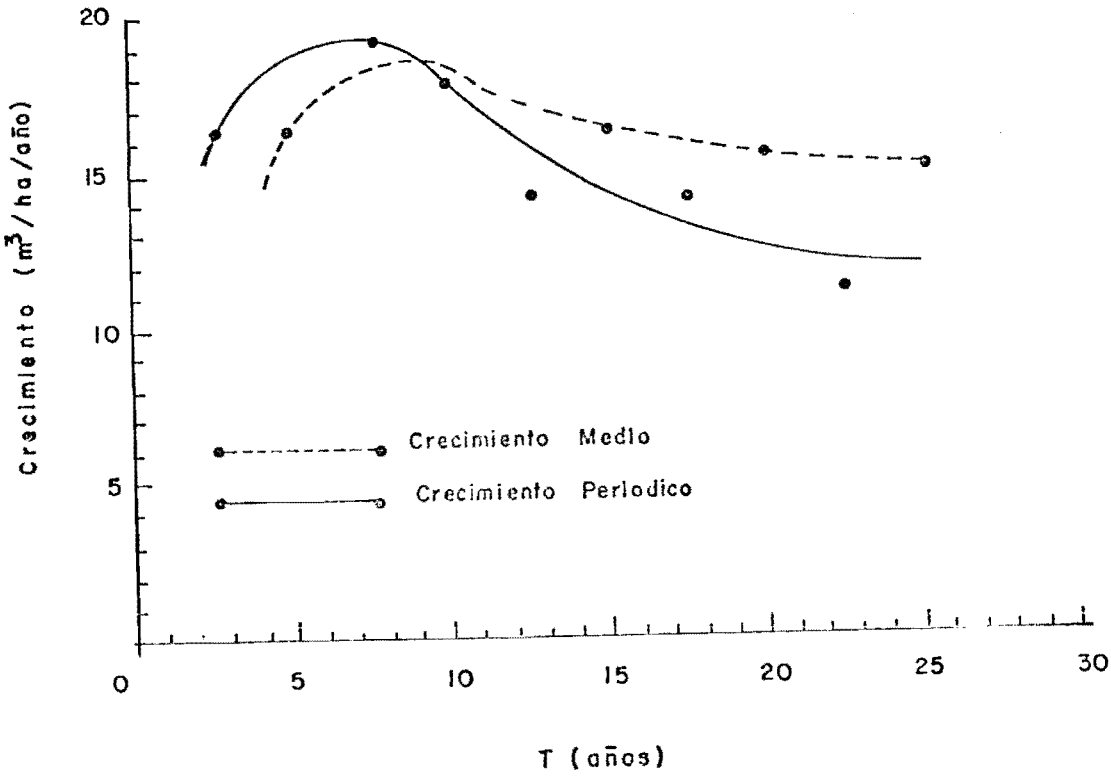


FIGURA 11. Crecimiento medio y corriente periódico del volumen total en el roble.

corriente para el volumen total incluyendo entresacas. Se encontró que el crecimiento medio culmina a los 10 años con 17,9 m^3 /ha /año, coincidiendo en este aspecto con los datos de Schultz (1966) para Surinam con las especies Pinus caribaea, Virola surinamensis y Simaruba amara cuyas edades de culminación fueron 8, 10 y 9 años respectivamente.

5.3 EL CRECIMIENTO DEL CEDRO

5.3.1 Caracterización de los suelos donde crece el cedro

Es bien conocido que el cedro se establece generalmente sobre suelos bien drenados. Los resultados de este estudio confirman en lo esencial tal presupuesto. Es un hecho que la mayoría de las regeneraciones de cedro en la región de Urabá se encuentran en las geoformas abanicos aluviales y, sobre todo, en las colinas de piedemonte; en menor proporción sobre la planicie aluvial. Esta distribución natural es seguramente el resultado de las modificaciones en el drenaje. Empero se ha podido comprobar que el cedro se adapta bien a suelos que evidencian algunas restricciones en el drenaje interno. Al examinar la Tabla 14 se advierte que, si bien la clasificación tentativa para la mayoría de las parcelas allí registradas indican un buen drenaje, la correspondiente a las parcelas 1,2 y 9 localizadas en los abanicos aluviales, suponen cierto grado de deficiencia en esta característica física. En efecto la denominación "Aquic", dentro de los subgrupos, se empleó teniendo en cuenta los moteados escasos presentes en estos suelos a partir de los 30-40 cm de profundidad. Cuando las restricciones en el drenaje interno aumentan, el cedro, cuando logra establecerse, tiene un crecimiento muy lento. Lo anterior se pudo comprobar en una parcela situada en un Tropaquept (la cual aunque se midió durante varios años no se incluyó en el estudio) que tuvo un crecimiento inferior a 0,5 cm/año en el diámetro. El roble, por el contrario, parece no tener dificultades de adaptación en estos

TABLA 14. Características de los suelos superficiales (0-25 cm) de algunas de las parcelas con regeneraciones de cedro.

PARCELA	MATERIA ORGANICA		pH	P	me/100 g de suelo						GRANULOMETRIA			TEXTURA	OBSERVACIONES	CLASIFICACION TENTATIVA
	C%	C/N	H_2O	ppm	C.I.C.	Ca	Mg	K	Al	ΣB	A%	L%	Ar%			
1	2,8	-	5,1	2	46,0	12,4	5,6	0,44	0,8	18,4	56	28	16	F A	Relieve plano; moteados a partir de 40 cm.	Aquic Dystropept
2	2,4	-	5,3	2	48,0	18,4	7,2	0,20	1,1	25,8	46	32	22	F	Relieve plano; moteados a partir de 40 cm.	Aquic Eutropept
3	1,2	8	5,4	25	37,3	14,0	7,4	0,42	0,4	21,8	40	46	14	F	Plano, bien drenado.	Typic Eutropept
4	9,0	-	4,4	22	55,9	3,0	0,6	0,33	1,7	3,9	70	22	8	F A	Terraza con abundante gravilla y cascajo; buen drenaje.	Typic Dystropept
8	4,6	9	4,6	2	43,2	4,8	3,2	0,57	1,1	8,6	52	18	30	F ArA	Cima de terraza disectada con pedregones de arenisca.	Paralitic Dystropept
9	3,4	-	4,7	14	44,4	13,0	3,6	0,63	2,0	17,2	56	30	14	F A	Gravillas y piedras, moteados escasos desde 30 cm.	Aquic Dystropept
11	1,8	-	6,1	18	40	19,0	5,2	0,26	-	24,5	28	44	28	F Ar	Colina con cascajo y pedregones de arenisca.	Paralitic Dystropept
14	2,0	-	4,8	3	44,3	10,8	4,4	0,31	2,0	15,5	50	24	26	F Ar A	Piedemonte; 0-5% de pendiente.	Typic Dystropept
15	2,8	10	5,0	2	40,7	4,2	2,2	0,32	4,5	6,7	44	16	40	Ar	Terraza con pedregones; muy pendiente.	Paralitic Dystropept
16	2,6	-	4,9	7	35,3	14,8	3,6	0,29	3,7	18,7	36	30	34	F Ar	Terraza con pedregones; muy pendiente.	Paralitic Eutropept

suelos mal drenados.

En cuanto a la textura de los suelos predominan las medias, francas a franco-arcillas. Los cateos efectuados en el campo indicaron que ésta casi no cambia con la profundidad. En las parcelas situadas en las colinas de piedemonte los suelos son pedregosos hallándose cantos rodados de más de 20 cm de diámetro, además de cascajo y gravilla. Todos estos materiales son esencialmente arenizcas posiblemente de origen marino lo que explicaría los contenidos relativamente altos de calcio en el complejo de cambio del suelo a pesar de la abundante precipitación pluvial (Tabla 14). Los suelos de las parcelas localizadas sobre estas colinas fuertemente disectadas se clasificaron dentro de los subgrupos Paralitic Dystropept y Paralitic Eutropept, diferenciándose entre sí sólo por la mayor saturación de bases de los segundos (mayor del 50%). Los demás suelos localizados sobre formas planas y bien drenadas se clasificaron como Typic Dystropept y Typic Eutropept atendiendo también a su diferente saturación de bases.

En todos estos suelos la capacidad de intercambio de cationes es alta. En cuanto a las bases intercambiables, de acuerdo con los criterios de Hardy, citados por Fassbender (1975), el calcio, el magnesio y el potasio son generalmente de medios a altos. No obstante, algunas parcelas, notablemente la 4, 8 y 15, tienen contenidos bajos especialmente de calcio. En cuanto se relaciona con el fósforo los contenidos son extremos: bajos con menos de 7 ppm y altos con más

de 14 ppm. El pH generalmente es muy ácido y oscila entre 4,5 y 5,5. Se halló en las parcelas con cedro pH inferiores a 5, casi siempre en las colinas pedregosas de excesivo drenaje. En los suelos de roble no se obtuvieron cifras tan bajas para la acidez. La Tabla 14 registra además contenidos de carbono orgánico desde medios hasta muy altos (1,2% - 9%) de acuerdo con el criterio de Fassbender (1975), y la relación C/N indica un adecuado equilibrio entre estos elementos en la materia orgánica, o sea materia orgánica bien humificada.

5.3.2 Ecuaciones de volumen individual

Se emplearon algunas de las ecuaciones desarrolladas por Osorio (1983) para Cedrela (supuestamente C. odorata) basadas en la cubicación "exacta" de 103 árboles. La ecuación para el volumen con corteza con la cual se efectuaron los cálculos fue

$$\text{Log } v = -0,26220 + 0,8975 \text{ Log } d^2 \text{ hf } X10^{-3} \qquad (5)$$

$$R^2 = 0,966 \; **$$

Para el volumen sin corteza se empleó la expresión

$$v_{sc} = 0,02918 + 3,98 \times 10^{-5} (d^2hf) \qquad (6)$$

$$R^2 = 0,973 \; **$$

Donde: v_{sc} = volumen sin corteza m^3

5.3.3 Relaciones alométricas y tarifa de cubicación

La altura total y del fuste en función del diámetro normal en el cedro, se obtiene mediante las expresiones logarítmicas

$$ht = 1{,}2206\ d^{0{,}8258} \qquad (7)$$

$$r^2 = 0{,}726^{**}$$

$$hf = 0{,}4770\ d^{0{,}8055} \qquad (8)$$

$$r^2 = 0{,}577^{**}$$

Reemplazando la altura del fuste en las ecuaciones de volumen por la relación alométrica correspondiente, resultan las siguientes ecuaciones de tarifas para el cálculo del volumen con corteza y sin corteza

$$\text{Log } v = -0{,}26219 + 0{,}8975\ \text{Log}\ 4{,}77\ (10^{-5})\ d^{2{,}8055} \qquad (9)$$

$$v_{sc} = 0{,}02918 + 1{,}9\ (10^{-5})\ d^{2{,}8055} \qquad (10)$$

5.3.4 Construcción de las curvas de crecimiento diamétrico del cedro por el método tiempos de paso

Los resultados de las mediciones del cedro promediados por clases diamétricas de a cinco cm se presentan en la Tabla 15. Para las clases diamétricas superiores a 55 cm se han agrupado los árboles en una sola clase de $55 \leq 75$ cm. En el método de tiempos de paso es más

importante disponer siquiera de diez árboles por clase diamétrica a que estas tengan igual amplitud (Osmaton, 1956); para el cedro esta clase diamétrica ampliada desde cinco cm hasta veinte cm comprende trece árboles para el cálculo correspondiente al 100% de los árboles y cuatro para el 20% de mayor crecimiento. Como en el caso del roble se ha calculado por separado el crecimiento para el 20%, 40%, 60%, 80% de los árboles de mayor crecimiento y para el 100%; o sea, para el total de los árboles que alcanzaron durante el período de siete años a ser medidos al menos en dos ocasiones para producir datos de crecimiento.

La tabla incluye además las desviaciones estándar y el número de árboles empleados para el cálculo dentro de cada clase diamétrica. En el cedro las desviaciones estándar son más altas que en el roble especialmente para el 100% de los árboles y tienden a disminuir a medida que se hace una mayor estratificación del crecimiento. Así: para el 100% de los árboles son comunes desviaciones estandar cercanas a $\pm$ 0,9 cm/año, en tanto que para el 20% siempre están por debajo de esta cifra. La relativa consistencia en los valores de la desviación estandar, si se eliminan casos extremos, especialmente para el 100% de los árboles dentro de las clases de diámetro indica que hay homogeneidad en la varianza de la tasa de crecimiento a través de las diferentes dimensiones. Si se hiciese un cálculo del tamaño de muestra óptimo por clase diamétrica empleando los métodos estadísticos dentro de límites de confianza y errores aceptables, muy probablemente se llegaría a la conclusión de que el tamaño de la muestra

TABLA 15. Crecimiento anual del diámetro de cedro por clases diamétricas: 20%, 40%, etc. corresponden a sucesivos porcentajes de árboles en cada clase diamétrica de mayor crecimiento hasta 100%.

Arboles de mayor crecimiento %	Clase diamétrica cm	Crecimiento medio cm / año	Desviación estándar ± cm/año	Observaciones n
≤ 20	0 ≤ 5	2,990	0,053	4
	5 ≤ 10	3,417	0,387	4
	10 ≤ 15	2,812	0,287	6
	15 ≤ 20	2,823	0,726	10
	20 ≤ 25	2,706	0,803	10
	25 ≤ 30	2,872	1,111	9
	30 ≤ 35	2,992	0,459	5
	35 ≤ 40	2,500	0,060	2
	40 ≤ 45	2,497	0,315	4
	45 ≤ 50	2,822	0,484	5
	50 ≤ 55	3,660		1
	55 ≤ 75	4,300	1,268	4
≤ 40	0 ≤ 5	2,812	0,153	12
	5 ≤ 10	2,427	0,713	13
	10 ≤ 15	2,808	0,316	8
	15 ≤ 20	2,491	0,887	13
	20 ≤ 25	2,379	0,784	7
	25 ≤ 30	2,467	0,998	19
	30 ≤ 35	2,816	0,595	8
	35 ≤ 40	2,417	0,457	4
	40 ≤ 45	2,350	0,726	8
	45 ≤ 50	2,589	0,554	7
	50 ≤ 55	2,353	1,086	3
	55 ≤ 75	3,241	1,300	9
≤ 60	0 ≤ 5	2,542	0,406	22
	5 ≤ 10	2,132	0,702	20
	10 ≤ 15	2,483	0,603	11
	15 ≤ 20	2,050	0,974	20
	20 ≤ 25	2,180	0,794	23
	25 ≤ 30	2,258	1,001	25
	30 ≤ 35	2,599	0,588	12
	35 ≤ 40	2,123	0,909	10

TABLA 15. Continuación

Arboles de mayor crecimiento %	Clase diamétrica cm	Crecimiento medio cm / año	Desviación estándar ± cm/año	Observaciones n
	40 ≤ 45	2,180	0,738	10
	45 ≤ 50	2,184	0,828	12
	50 ≤ 55	2,353	1,086	3
	55 ≤ 75	3,112	1,295	10
	0 ≤ 5	2,308	0,514	34
	5 ≤ 10	1,949	0,712	26
	10 ≤ 15	2,305	0,825	12
	15 ≤ 20	1,708	0,886	31
	20 ≤ 25	1,867	0,877	31
	25 ≤ 30	2,084	1,001	31
≤ 80	30 ≤ 35	2,153	0,900	17
	35 ≤ 40	1,904	0,884	14
	40 ≤ 45	2,150	0,708	12
	45 ≤ 50	2,031	0,854	14
	50 ≤ 55	2,048	0,982	5
	55 ≤ 75	2,913	1,235	13
	0 < 5	2,013	0,632	52
	5 < 10	1,864	0,753	28
	10 < 15	2,134	0,990	13
	15 < 20	1,514	0,954	38
	20 < 25	1,645	0,935	38
	25 < 30	1,872	1,150	38
= 100	30 < 35	2,153	0,900	17
	35 < 40	1,714	0,910	17
	40 < 45	2,150	0,776	16
	45 < 50	2,031	0,854	14
	50 < 55	1,830	1,020	6
	55 < 75	2,913	1,235	13

en términos de número de árboles por clase diamétrica es insuficiente. Infortunadamente ningún autor ha publicado hasta el momento medidas de dispersión de sus resultados lo cual limitó la posibilidad

de hacer un cálculo previo aproximado o tentativo del tamaño de la muestra. A pesar de esto el número total de árboles empleados para el estudio (638 para el roble y 290 para el cedro) se compara muy favorablemente con los de otros autores, así: Vega (1974) empleó para su estudio de cedro 175 árboles; Bell (1971) en Mora exelsa empleó 300 árboles; Osmaton (1956) con Baikiea plurijuga empleó 47; Prince (1973) con Ocotea rodiaei empleó 49 y 122 para sus dos curvas relativas al bosque tratado y no tratado; Del Valle (1979) empleó 47 árboles con Prioria copaifera; Luna (1981) empleó 300 árboles con Podocarpus rospigliosii. Recientemente se da cuenta del uso de este método para estudiar el crecimiento de un gastrópodo marino basado en la captura y recaptura de 455 individuos (Perron, 1983).

Con el fin de objetivizar mejor el crecimiento y de construir curvas que expresen su tendencia, los resultados de crecimiento de la Tabla 15 se han graficado en la Figura 12. Si se exceptúa la clase diamétrica 55 $\leq$ 75 cm cuya información procede en gran proporción de las parcelas permanentes 3 y 4, ambas de crecimiento supremamente rápido, el crecimiento del cedro varía poco con las clases diamétricas. Para el 100% de los árboles después de un máximo de 2,12 cm/año, pasa a estabilizarse en cerca de 1,8 cm/año a partir de los 30 cm de diámetro normal. El roble por el contrario presenta un máximo de crecimiento de 2,69 cm/año para estabilizarse rápidamente en 1,1 cm/año teniendo, a la larga, un crecimiento netamente inferior al del cedro. Para el 20% de los árboles de mayor crecimiento la curva alcanza su máximo en la clase 5 $\leq$ 10 cm con un crecimiento de cerca de

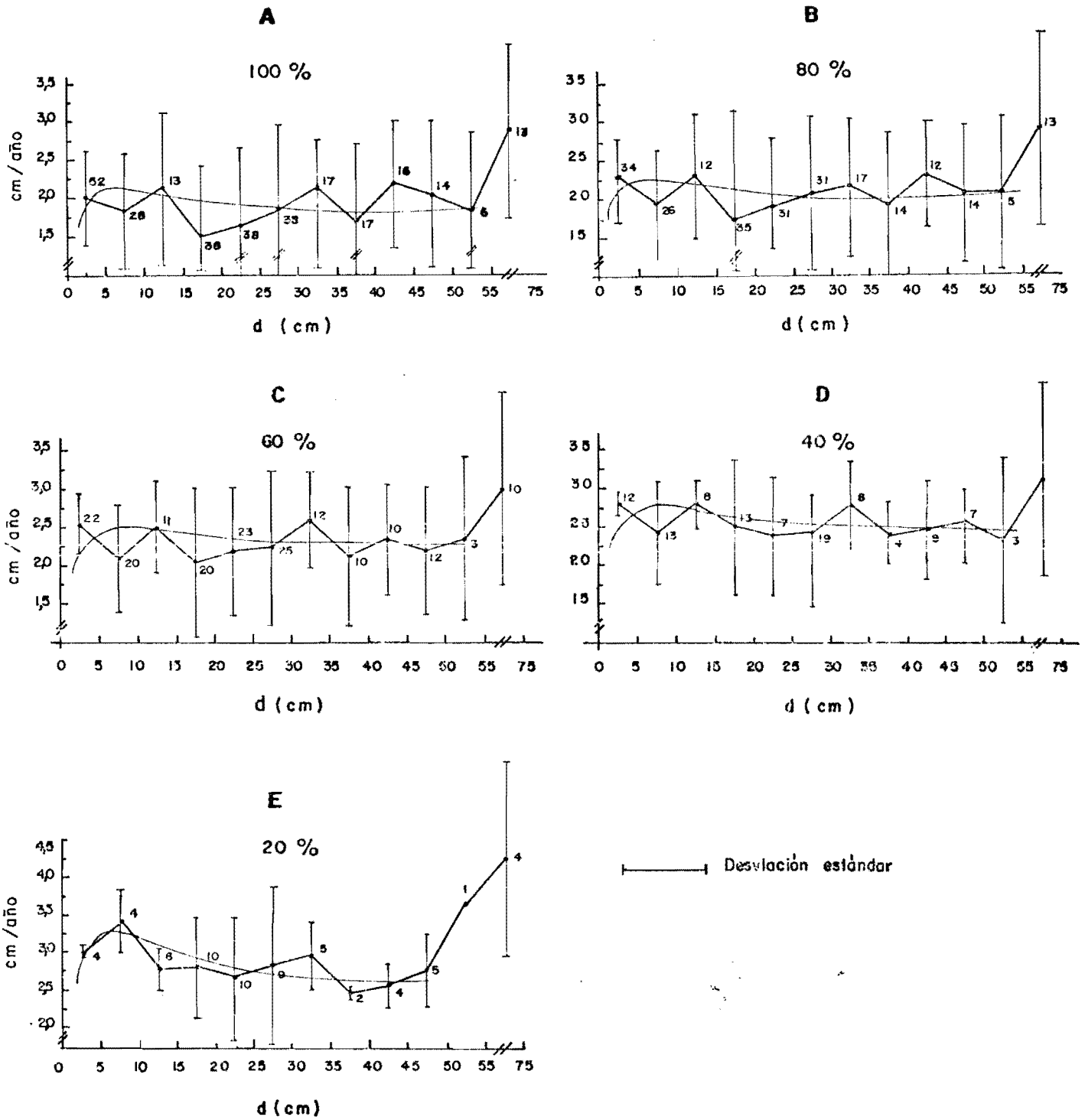


FIGURA 12 . Crecimiento diamétrico para fracciones de a 20 % de los árboles de mayor crecimiento de Cedrela odorata .

3,3 cm/año, similar al del roble, para disminuir lentamente hacia los 35 cm de diámetro normal a un nivel muy alto, cercano a 2,7 cm/año . Las curvas correspondientes a los otros porcentajes ocupan posiciones intermedias entre las anteriormente explicadas.

Para los cálculos de tiempos de paso y de tiempos acumulados que se presentan en la Tabla 16, se han empleado los valores obtenidos de las curvas de la Figura 12. La Figura 13 representa las curvas de tiempos de paso para los porcentajes considerados previamente (Tabla 16). La curva correspondiente al 10% es una extrapolación. A partir de aproximadamente los 10 años el crecimiento resultó prácticamente lineal, desviándose de la tendencia típica sigmoidal que generalmente deben presentar estas curvas. Se considera que tal comportamiento se debe atribuir al hecho de que los datos proceden de parcelas que representan sitios forestales diferentes. Aparentemente los árboles más grandes coinciden con sitios mejores.

Los resultados obtenidos permiten considerar al cedro como una de las especies tropicales de maderas preciosas con mayor tasa de crecimiento diamétrico. Quizá solo sea superado por algunas pioneras de crecimiento excepcionalmente rápido del Sudeste Asiático tales como Eucalyptus deglupta, Gmelina arborea y Terminalia brassi, entre otras, las cuales pueden crecer entre 2,8 y 4,5 cm/año durante los primeros 6 a 10 años (Whitmore, 1975) o como el Ochroma lagopus de América que puede crecer a un promedio de cinco cm/año en el diámetro durante varios años (Anónimo, 1961). Pero ninguna de estas especies iguala al

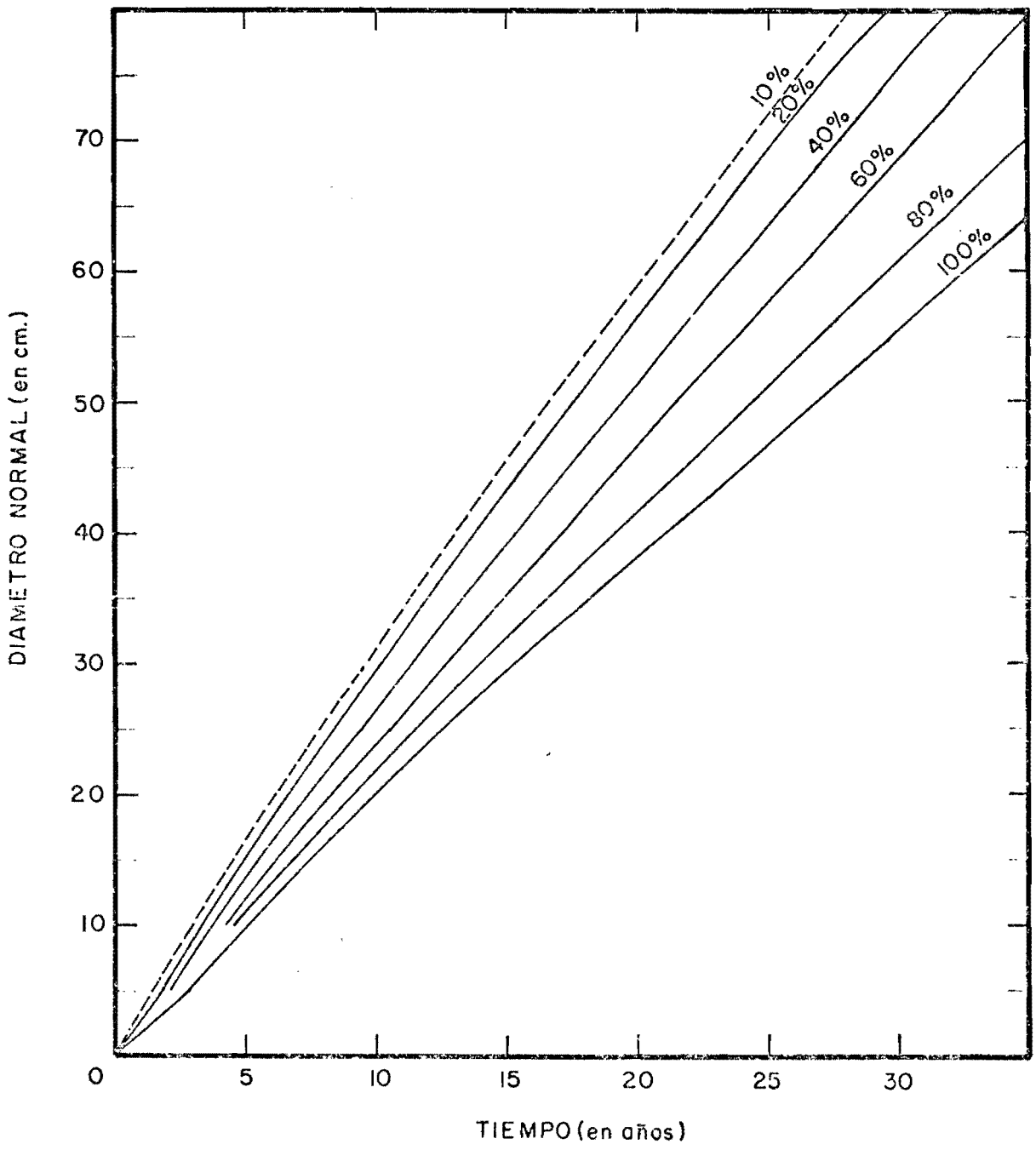


Fig. 13. Crecimiento del diametro en el cedro obtenido por método de tiempo de paso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

TABLA 16. Cálculo del tiempo requerido para que el cedro alcance sucesivos límites de clase diamétrica. Se hace el cálculo para el total de árboles medidos así como para fracciones acumuladas de a 20% de los árboles de mayor crecimiento.

100% de los árboles medidos													
Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55	≤ 75	
Crecimiento (cm/año)	1,90	2,12	2,05	1,95	1,90	1,86	1,77	1,75	1,75	1,75	1,75	1,70	
Tiempo de paso (años)	2,63	2,36	2,43	2,56	2,63	2,70	2,82	2,86	2,86	2,86	11,76	11,76	
Tiempo acumulado (años)	2,63	4,99	7,42	9,98	12,61	15,31	18,13	20,99	23,85	26,71	29,57	41,33	
80% de los árboles de mayor crecimiento													
Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55	≤ 75	
Crecimiento (cm/año)	2,10	2,27	2,17	2,10	2,05	2,00	1,97	1,95	1,95	1,95	1,95	1,90	
Tiempo de paso (años)	2,38	2,20	2,30	2,38	2,44	2,50	2,54	2,56	2,56	2,56	2,56	10,52	
Tiempo acumulado (años)	2,38	4,58	6,88	9,26	11,70	14,20	16,74	19,30	21,86	24,42	26,98	37,50	
60% de los árboles de mayor crecimiento													
Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55	≤ 75	
Crecimiento (cm/año)	2,15	2,50	2,45	2,40	2,35	2,32	2,30	2,30	2,25	2,25	2,20	2,20	
Tiempo de paso (años)	2,32	2,00	2,04	2,08	2,13	2,15	2,17	2,17	2,22	2,22	2,28	9,09	
Tiempo acumulado (años)	2,32	4,32	6,36	8,44	10,57	12,72	14,89	17,06	19,28	21,50	23,78	32,87	
40% de los árboles de mayor crecimiento													
Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55	≤ 75	
Crecimiento (cm/año)	2,55	2,80	2,70	2,60	2,55	2,53	2,50	2,50	2,50	2,45	2,45	2,40	
Tiempo de paso (años)	1,96	1,78	1,85	1,92	1,96	1,98	2,00	2,00	2,00	2,04	2,04	8,33	
Tiempo acumulado (años)	1,96	3,74	5,59	7,51	9,47	11,45	13,45	15,45	17,45	19,49	21,53	29,86	
20% de los árboles de mayor crecimiento													
Clase diamétrica (cm)	0 ≤ 5	≤ 10	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30	≤ 35	≤ 40	≤ 45	≤ 50	≤ 55	≤ 75	
Crecimiento (cm/año)	2,85	3,30	3,12	2,95	2,85	2,75	2,72	2,70	2,65	2,65	2,65	2,60	
Tiempo de paso (años)	1,75	1,52	1,60	1,69	1,75	1,82	1,84	1,85	1,85	1,89	1,89	7,69	
Tiempo acumulado (años)	1,75	3,27	4,87	6,56	8,31	10,13	11,97	13,82	15,71	17,60	19,49	27,18	

cedro en cuanto a calidad de madera. La curva correspondiente al 100% de los árboles muestra un crecimiento sostenido de cerca de 1,9 cm/ año entre los 10 y los 30 años de edad; los dominantes y codominantes (curva del 20%) crecen durante estas edades casi 3 cm/año. Muy pocas especies tropicales altamente apreciadas por su madera se aproximan a dichas cifras, entre ellas Cordia alliodora se le acerca pero solo en los mejores sitios.

El crecimiento para el 100% de los árboles medidos es muy superior al 1,1 cm/año reportado por Vega (1974) en Surinam, el cual aporta el único antecedente sobre curvas de crecimiento construídas por el mismo método en cedro. Los árboles dominantes y codominantes solo son superados por los datos procedentes de Guayaquil, Ecuador, compilados por Wadsworth (1960) y por Lamb (1968) así como por el crecimiento de los árboles de cedro asociados con el cacao en Trinidad (Marshal, 1939), previamente mencionadas en la revisión de literatura, y que llegan a 4 y 5 cm/año respectivamente.

Las observaciones hechas en numerosos árboles de cedro, así como los trabajos de Detienne y Mariaux(1977) permiten asegurar que en el cedro se forman anillos anuales en el xilema de muy fácil lectura. Este hallazgo permitirá en el futuro hacer estudios de crecimiento en las masas de regeneración natural de esta especie. En el cedro los anillos se inician por una banda de parénquima apotraqueal grande de 10 células que se extiende en toda la periferia. Por lo general en cada anillo se presenta una o dos líneas tangenciales de poros.

La comparación entre el crecimiento del cedro y del roble en la región de Urabá no deja dudas sobre la mayor precocidad del cedro. Así por ejemplo, a los 20 años los diámetros para el 100% de los árboles y para el 20% de los de mayor crecimiento en el roble son 28,2 y 38,5 cm (Figura 6); en el cedro a esta misma edad se alcanzarían 40,2 y 56,5 cm respectivamente (Figura 13) lo que indica un crecimiento acumulado del diámetro 30% superior en el cedro. Debe sin embargo tenerse en cuenta que los requerimientos edáficos para ambas especies son notoriamente diferentes puesto que el roble se adapta bien a suelos con drenaje deficiente, medio donde el cedro no desarrolla su máximo potencial. Por otra parte, es bien sabido que el principal limitante para el cedro lo constituye el barrenador de los brotes de las meliáceas Hypsipyla grandella cuyo control es aún materia de investigación. Al roble por el contrario no se le han encontrado plagas limitantes para su cultivo.

5.3.5 Efecto de las entresacas en las curvas del crecimiento diamétrico en el cedro

De igual manera en que se trabajó para el roble se hizo con el cedro para generar las curvas de la Figura 14. Sólo fue posible diferenciar dos curvas que expresan el porcentaje de aumento del diámetro medio como resultado de sucesivos porcentajes de entresacas por lo bajo. Estas curvas son necesariamente tentativas puesto que la información disponible es aún muy precaria. Para el porcentaje de disminución, también de manera muy tentativa, se logró distinguir una familia de tres curvas para amplios rangos de clases diamétricas.

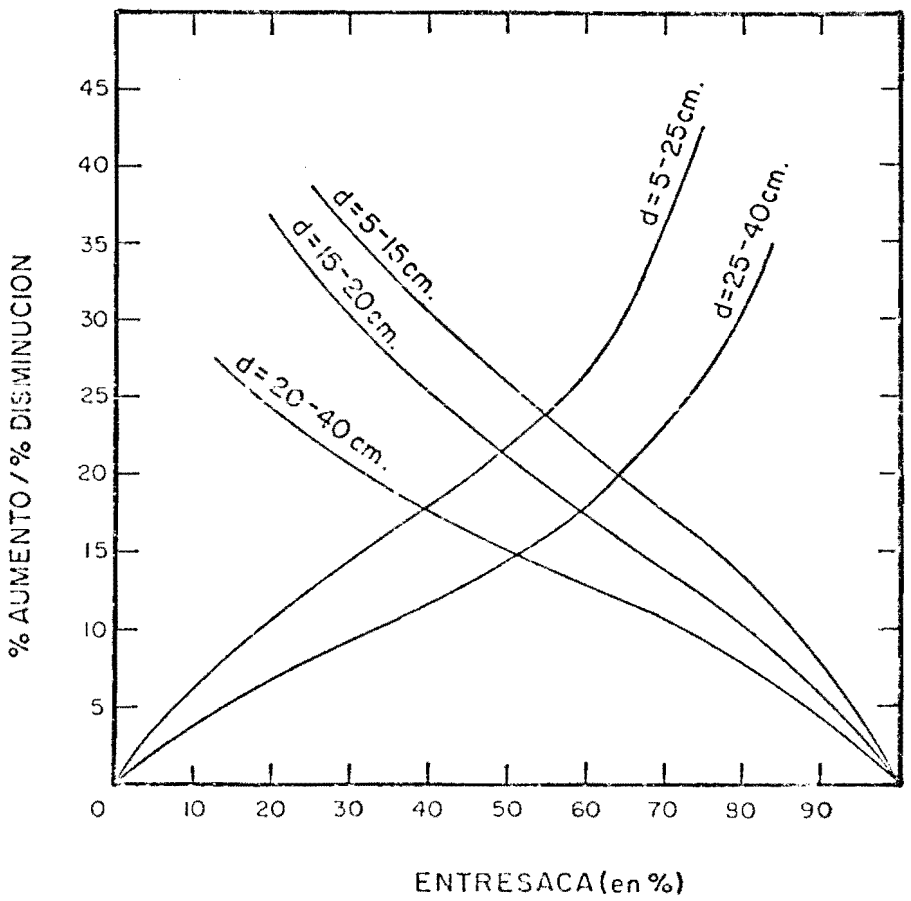


Fig14. Aumento del diámetro medio en el cedro por efecto de las entresacas. Disminución del diámetro medio para obtener dimensiones de entresacas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MEDELLIN
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "EFRAIN GOMEZ"

Es posible que en un futuro se llegue a la conclusión de que un solo juego de curvas se pueda emplear para diferentes especies latifoliadas; tal es el caso en la República de Sur Africa para diversas especies de pinos (Burgers, 1971).

Si existiesen plantaciones de roble y de cedro con edades que siquiera llegasen a las dos terceras partes de la edad de turno, se podría, haciendo entresacas reales por lo bajo en el campo, pero además con los criterios de distribución uniforme sobre el terreno de las existencias remanentes, producir curvas mucho más realistas en cuanto a sus efectos en el diámetro promedio después de la entresaca y al diámetro promedio entresacado. Tales curvas seguramente indicarían un menor porcentaje de aumento y de disminución del aquí registrado. Se considera en consecuencia que las curvas que se presentan tienden a sobreestimar el diámetro después de las entresacas y a subestimar el diámetro entresacado.

En la Tabla 17 se han calculado los resultados teóricos del efecto producido por tres entresacas en el diámetro medio, efectuadas a los 6,5, 9 y 13 años. La Figura 15 es la representación gráfica de estos cálculos.

En el caso del cedro el punto de intercepción entre el diámetro después de las entresacas con la curva correspondiente al número de árboles remanentes puede producir un aumento aparente en la edad, de magnitud relativamente alta. Así por ejemplo, en la última entresaca

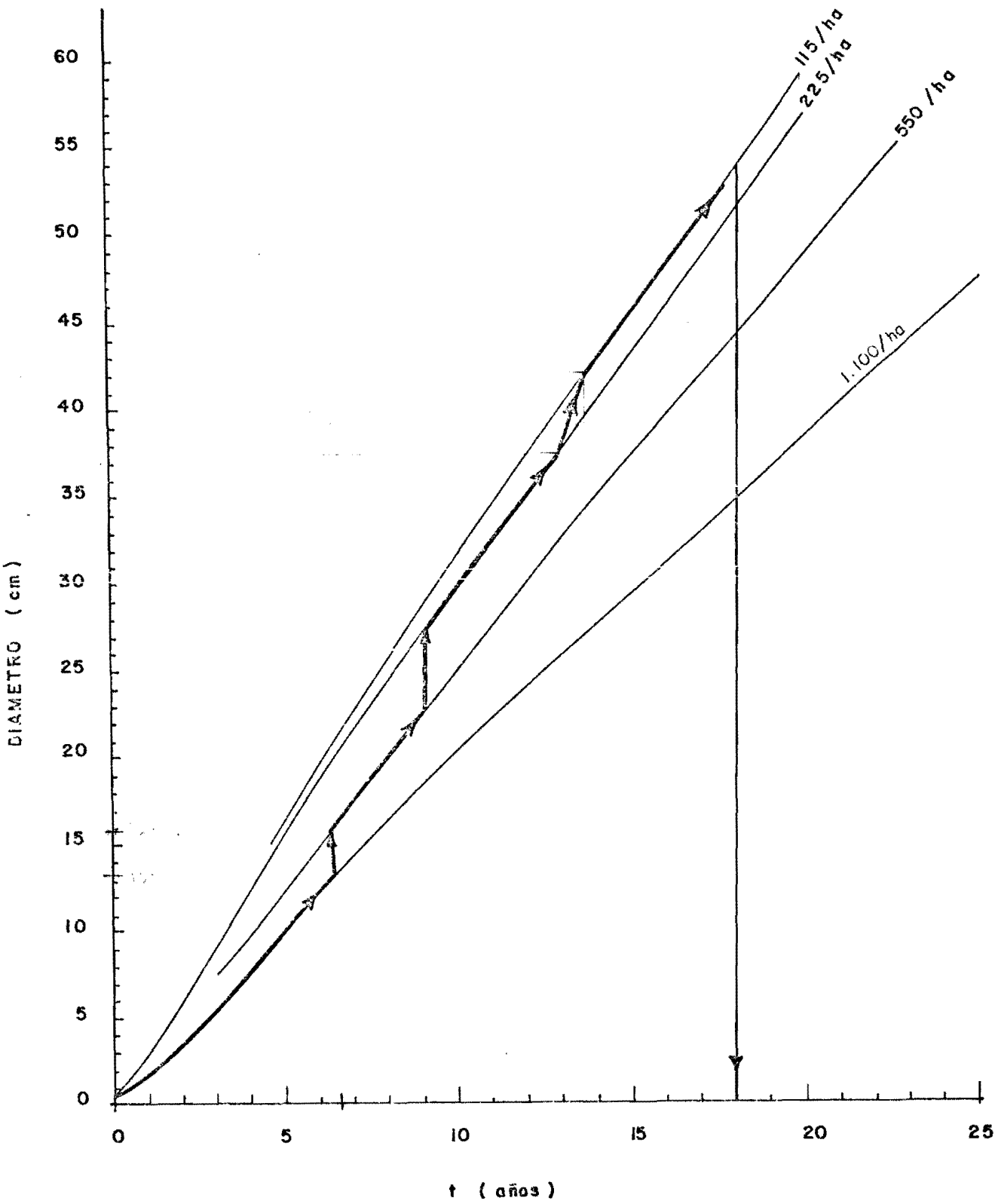


FIGURA 15. Efecto de las entresacas en el diámetro del cedro;se indica el número de árboles por hectárea

efectuada a los 13 años la edad aparente después de la entresaca es de 14,5 años. Esto es consecuencia de los altos porcentajes de aumento que se obtienen al aplicar la Figura 14.

TABLA 17. Cálculos del diámetro medio del cedro antes y después de la entresaca

t	n (árboles/ha)			$\bar{d}$ (cm)			%E	%A	%Dis
Años	Ae	E	De	Ae	E	De			
6,5	1.100	500	550	13,2	9,7	16,0	50	21,5	26,5
9,0	550	225	225	22,0	18,7	26,6	50	21,0	15,0
13,0	225	110	115	37,6	31,5	42,7	48	14,0	16,0

Ae = Datos de antes de la entresaca De = Datos de después de la entresaca %E = % de árboles entresacados

%A = % de aumento %Dis = % de disminución

5.3.6 Pronóstico del efecto de entresacas en el área basal y en el volumen del cedro

Como en el caso del roble, para el cedro, se estipuló una plantación de 1.100 árboles por hectárea con una primera entresaca cuando el área basal alcance 15 m^2/ha, lo cual sucede a los 6,5 años. En este momento se simuló una fuerte entresaca por lo bajo del 50% y que equivale a 4 m^2/ha, quedando como remanentes 550 árboles con 11 m^2/ha . A los nueve años estos árboles habían alcanzado cerca de 21 m^2 /ha; una nueva entresaca por lo bajo del 50% redujo esta área basal hasta 13 m^2/ha. Se prescribe una última entresaca del 48% la cual reduce a 115 árboles/ha la masa en pie y baja el área basal desde 25 hasta 16,5 m^2/ha. Se programa una tala rasa a los 18 años, momento

en el cual se alcanza un área basal cercana a 26 m^2/ha y un diámetro medio de 54 cm. En la Figura 16 se aprecia la evolución del área basal y los efectos de las entresacas. La modificación de la edad por efecto de las entresacas son el resultado del postulado de Marsh ya anteriormente discutido en el numeral 5.2.7. El esquema de entresacas propuesto trata de mantener áreas basales relativamente bajas durante la mayor parte del turno con el fin de que los árboles puedan crecer en diámetro con la menor competencia posible. Esto permite en primer lugar aproximarse a las condiciones en que crecieron los árboles muestreados, con muy poca competencia. En segundo lugar, producir en el menor tiempo posible árboles de grandes diámetros, objetivo más importante que un alto volumen con dimensiones pequeñas, cuando se trata de producir madera para aserrar o para chapas.

En la Tabla 18 se presentan todos los cambios que con la edad se han graficado para el número de árboles por hectárea, el diámetro la altura el volumen y el área basal tanto para la masa principal, que continua en pie, como para la masa extraída en las intervenciones periódicas simuladas a los 6,5, 9 y 13 años. Se incluye además la contabilidad del volumen total acumulado y sus crecimientos medios y periódicos.

Se observa como a los 18 años el cedro llega a 54 cm de diámetro en tanto que el roble solo tiene a esa edad 37 cm, y a los 25 años 45,5 cm. Debido al menor tamaño de los árboles de roble es posible llegar al turno propuesto con 165 árboles, en tanto que en el cedro se

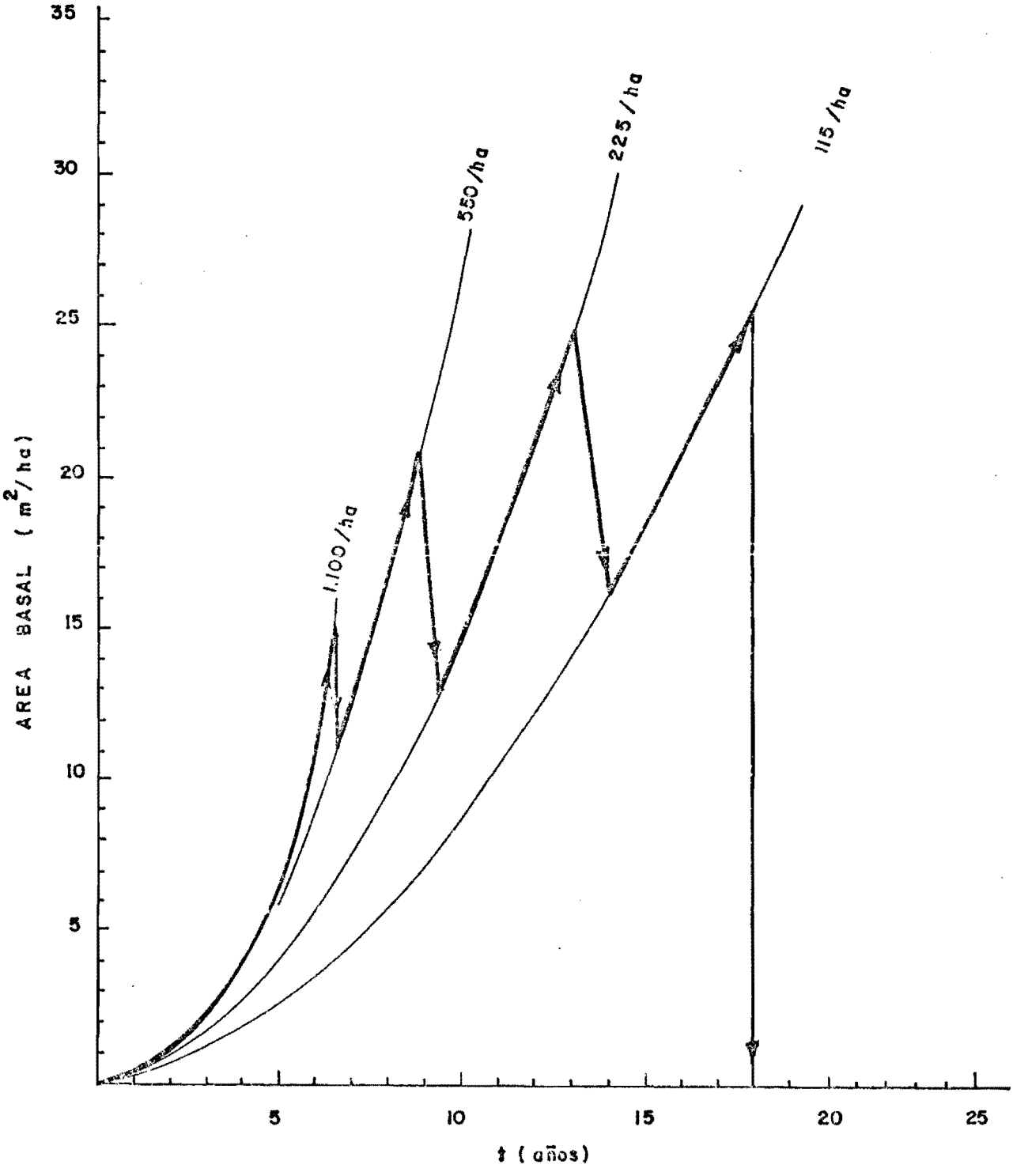


FIGURA 16. Evolución del área basal y efecto de las entresacas por lo bajo en el reble; se indica el número de árboles por hectárea.

TABLA 18. Rendimiento de Cedrela odorata en la región de Urabá.

t años	Masa principal después de la entresaca						Masa entresacada				Total	Crecimiento	
	N árb/ha	h_t m	h_f m	$\bar{d}$ cm	G m^2/ha	V m^3/ha	N árb/ha	$\bar{d}$ cm	G m^2/ha	V m^3/ha	V m^3/ha	Medio m^3/ha/año	Corriente* m^3/ha/año
0	1100												5,2
5	1100	8,2	3,0	10,0	8,6	26,2					26,2	5,2	
6,5	550	12,0	4,4	16,0	11,0	42,8	550	9,7	4,0	12,1	54,9	8,4	19,5
9	225	18,3	6,7	26,6	12,5	63,0	225	19,0	8,4	25,9	101,0	11,2	
10	225	20,2	7,4	30,0	15,9	85,8					123,8	12,4	
13	115	27,1	9,8	42,8	16,5	106,6	110	31,6	8,6	47,5	192,1	14,8	16,8
15	115	28,4	10,3	45,2	18,4	122,3					207,8	13,8	
18	115	32,9	11,9	54,0	26,3	191,4					276,9	15,4	23,3

* Quinquenal menos el último período que es de tres años.

ha adoptado un turno de 18 años, pero solo se espera que lleguen 115 árboles por hectárea. No obstante tales diferencias las áreas basales son casi iguales (26,8 y 26,3 m^2/ha) indicando una ocupación igual del espacio disponible. A los 18 años el volumen en pie del cedro es de 191,4 m^3/ha, inferior a los 210,5 m^3/ha del roble a los 25 años, pero el crecimiento medio de la masa principal del cedro es superior a la del roble (10,6 vs 8,4 m^3/ha/año).

Llama la atención que siendo las entresacas de roble y de cedro similares en cuanto al área basal extraída los volumenes entresacados en el cedro sean significativamente menores. Esto tiene explicación cuando se tiene en cuenta que las alturas del fuste son mucho menores en el cedro que en el roble durante los primeros años, lo cual puede ser ocasionado por los ataques del Hypsiphylla grandella a los brotes del cedro durante los años juveniles (ver Tablas 13 y 18). Tan bajos volumenes de la masa entresacada llevan a que el crecimiento medio total del cedro sea de solo 15,4 m^3/ha/año, inferior a las cifras obtenidas para el roble que tiene un crecimiento diamétrico considerablemente inferior.

En la Figura 17 se ha graficado la evolución del volumen del cedro en función del número de árboles dejados después de las entresacas a diferentes edades.

En cuanto al volumen sin corteza (v_{sc}) a los 18 años se espera producir 162 m^3/ha, lo cual da un porcentaje de corteza del 15,5%.

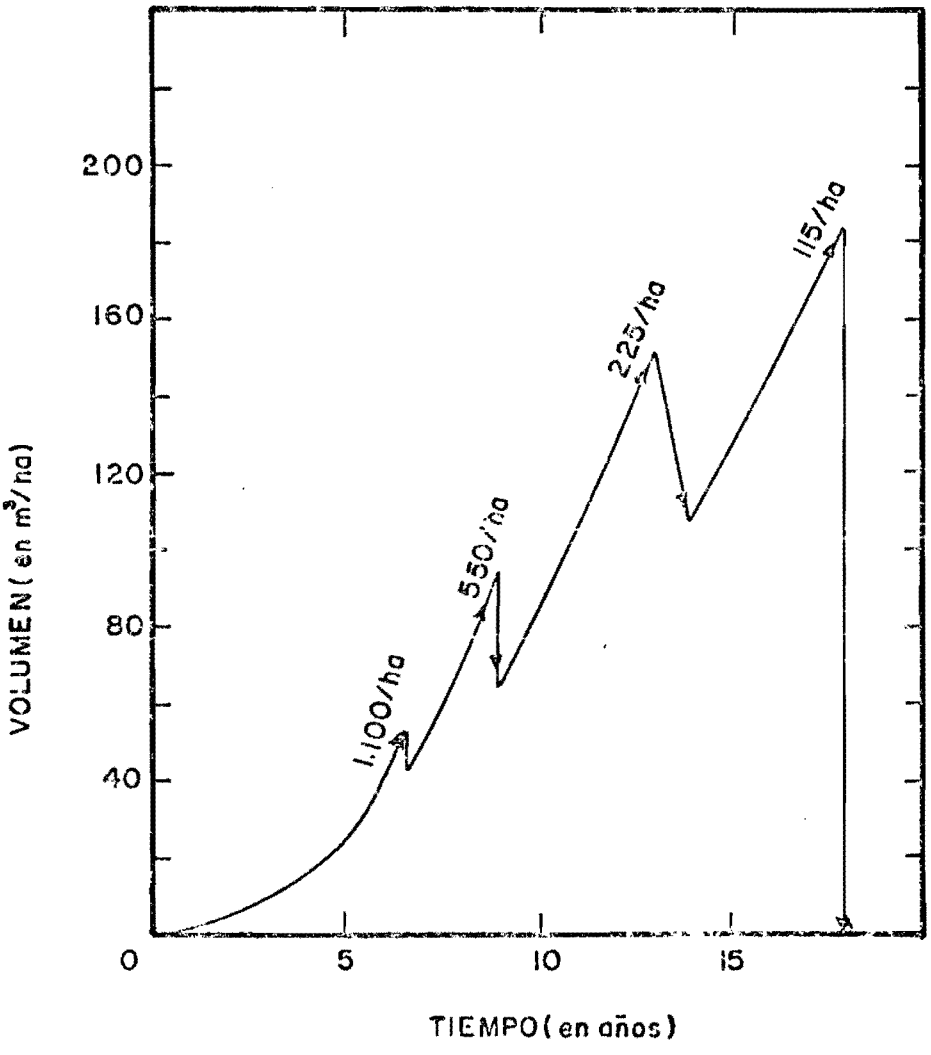


FIGURA 17. Evolución del volumen y efecto de las entresacas por lo bajo en el cedro; se indica el número de árboles por hectárea.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
DEPTO. DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA "EFE" GOMEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

BIBLIOGRAFIA

ALDER, D. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Vol. 2 predicción del rendimiento. Estudio FAO: Montes 22/2, 1980. 80 p.

ANONIMO. Ochroma lagopus S. (Balsa). Caractères sylvicoles et méthodes de plantation. Bois et Forêts des Tropiques. (80): 27 - 32, Nov, 1961.

ARAMBURO, J. El crecimiento del abarco (Cariniana pyriformis) en las zonas tropicales húmedas de Colombia. Tésis en preparación para optar al título de Ing. Forestal. Medellín, Universidad Nacional, 1985.

BEATON, A. Calculation of increment and stand prediction in tropical High Forest. Uganda. Forest Departament. Technical Note 82, 1960. 33 p.

BELL, T. I. W. Management of Trinidad Mora Forest with special reference to Matura Forest Reserve. Forestry Divition, Trinidad and Tobago, 1971. 70 p.

BUOL, S. W., HOLE, F. D. y Mc CRAKEN, R. J. Génesis y clasificación de suelos. Trad. Agustín Contin. México, Trillas, 1981. 417 p.

BURGERS, T. F. The correlated curve trend (C.C.T.) method used for growth prediction in thinned stands of Pinus patula. Forestry in South Africa. 12: 11-16, 1971.

CARTON DE COLOMBIA S.A. Reunión anual de investigación forestal. Séptima, Puruaco, Colombia. La Reforestación en la Costa Atlántica, 1973-1982. 81 p.

CLUTTER, et al. Timber management a quantitative approach. Wiley, New York, 1983. 333 p.

COMBE, J. y GEWALD, N, Eds. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 378 p.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

CORPORACION NACIONAL DE INVESTIGACION Y FOMENTO FORESTALES. Registros inéditos de investigación en la estación de Choromandó . Turbo, Colombia, 1983.

---------. Investigaciones inéditas sobre silvicultura en la estación la Espriella. La Espriella, Colombia, 1984.

CROWN, T. R. and WEAVER, P. L. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. U.S. Forest Service Research Paper I.T.F. 22, Río Piedras, Puerto Rico, 1977. 17 p.

DANIELS, P. W. et al. Principios de silvicultura. Trad. Ramón Elizando M. 2 ed. México, Mc Graw-Hill, 1982. 492 p.

DAWKINS, H.C. The Management of Tropical hight forest with special reference to Uganda. Oxford, Institute Paper No. 34, Imperial Forest Institute, University of Oxford, 1958. 155 p.

DEL VALLE, J. I. Curva preliminar de crecimiento del cativo (Prioria copaifera) en bosque virgen empleando el método de los tiempos de paso. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 32 (2): 19-26, 1979.

---------. Rendimiento y crecimiento de Cupressus lusitanica en Antioquia, Colombia. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. 1(2): 1-43, 1979.

DÉTTIENE, P. et MARIAUX, A. Nature el Périodicité des cernes dans les bois rouges de Méliacées Africaines. Bois et Forêts des Tropiques. 175: 52-61, 1977.

DUGAND, A. Bignoniaceae: el género Tabebuia en Colombia. Mutisia 23: 1-22, 1956.

ESPINAL, L. S. y MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia: Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1963. 40 p.

---------. Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia. 13(11): 1-237, 197?.

FASSBENDER, H. W. Química de suelos con énfasis en suelos de América Tropical. IICA, Turrialba, Costa Rica, 1975. 398 p.

FOGGIE, A. On girlh increment and age of trees with special reference to management in irregular tropical forest. Empire Forestry Review. 24(2): 176-191, 1945.

FORD, L.B. Estimación del rendimiento de Cedrela odorata L cultivado en asocio con café. In: Taller de Sistemas Agroforestales en América Latina, G. de las Salas Ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. pp. 183-189.

GOLLEY, F.B. et al. Ciclagem de minerais em um ecosistema de floresta tropical úmida. Trad. Eurípides Malavolta. Sao Paulo, EPV: Universidad de Sao Paulo, 1978. 256 p.

GOOSEN, D. et al. Levantamiento general de los suelos de la región de Urabá departamentos de Antioquia y Chocó. Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Publicación No. L. G-2, 1960. 61 p.

GRIFFITH, A.L. and PRASAD, J. Computation procedures for trees without annual rings. In: The tree and crop measurement manual, the silviculture research code, Forest Research Institute, Dera Dun, Vol. 3, 1949. pp. 127-130.

HENAO, I. Estudios de rendimientos y rentabilidad en una plantación de Teca (Tectona grandis L. F) del departamento de Córdoba, Colombia. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. 2(1,2): 1-79 , 1980.

HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA, 1982. 216 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE HIDROLOGIA Y ADECUACION DE TIERRAS. Proyecto Urabá, Anexo No. 2: Clima, Bogotá, 1979. 34 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos del departamento de Antioquia. Tomos I y II, 1979. 1157 p.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS. Mapa Geológico de Colombia. Bogotá, 1976. Escala 1: 1'500.000, en colores.

KEAY, R. W.J. Increment in the Okumu Forest Reserve, Benin, Nigeria, Forestry Information Bulletin (New Series), IBADAN, No. 11, 1961. 34 p.

KRIEK, W. Preliminary report on under planting trials in Tropical High Forest. Uganda Forest Dept, Technical Note No. 158, 1968. 20 p.

LABORATORIO DE PRODUCTOS FORESTALES. Propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad del cedro (Cedrela sp). Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, Medellín, 1984. 35 p. (Manuscrito sin publicar).

LADRACH, W. Crecimiento del arboretum San Benito al finalizar cuatro años. Cartón de Colombia, Informe de Investigación No. 33 , 1984. 6 p.

LAMB, A.F.A. Cedrela odorata. Fast Growing timber trees of the low lands tropics No. 2, Commonwealth Forestry Institute, Universidad of Oxford, 1968. 77 p.

LITTLE, E. and WADSWORTH, F. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Washington, D.C., U.S. Forest Service, Agricultural Handbook No. 249, 1964. 584 p.

LONGWOOD, F. Puerto rican woods; their machinery, seasoning and related characteristics. Washington, D.C., U.S. Forest Service, Agricultural Handbook No. 205, 1961. 98 p.

LUNA, A. Estudio preliminar sobre crecimiento y edad del pino laso Podocarpus rospigliossii P. en el bosque San Eusebio, Mérida, Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana (1): 19-32, 1981.

MARSH, E.K. and BURGERS, T.F. The response of evenaged pine stands to thinning. Forestry in South Africa. 14: 103-111, 1973.

MARSHAL, R.C. Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago, British West Indies. London, Oxford University Press, 1939. 242 p.

MAS, J y BORJA, C. ¿Es posible mediante el sistema taungya aumentar la productividad de los bosques tropicales de México? Boletín del Instituto de Investigaciones Forestales de México. No. 39: 1-47, 1974.

MAYENFELDT, C.F. et al. Restoration of devasted Inland Forests in South Vietnam. Holanda, Wageningen, 1978. Vol. 3. 219 p.

MILLER, R.G. A girth increment study of Baikiaea plurijuga in Northern Rhodesia. Empire Forestry Review 31(1): 42-45, 1952.

OSMATON, H.R. Determination of age-girth and similar relationship in Tropical Forestry. Empire Forestry Review 35(2): 193 - 197, 1956.

OSORIO, E. Volumen y conicidad del cedro (Cedrela odorata). Tésis Ing. For. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1983. 149 p.

PENNINGTON, T. and STYLES, B. Flora neotropica; Monograph 28: Meliaceae. New York, The New York Botanical Garden, 1981. 470 p.

PENNIGTON, T. y SARUKHAN, J. Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales - FAO, 1968. 413 p.

PERRON, F.E. Growth, fecundity and mortality of Conus pennaceus in Hawaii. Ecology 64(1): 53-62, 1983.

PRINCE, A.J. The rate of growth of Green Hearth (Ocotea rodiaei). Commonwealth Forestry Review 52(2): 143-146, 1973.

PROYECTO DARIEN. Estudio para la orientación del desarrollo integral de la región del Darién Colombiano. Medellín, República de

Colombia - OEA. Estudios Geomorfológicos, 1978. pp. 3-7.

--------. Estudios Ecológicos. Medellín, 1978. pp. 74-78.

--------. Estudios Hidroclimatológicos. Medellín, 1978. pp. 34-53.

--------. Estudios de Suelos. Medellín, 1978. pp. 8-21.

ROBLEDO, F. y ROBLEDO, E. Resistencia de maderas colombianas; ensayos físicos y mecánicos de 142 maderas procedentes de todos los departamentos del país. Bogotá, Antares, 1953. 124 p.

SARLING, P. Un modèlo de croissance pour des plantations forestiẽres en milieu tropical. Bois et Forêts des Tropiques 114: 3-21, 1967.

SCHULTZ, J.R. Plantaciones forestales en Surinam. Revista Forestal Venezolana. 14: 5-36, 1966.

SETTEN, G.G.K. Girth increment and linear sample plots in Malaya and 1952 rules for their compilation. Research Pamphlet, Forest Research Institute, Kepong. Peninsular Malaysia No. 13, 1954. 10 p.

SMITH, C.E. A revisión of Cedrela. Fieldiana 29(5): 295-312,1960.

SOIL SURVEY STAFF. Soil classification; a comprehensive system: 7th aproximation. U.S. Departament of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington, 1960. 265 p.

SPIEGEL, M.R. Estadística: Teoría y 875 problemas resueltos, Mc Graw-Hill, 1961. 357 p.

THORNTWAITE, C.W. y MATTER, J.R. El presupuesto hidraúlico y su uso con los riegos. In: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Agua, Anuario de Agricultura, 1955. pp. 375-388.

TORRES, A. Ensayos de especies latifoliadas en la unidad uno de la Reserva Forestal de Caparo, estado de Barinas, Venezuela. Tésis Magister Scientiae, Universidad de los Andes, 1976. 206 p.

TROUP, R.S. The compilation of girth increment from sample plots measurement. Indian Forestry Bulletin No. 30, 1915.

VAN SOEST, J. et al. La normalización de los símbolos en dasometría. Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal, Roma, 1969. 19 p.

VEGA, L. Influencia de la silvicultura en el comportamiento de Cedrela en Surinam. Boletín del Instituto Latinoamericano de Investigación y Capacitación No. 46, 1974. pp. 57-87.

--------. Efecto de la poda en el crecimiento y en la recuperación

de la forma del tallo de Cedrela angustifolia S. y Cedrela odorata L. Revista Forestal Latinoamericana 1: 79-98, 1981.

VELEZ, G. Indice de sitio, su estimación edáfica y rendimiento del Eucalyptus saligna Sm en Antioquia. Tésis Ing. For. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 1982. 142 p.

VINCENT, H.J. The value of periodic girth measurement taken for individual forest trees, Malaya, Proc. of 13 th Congress ,I.U.F.R.O. Viena, 1961. Section 25/5, paper 53.

WADSWORTH, F.M. Datos de crecimiento de plantaciones forestales en México, Indias Occidentales, Centro y Sur América. Caribean Forester 21 (Supl.): 228, 1960.

--------. Roble: Valuable forest tree in Puerto Rico. The Caribbean Forester 4(2): 59-73, 1943.

WEBB, D. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos de regiones tropicales y subtropicales. London, Overseas. Development Administration, 1980. 275 p.

---------. Growth of Kaya grandifolia, Chlorophora exelsa, Afroesia africana and Pycnanthus angolensis in Kurame, Zaria Province. Thecnical Note, Federal Departament of Forest Research, Ibadan, No. 30, 1964. 16 p.

WHITMORE, T.C. Tropical rain forest of the far-east. Clarendon Press, Oxford, 1977. 282 p.

WONG, F.O. A study of growth of the main comercial species in the Segaliud - Lokan Forest Reserve Sandakan, Sabah. Malaysian Forester 36(2): 95-112, 1973.

ZANOTTI, J. Bosque Comunal Gualon. C'chilaj Rrim Sii, Guatemala 2: 1-4, 1984.