

**EFFECTO DEL RALEO SOBRE EL
CRECIMIENTO EN AREA BASAL DE
UN BOSQUE SECUNDARIO
EN EL TROPICO HUMEDO**

TESIS DE GRADO DE *MAGISTER SCIENTIAE*

ANGEL M. ROJAS GUTIERREZ

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

EFFECTO DEL RALEO SOBRE EL CRECIMIENTO EN AREA BASAL
DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN EL TROPICO HUMEDO

Tesis

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

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA:

Consejero

Gilberto Pérez, Ph.D.

Comité

Luis Fournier, Ph.D.

Comité

Pieter Grijpma, M.S.

Comité

Gerhard Dirscherl, Lic.For.

Marzo, 1970

A mis padres

A mis hermanos

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A su Consejero Principal, Dr. Gilberto Páez por las orientaciones, sugerencias y enseñanzas recibidas.

Al Dr. H.J. Tilmanns por su valiosa ayuda y constante asesoramiento en muchos puntos de importancia, como Consejero Principal hasta febrero de 1970.

A los miembros del Comité Consejero: Dr. Luis A. Fournier, Ir, Pieter Grijpma e Ing. Gerhard Dirscherl por su ayuda en la revisión del manuscrito y sugerencias, que se tradujeron en provechosas adiciones en la tesis.

Al IICA, Centro de Enseñanza e Investigación por la beca otorgada para realizar estudios de postgrado.

A la Universidad del Tolima por concederle licencia en comisión para la realización de los estudios.

A sus profesores que le otorgaron un provechoso legado de conocimientos.

Al personal auxiliar del Departamento de Ciencias Forestales, a los compañeros de estudio, y a todas aquellas personas que le brindaron su colaboración y amistad.

BIOGRAFIA

El autor nació en Cáqueza (Cundinamarca), Colombia, el 15 de julio de 1940. Realizó sus estudios primarios y secundarios en su pueblo natal.

Ingresó en la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" de Bogotá, Colombia, graduándose de Ingeniero Forestal en 1964.

En la actualidad pertenece al Cuerpo Docente de la Universidad del Tolima en Ibagué, Colombia, en donde ha impartido las cátedras de Inventario de bosques y Política y Legislación Forestal, habiendo escrito varios trabajos sobre estas disciplinas.

En Septiembre de 1968 ingresó a la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en el Departamento de Ciencias Forestales, finalizando sus estudios en marzo de 1970.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
1.1 El Problema	2
1.2 Objetivos	3
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 El crecimiento de los árboles	4
2.2 El raleo	7
2.2.1 Reseña histórica	10
2.2.2 Clases de raleo	12
2.2.3 Efectos del raleo	17
2.2.3.1 Sobre el crecimiento y desarrollo de la masa en pie	17
2.2.3.2 Sobre la estructura anatómica de la madera y algunos procesos fi- siológicos	19
3. MATERIALES Y METODOS	21
3.1 Localización del estudio	21
3.1.1 Descripción general de las condiciones am- bientales	21
3.2 Estructura del bosque	22
3.3. Descripción del experimento	29
3.4 Técnica de raleo y recolección de la información..	29
3.5 Análisis de la información	32
3.5.1 Estimación del crecimiento	33
3.5.2 Análisis de la respuesta a los tratamientos	36
4. RESULTADOS	38
4.1 Crecimiento diamétrico y en área basal	38
4.2 Crecimiento diamétrico y en área basal como fun- ción de la clase de grosor y régimen de raleo	41
4.2.1 Crecimiento diamétrico absoluto y relativo según clase de grosor	41
4.2.2 Crecimiento diamétrico absoluto y relativo según regímenes de raleo	44

4.2.3	Crecimiento relativo del área basal en función del régimen de raleo y la clase de grosor	46
4.3	Crecimiento diamétrico de algunas especies de va- lor comercial	49
4.4	Consideraciones adicionales sobre el crecimiento	52
5.	DISCUSION	57
6.	CONCLUSIONES	62
7a.	RESUMEN	63
7b.	SUMMARY	65
	LITERATURA CITADA	67
	APENDICE	71

INDICE DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Página</u>
1. Distribución diamétrica de varias especies forestales en el bosque de Florencia Sur y su abundancia relativa	23
2. Lista de especies encontradas en las parcelas experimentales	25
3. Resumen del crecimiento bruto anual por hectárea según regímenes de raleo	40
4. Crecimiento anual diamétrico (cm) de las especies forestales de valor comercial, según clase de grosor y régimen de raleo	49
5. Relación entre el crecimiento diamétrico y en área basal con la clase de grosor y el régimen de raleo	55

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1. Relación entre el crecimiento por árbol y por unidad de área y la intensidad de raleo	18
2. Relación entre la clase diamétrica y el número de árboles por hectárea	22
3. Curvas de crecimiento diamétrico en función de la clase de grosor	43
4. Curvas de crecimiento diamétrico en función del régimen de raleo	45
5. Porcentaje anual de crecimiento del área basinétrica	48
6. Crecimiento diamétrico y en área basal en función de la clase de grosor	54

1. INTRODUCCION

Una de las características particulares de los bosques naturales del trópico es la alta densidad del arbolado por unidad de área, con una mezcla muy heterogénea de especies de diferente ritmo de crecimiento, atribuible según Guinaudeau (11), al sitio y a los factores genéticos propios de la especie.

Este gran número de árboles en áreas reducidas, generalmente más de mil por hectárea, provoca entre ellos una fuerte competencia por el espacio vital para su crecimiento y solamente los más vigorosos o los de mayor edad pueden dominar, a excepción de las especies que por su naturaleza hereditaria permanecen en los pisos inferiores. Muchos individuos que se hallan en sus primeras etapas de desarrollo no prosperan satisfactoriamente y su ritmo de crecimiento disminuye e inclusive muchos de ellos mueren.

Esta situación se traduce en una disminución del rendimiento y de la productividad por unidad de área, por lo que el aprovechamiento de tales masas forestales es con frecuencia antieconómico. El problema radica esencialmente en la forma de manejo que dichos bosques requieren para una mayor producción económica de madera.

Según Singh (33), la baja producción de madera que se obtiene de la mayoría de los bosques existentes en el mundo se debe principalmente a su desarrollo precario como consecuencia de la falta de prácticas de raleo.

Rogers (29) opina que si los bosques mixtos de la zona tropical van a recibir un buen manejo y su productividad futura es una conside-

ración primaria, será necesario dar respuesta por lo menos a tres preguntas: 1) existencias que deberán mantenerse de cada clase de grosor; 2) composición del bosque; y 3) proporción de cada especie.

1.1. El problema

Existen pocos estudios sobre la dinámica del crecimiento de los bosques del trópico y se sabe relativamente poco acerca de los factores principales que lo afectan. Esto se debe en parte a la complejidad inherente de tales bosques (32), los cuales han sido descuidados a pesar de que gran parte de la madera industrial de calidad superior se obtiene de ellos y de que existen buenos mercados en escala nacional e internacional, por lo que constituyen un buen aporte para la economía de los países que los poseen. En la actualidad, su utilización se ha convertido en una mera explotación selectiva de las especies de mayor valor económico, sin ninguna orientación técnica que asegure la producción sostenida de esta riqueza.

Según Edwards (7), si no se conocen las tasas de crecimiento de los principales árboles forestales bajo diferentes condiciones de suelo y luz, en sus diversas etapas de desarrollo, solamente se pueden esbozar esquemas de trabajo muy tentativos para el manejo de los bosques del trópico. La base de una silvicultura sólida la constituye una producción sostenida y máxima que no puede alcanzarse sin el debido conocimiento de las tasas de crecimiento de las especies que integran el bosque, lo cual es indispensable para mantenerlo en su más alta capacidad de producción.

Aunque los estudios de esta naturaleza requieren generalmente un

período largo de tiempo para ofrecer resultados más exactos, el presente trabajo es una contribución al conocimiento y entendimiento del desarrollo del bosque, que puede ayudar en la planeación del manejo.

1.2. Objetivos

Los objetivos básicos que se persiguieron con esta investigación, fueron:

1. Determinar el efecto diferencial de varios regímenes de raleo sobre el crecimiento en diámetro y en área basal de los árboles.
2. Proporcionar una base para seleccionar un régimen de raleo que estimule el mayor crecimiento del área basal por unidad de área.
3. Ofrecer una guía tentativa para determinar el crecimiento en cada una de las clases diamétricas, que pueda servir de ayuda en la selección de medidas silviculturales para mantener o aumentar la tasa de crecimiento de los bosques.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. El crecimiento de los árboles

En el sentido biológico, el crecimiento es un aumento irreversible⁷ en tamaño que implica la formación y diferenciación de nuevas células, tejidos y órganos. En un árbol, es el incremento en la cantidad de tejidos acumulados de floema y xilema en forma de corteza y madera, que generalmente se mide en términos de altura, diámetro, área basa, volumen y peso, siendo el tallo principal la porción que corrientemente recibe mayor atención (16).

Según Singh (33), el desarrollo y la forma de los árboles varía de acuerdo con las especies, localidad, edad y espacio, y cualquier cambio de estos, afecta tanto el vigor como la forma. Existen sin embargo algunos factores adicionales que influyen sobre el crecimiento de las masas forestales como un todo, y entre los más importantes merecen mencionarse la edad, las condiciones edáficas locales, la posición sociológica de los árboles y los factores genéticos (40).

Según Husch (16), los factores del medio ambiente que afectan el crecimiento pueden clasificarse en estables y transitorios. Los factores estables son aquellos que no cambian apreciablemente durante la vida de un árbol, tales como la textura del suelo, la pendiente y el nivel de nutrientes.

Los factores transitorios pueden fluctuar cíclica o erráticamente, tales como los cambios en el tiempo, cuyo efecto sobre el crecimiento es de suma importancia, especialmente si el crecimiento pasado se va a usar como base para predicción. El autor indica que aunque

las variaciones en la tasa de crecimiento anual de un árbol son parcialmente debidas a fluctuaciones cíclicas, es difícil segregare estos efectos del crecimiento total.

Según Loján (24), el elemento climático que se ha encontrado que tiene más influencia en el crecimiento del árbol, es la lluvia, siendo su distribución más importante que la cantidad total. Por otra parte, Nicholson (25) expone que el efecto de la temperatura sobre el crecimiento principalmente en un clima cálido tropical, juega un papel importante, pudiéndose obtener altas tasas de fotosíntesis sin la luz completa del día, por lo cual no sería un factor limitante en el crecimiento.

A medida que la planta crece, la demanda por luz, agua, aire, nutrientes y espacio, aumenta y sobreviene entonces una fuerte competencia entre los individuos de la masa forestal. Esta competencia llega a ser visible cuando las ramas de los árboles contiguos comienzan a tocarse y a entrelazarse. La forma y vigor de los árboles durante el desarrollo de una masa forestal, están determinados por el nivel a que se mantiene la competencia.

Singh (33) señala que el control del espacio, de entre todos los factores que afectan el crecimiento y la forma, es el único que puede manejarse fácilmente. Se ha encontrado que manipulando el espacio se puede lograr un crecimiento más uniforme de los árboles, además de garantizar también la máxima utilización de los factores de la localidad (34).

Wycherley (42) afirma que en los rodales densos de Cchroma lago-
pus, luego de una más alta productividad inicial, los incrementos de-

clinan más rápidamente que en aquellos donde hay menor número de árboles. Fernández (8), indica que en masas muy densas, la porción del suelo ocupado por cada planta es muy reducido, disminuyendo también la filtración lumínica por la gran espesura que presentan las copas de los árboles. De esta manera, se localiza la acción fotosintética solamente en la parte superior de las plantas; pero al aumentar la superficie ocupada por éstas, aumenta también el crecimiento diamétrico anual.

Las investigaciones realizadas por Barnes y Schumacher, citados por Buell (4), han demostrado que la distribución diamétrica y por lo tanto el crecimiento, están más estrechamente correlacionados con el diámetro promedio de los árboles que con la edad y el sitio, pudiéndose entonces usar alguna función de ésta distribución en la determinación del crecimiento en bosques disetáneos. Esto, posiblemente se debe al hecho de que el diámetro, tal como lo expone Loján (24), es la característica del árbol más sensible a los factores externos que influyen el crecimiento, pero debe anotarse que la posición sociológica juega también un papel importante. Según Veillon (40), los árboles dominantes acusan un mayor incremento diamétrico que los codominantes, ocurriendo lo mismo para estos en relación con los dominados.

Por otra parte, Lamprecht (20) observó también que una vez que los árboles alcanzan cierta dimensión, reducen considerablemente el ritmo de su crecimiento. En las clases diamétricas superiores la dimensión, aparentemente ya no es una función estricta de la edad. Se ha reconocido además que de las características dimensionales

de un árbol, el crecimiento en área basal es la más importante y tiene la ventaja sobre el crecimiento en volumen en que puede medirse más directamente (16). El volumen es una función del área basal, de la altura y la forma, pudiéndose cometer más errores en la estimación del mismo.

Phillips (26), al referirse al bosque tropical natural, indica que con excepción de las especies pioneras de segundo crecimiento, el incremento en volumen es lento, pudiéndose considerar como normal una tasa de 1 a 3 m³ por hectárea por año.

Datos obtenidos por Veillon (40) en la selva nublada andina y tropófito macrotérmica en Venezuela, muestran que ni el crecimiento diamétrico ni el porcentaje de crecimiento del área basal son elevados. En esas condiciones, el incremento promedio anual en diámetro varió de 0.2 hasta 0.8 cm. y el porcentaje de crecimiento del área basimétrica pasó de 5.5 hasta 0.44% de las pequeñas clases de grosor hacia las grandes.

2.2. El raleo

Por medio de técnicas silviculturales adecuadas en plantaciones o en bosques naturales es posible aumentar el rendimiento del bosque considerablemente. Según Lamprecht (21), este aumento es consecuencia del incremento cuantitativo y cualitativo de la especie y de la capacidad productiva del sitio, la cual puede mantenerse o mejorarse con intervenciones técnicas apropiadas.

Una de las intervenciones más importantes a este respecto la constituye el raleo, el cual consiste en la reducción gradual del núm^o

mero de árboles en una masa forestal en crecimiento, tratando de uniformizar tanto como sea posible el espacio, hasta el número correcto que conducirá a la máxima producción de los árboles deseados (36,37). Es una operación silvicultural periódica conectada y afectada por los raleos pasados y futuros y su efecto no está solamente en inducir un mayor crecimiento de los individuos, sino también para asegurar su vigor y estabilidad (9). *

Savina (30), con base en investigaciones efectuadas en Rusia, reconoce que el raleo además de permitir la obtención de bosques de alta calidad y alta producción, conduce a mejorar la composición, estructura e incremento corriente de la masa. Señala que los fundamentos científicos y justificación teórica están incluidos entre otros, en los trabajos de investigación y organización económica del bosque.

Davis (5) indica que los resultados observados en cualquier experimento de raleos, son efectos que pueden ser directamente atribuídos al tratamiento experimental o pueden ser efectos de un gran número de variables interactuantes, tales como sitio y diferencias biológicas entre los árboles individuales. Su correcta aplicación, según indican Hawley y Smith (13), permite incrementar la producción económica de los rodales a pesar de la fuerte indicación de que la producción bruta de madera permanece virtualmente inalterable.

Singh (36) menciona que el primer paso en la ejecución de un raleo consiste en la selección de los árboles promisorios para fijar la cuota por unidad de área y de los árboles indeseables para remoción, lo cual implica una clasificación y un orden de preferencia. Esta clasificación se basa en: la posición relativa y condición de la

copa, vigor del árbol y calidad del fuste. En rodales mixtos, la selección entre especies de otro punto a considerar (13). Sin embargo, las existencias dejadas por unidad de área son las que determinan un raleo, siendo el objetivo básico el de controlar su intensidad más que el espaciamiento de los árboles individuales (6, 35).

La dificultad principal está en seleccionar las técnicas e intensidades de raleo más convenientes para un bosque determinado, principalmente cuando se trata con especies exóticas de reciente introducción u otros rodales en los cuales se tiene poca experiencia sobre raleos.

Taylor (37) se refiere al sobre-raleo e indica que éste puede producir árboles de mala forma y ramificación pobre, incrementando también el peligro de incendios por permitir el desarrollo de gramíneas u otras hierbas en el suelo forestal. Por otra parte, no se utiliza bien el terreno por desperdicio del espacio disponible. Según Hiley (14), entre las características que más afectan la calidad de la madera están el abusamiento y la presencia de nudos y cuando el raleo es muy intenso los árboles presentan más nudos y se abusan más rápidamente que en rodales donde el raleo es más leve.

En cuanto al momento de iniciar el raleo se ha indicado (37) que el mismo se efectúa más temprano en bosques de sitios pobres que sobre buenos sitios cuando el rodal es jóven, ya que la competencia de raíces es más severa en aquellos aunque las copas no se estén tocando.

Desde un punto de vista económico, las decisiones referentes al raleo son decisiones de inversión y deben hacerse basándose en la me-

mejor información existente acerca de los costos y los beneficios del tratamiento (41). A este fin se requiere información sobre: a) consecuencias físicas del tratamiento, cantidad y calidad de la producción resultante; b) el costo en recursos y el compromiso de gastos posteriores, y c) el valor de los productos resultantes cuando éstos se comercializan.

Es importante destacar que las prescripciones de raleo aplicadas en rodales que se han originado por plantación pueden ser inadecuadas cuando se aplican en bosques naturales, especialmente en condiciones tropicales, en donde las especies a favorecer constituyen solamente una pequeña porción de las especies forestales presentes (23, 37). En este caso, talvez sea mejor poner más atención a aquellas y menos a la matriz general del bosque.

2.2.1. Reseña histórica

En contraste con la gran atención que se ha dedicado a la clasificación de árboles y métodos de raleo en bosques costáncos, su aplicación en masas irregulares no ha sido debidamente considerada, con unas pocas excepciones, tales como cortas por entresaca o cortas selectivas ("Plenterwald" en alemán). Vásquez (39) puntualiza que la mayoría de los trabajos han perseguido principalmente la inducción de la regeneración, liberando las especies deseables de competidores inferiores, y los refinamientos, o sea, la remoción general de especies indeseables que impiden el crecimiento de las más valiosas o también para obtener la más completa utilización del sitio con las mejores especies.

La experimentación con tratamientos de raleo ha sido establecida en Europa desde hace unos 300 años, con enfoque generalmente hacia la producción de tablas de rendimiento de bosques cultivados (41). Su desarrollo en América y en el Hemisferio Sur es relativamente reciente. Dicha práctica surgió de la necesidad de mejorar la composición del bosque y buscar la densidad óptima que permita el mayor rendimiento por unidad de área.

El trabajo en Norte América se ha orientado más al estudio de los efectos de tratamientos sobre la calidad de la madera y juega un papel de menor importancia en la cantidad a producir. Su práctica se halla extendida particularmente en el Sur y Este del país en donde se tratan anualmente alrededor de 1.7 millones de acres en áreas de regeneración natural y plantaciones.

Los trabajos de raleo en Africa del Sur han tomado cada vez mayor importancia tanto en bosques naturales como en plantaciones de coníferas exóticas. Según De Villiers (6), hasta cerca de 1917 los grados de raleo a que se sometían las coníferas eran muy ligeros. A partir de 1920 se ha observado una tendencia ascendente en el grado, con rangos desde 25% hasta 40% (en volumen), basados en el principio aceptado de ralear más fuertemente en los sitios de mejor calidad y más ligeramente en los sitios más pobres.

En Trinidad se han efectuado raleos a partir de 1956 en rodales mixtos de regeneración natural, utilizando el concepto de densidad, o sea, dejando diferente número de árboles dominantes de especies deseables por parcela. El fin de estas investigaciones fué analizar su efecto y determinar el grado óptimo de raleo, deseable desde el punto

de vista económico y silvicultural, como también para obtener datos sobre el crecimiento de especies individuales a una densidad dada de la masa forestal (28).

En Malaya se han venido efectuando también desde 1915, experiencias de esta índole en bosque disetáneo, tendientes a producir cosechas más uniformes con una mayor representación de especies útiles (7).

2.2.2. Clases de raleo

Con el fin de aclarar la terminología usada en la descripción de las clases de raleo, se dan a continuación las definiciones casi universalmente aceptadas sobre algunos elementos que este involucra.

Régimen de raleo. Indica el número de árboles (área basal o volumen) a dejar por unidad de área después del raleo, en los diferentes estados del desarrollo del rodal. Puede expresarse como un porcentaje de las existencias antes del raleo (32, 34).

Grado de raleo. Indica la severidad en el rango de clases de árboles a remover en cada operación de raleo (36).

Ciclo de raleo. Es el intervalo promedio en años entre una sucesión de raleos y puede ser constante o variable con la edad de la masa (18, 34).

Peso del raleo. Indica el volumen o área basal removidos en un sólo raleo (18).

Intensidad de raleo. Es una medida de la cantidad removida (en número de árboles, área basal o volumen) en un período de tiempo específico (= peso del raleo/ciclo de raleo) (18).

Universalmente se conocen dos amplias categorías de raleo: el "raleo por lo bajo" y el "raleo por lo alto". El primero está dirigido a remover clases ecológicas de árboles, empezando con el estrato más bajo o de árboles suprimidos y progresando hacia arriba hasta lograr el grado de raleo pre-establecido. Comúnmente se denomina también a este sistema, "método ordinario o "método alemán" y se aplica principalmente a rodales coetáneos (5, 13, 37).

Hawley y Smith (13) reconocen los siguientes grados de raleo por lo bajo:

<u>Grado</u>	<u>Conservativo</u>	<u>Radical</u>
Muy ligero	Arboles suprimidos más pobres	Arboles suprimidos
Ligero	Suprimidos o intermedios más pobres	Suprimidos o intermedios
Moderado	Suprimidos e intermedios.	Suprimidos, intermedios y unos pocos <u>co</u> dominantes.
Fuerte	Suprimidos, intermedios y muchos <u>co</u> dominantes.	Suprimidos, intermedios y casi todos los <u>co</u> dominantes.

Según Taylor (37), este tipo de raleo es adecuado particularmente para especies heliófilas. El rodal tiende a estar más compuesto de fustes libres de ramas a altura considerable, siendo los árboles de más rápido crecimiento los más favorecidos. Generalmente se le considera como el raleo "standard" para parcelas permanentes de coníferas (3). El raleo por lo alto, conocido también como "método francés" se caracteriza por la remoción de las clases de copas superiores con el

fín de abrir el dosel y favorecer el desarrollo de los árboles más promisorios de estas mismas clases. En los raleos más fuertes de este tipo, se cortan también ciertas clases de codominantes y algunos intermedios o dominantes que interfirieran el desarrollo de los árboles seleccionados para dejar (13). Este tipo de raleo es adecuado para especies tolerantes a la sombra (36, 37). No todos los árboles que están en competencia son removidos y la masa sigue siendo irregular en altura.

Singh (34) clasifica los raleos de la siguiente manera:

Racional (o Matemático)

Este método está basado en regímenes de raleo, tales como: el de volumen, de área basal, número de fustes, espaciamiento y por último, el método de raleo anticipado (Craib).

Empírico

El método se basa en la clasificación del árbol o grado, tales como: el raleo ordinario (incluyendo raleo mecánico), raleo por lo alto, raleo libre y raleo máximo.

En el raleo racional, los métodos del volumen, número de fustes y área basal se refieren a la cantidad a dejar por unidad de área, lo cual determina su régimen.

En el método del espaciamiento, el sistema de Hart, mencionado por Schulz y Rodríguez (31) ha sido ampliamente aceptado. Se basa en el espaciamiento promedio de los árboles como un porcentaje de la altura superior, siendo su expresión matemática la siguiente:

$$S\% = d/H \times 100; \text{ donde:}$$

S% = Espaciamiento relativo

d = Espaciamiento promedio de los árboles

H = Altura superior (promedio de los 100 árboles más grandes por hectárea).

Una vez fijado el régimen de raleo se puede conocer la distancia media requerida ($= S\% \times$ altura superior), luego con ayuda de la tabla de Mart se calcula el número de árboles por hectárea que deben quedar para obtener el espaciamiento relativo. Un ejemplo se da como ilustración^{*}: si la altura superior es de 12.5 m. y hay 3.500 árboles por hectárea con una distancia promedio de 1.82 m., entonces, $S\% = 1.82 \times 100 / 12.5 = 14.5\%$. Si se quiere llegar a $S\% = 20\%$, la distancia media será: $20 \times 12.5 / 100 = 2.50$ m., o sea 1.848 árboles por hectárea. Se deben eliminar de esta manera, $3.500 - 1.848 = 1.652$ árboles por hectárea.

El tiempo que debe mantenerse el mismo espaciamiento relativo depende tanto de la especie como de la calidad del sitio, pero la aplicación de cualquier distancia depende del uso posterior que se le asignará a la madera, según la necesidad del mercado.

El raleo anticipado (también denominado "de Craib") fue propuesto en 1939 en Africa del Sur para ser aplicado a exóticas de rápido crecimiento. El método se basa fundamentalmente en el espaciamiento de los árboles, de tal manera que estos estén en el límite entre crecimiento libre y competencia mutua. Se ha indicado que si esto se hace, el terreno estará siendo completamente utilizado y el incremento en diámetro no se retardará (37).

El método del raleo mecánico, usado principalmente en plantacio-

* Tomado de Schulz y Rodríguez (31).

nes jóvenes y densas donde el crecimiento es uniforme, no necesita ninguna selección real de los árboles a remover en los raleos iniciales. Una forma de este es el llamado "raleo de bastón", aplicable a brinzales jóvenes y en manglares, donde el espaciamiento no es regular. El operador debe estar equipado con un bastón de longitud igual a la distancia mínima permitida entre árboles. Cuando este no se puede pasar horizontalmente entre dos árboles adyacentes, uno de ellos es removido. La longitud del bastón depende de cuál espaciamiento se considera deseable para el rodal, el cual está en relación con la especie y la edad (37).

Taylor (37) señala que el raleo libre (o de mejoramiento) se basa esencialmente en una selección de los árboles élite (árboles mejores) para dejar. Es un método que podría aplicarse al bosque tropical mixto donde solamente unas pocas especies son comerciales.

Hiley (14) menciona otro tipo de raleo denominado "raleo selectivo" en el cual los árboles más grandes son removidos en los raleos tempranos, dejando seleccionados los codominantes o subdominantes, para crecer y madurar y formar la cosecha de la próxima intervención. Como puede observarse, el número de programas posibles de raleo es muy grande. Sin embargo Grut (10) indica que en la actualidad no existe un método claro con el cual el régimen óptimo pueda ser calculado directamente.

De todas maneras, el tipo de raleo requerido se determina por un lado, por la condición del bosque (incluyendo composición y vigor) y por otra parte, por los objetivos del manejo (27). Su frecuencia depende de las especies, particularmente de la tasa de crecimiento y de

los requerimientos de luz, el sitio y la intensidad de trabajo del bosque.

2.2.3. Efectos del raleo

2.2.3.1. Sobre el crecimiento y desarrollo de la masa en pie

Johnston et al (18) sostienen que los cambios en el crecimiento en respuesta a los tratamientos de raleo son generalmente pequeños en relación a aquellos debidos a cambios climáticos de año a año y a cambios en el sitio, de lugar a lugar, aún dentro de un rodal aparentemente homogéneo, el efecto es variado, siendo mucho mayor sobre el crecimiento diamétrico que sobre el crecimiento en altura. Este último es resultado del efecto combinado de edad y sitio (2).

Hawley y Smith (13) anotan que aunque el incremento en área basal para el rodal como un todo puede considerarse constante dentro de un amplio margen de regímenes de raleo, la cantidad atribuible a cada árbol puede incrementarse substancialmente como efecto de mayor expansión de la copa y un aumento consiguiente de la superficie foliar, influenciada por la disminución de la densidad.

El efecto de la intensidad de raleo sobre la tasa de crecimiento por árbol es opuesto al efecto sobre la tasa de crecimiento por unidad de área, lo cual se ilustra en la Figura 1.

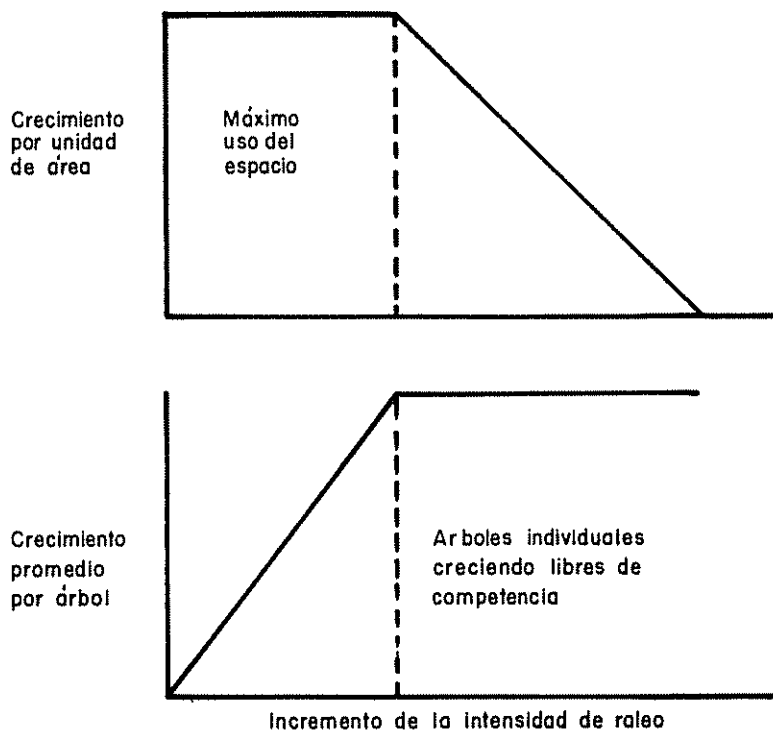


Fig.1 Relación entre el crecimiento por árbol y por unidad de área y la intensidad de raleo

El crecimiento por unidad de área tiende a permanecer constante sobre un amplio rango de intensidades de raleo, mientras que el crecimiento medio por árbol responde más directamente a los cambios. En el otro extremo de la escala de intensidad, el crecimiento por árbol no cambia con la intensidad del raleo debido a que los árboles individuales están creciendo libres de la competencia mutua, en tanto que el crecimiento por unidad de área cambia más o menos en proporción directa a la intensidad (13).

Por otra parte, Wiley (14) y Landon (22) señalan que el raleo fuerte combinado con limpiezas del sotobosque está asociado con un incremento en el crecimiento medio en circunferencia, con una fuerte evi

dencia estadística de que la relación es causal, pero en otros casos, los raleos fuertes parecen tener efecto reducido sobre el crecimiento y puede ser más seguro suponer que su efecto es variable al compararse con los raleos ligeros. Se indica que el valor de un raleo fuerte está principalmente en el ahorro en el tiempo requerido para el crecimiento de los árboles, lo cual es equivalente a ganar una tasa de interés mayor sobre un capital menor. Este ahorro es más significativo con especies de lento crecimiento o con las clases de más baja calidad de especies de rápido crecimiento.

Se ha reconocido también (18) que aunque la intensidad de raleo toma en cuenta tanto el peso como la frecuencia (ciclo), estos elementos tienen efectos sobre el crecimiento que son independientes de la intensidad, y así por ejemplo, mientras más largo sea el ciclo y mayor el peso, para una intensidad dada, mayor será el riesgo de pérdidas en incremento debido al uso incompleto del sitio.

El momento de efectuar el primer raleo puede tener también un efecto sobre el crecimiento, debido a su interdependencia con el peso del raleo y el nivel de crecimiento del rodal.

El crecimiento antes y después del raleo como medida de respuesta del crecimiento, es el indicado para los bosques de América Latina en donde casi no existen tablas de rendimiento para árboles ni bosques (33).

2.2.3.2. Sobre la estructura anatómica de la madera y algunos procesos fisiológicos

Las investigaciones realizadas por Savina (30), principalmente

para bosques de coníferas en Rusia, demostraron lo siguiente:

1. El anillo de crecimiento anual aumentó a una mayor extensión, debido al incremento de actividad del follaje en las plantaciones raleadas.
2. Los raleos, por alterar el suministro de calor y luz, causan una iniciación más temprana de la actividad del cambium en las secciones raleadas, pero no tiene influencia significativa en el tiempo de terminación de esa actividad. En consecuencia, como resultado de un período activo más largo del cambium, el crecimiento de los árboles es mayor en las secciones raleadas que en las no raleadas. Esa actividad comenzó primero en árboles de tronco grueso.
3. En relación con las condiciones ambientales, se determinó que las traqueidas en la madera formada después del raleo son generalmente más largas, siendo este fenómeno más notorio en bosques jóvenes.
4. La madera de los anillos anuales en plantaciones raleadas, resultó menos porosa debido al incremento en la proporción de madera de verano y a la mayor longitud de sus elementos (libriformes, vasos y traqueidas).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del estudio

Los trabajos se realizaron en el compartimento I el bosque de Florencia, en terrenos del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, dentro de un proyecto de investigaciones para la utilización de bosques tropicales, iniciado en marzo de 1966 por el Ing. J. P. Veillon. Existían datos de mediciones hasta el año de 1968, a partir del cual el autor de este estudio continuó con la recolección de información.

3.1.1. Descripción general de las condiciones ambientales

Según los registros de más de 20 años de observaciones en la estación meteorológicas del IICA (17), localizada a los $80^{\circ}39'20''$ de longitud oeste y $9^{\circ}53'40''$ de latitud norte, a una altitud de 630 m.s. n.m., el clima reinante en la localidad presenta las siguientes características: temperatura promedio anual de 22.25°C , con una mínima promedio de 17.34°C y una máxima promedio de 27.21°C . La precipitación promedio anual es de alrededor de 2.610 mm. El período más lluvioso comienza en mayo, con 227,3 mm. y termina en diciembre con 313.6 mm. El mes más seco corresponde a marzo, con 78.8 mm. La humedad relativa promedio anual es de 87.8%.

Los suelos en este lugar, pertenecen a la Serie Colorado arcillo arenoso, con profundidad hasta de 6 m. y estructura notablemente granular. La permeabilidad es extremadamente alta y la consistencia friable cuando el suelo está húmedo. Es un suelo con gran contenido de materia orgánica y pH promedio de 4.9 (12). La topografía es in-

clinada, con pendiente promedio de 20%.

3.2. Estructura del bosque

El bosque del experimento está comprendido dentro de la Formación Bosque muy húmedo de premontano, según la clasificación ecológica de Holdridge (15). Se encuentra en una etapa de sucesión secundaria temprana y pueden reconocerse tres estratos arbóreos: el superior hasta 24 m. de altura, está constituido principalmente por especies de los géneros Rollinia, Hectandra y Ocotea. Un estrato medio hasta 20 m. con presencia de Virola sebifera y Simaruba amara. El dosel inferior hasta alrededor de 12 m. muestra gran abundancia de la especie Sorocea pubivena.

Las especies de mayor abundancia relativa, son: Sorocea pubivena (17.1%), Lacistema aggregatum (8.9%), Liconia spp. (7.4%), Rollinia microsepala (7.1%), Ocotea spp. (6.3%), Hectandra spp. (5.2%) y Virola spp. (5.2%).

El rango de variabilidad del diámetro es bastante amplio, encontrándose ejemplares hasta con 147 ^{cm. de DAP.} de DAP., aunque las clases diamétricas inferiores comprenden el mayor número de árboles presentes (Ver Fig. 2)

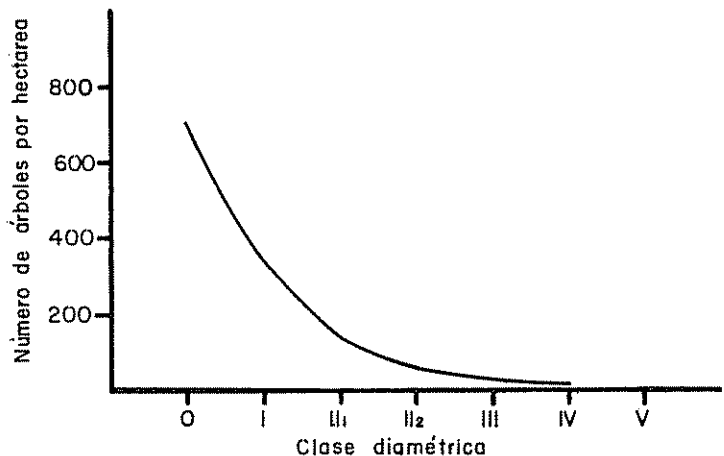


Fig.2 Relación entre la clase diamétrica y el número de árboles por hectárea

El Cuadro 1. elaborado con base en los datos de dos parcelas de muestra de 0.1 Ha. cada una, muestra la distribución de varias especies en las distintas clases de grosor y su abundancia relativa. El número promedio de árboles y área basal por hectárea fue en 1966 de 1.300 y 36 m². respectivamente, a partir de 5 cm., considerado como límite inferior para las mediciones.

Cuadro 1. Distribución diamétrica de varias especies forestales en el bosque de Florencia Sur y su abundancia relativa

Especie	Abundancia %	Clases diamétricas						
		0	I	II ₁	II ₂	III	IV	VI
<u>Sorocea pubivena</u>	17.1	20	3					
<u>Lacistema aggregatum</u>	8.9	8	4	1				
<u>Niconia</u> spp.	7.4	9	2					
<u>Rollinia microsepala</u>	7.1	-	4	-	3.0	3.0	1	
<u>Ocotea</u> spp.	6.3	2	4	1	2			
<u>Hectandra</u> spp.	5.2	2	3	2	1	1		
<u>Virola</u> spp.	5.2	2	3	2	1			
<u>Castilla costaricana</u>	4.8	3	4					
<u>Batocarpus costaricensis</u>	4.1	3	3	1				
<u>Cupania cinerea</u>	4.1	3	3					
<u>Hasseltia floribunda</u>	3.3	1	1					
<u>Simaruba amara</u>	3.3	1	-	2	1.5			
<u>Bunchosia cornifolia</u>	3.0	3	2					
<u>Inga</u> spp.	3.0	2	2					

Contin. Cuadro 1.

Especie	Abundancia %	Clases diamétricas						
		0	I	II ₁	II ₂	III	IV	VI
<u>Chrysophyllum hirsutum</u>	1.8	2	-	1				
<u>Allophylus panamensis</u>	1.8	1	2					
<u>Amyris</u> sp.	1.5	1	1	1				
<u>Cordia alliodora</u>	1.1	-	-	2				
<u>Trichilia</u> sp.	1.1	2						
<u>Zanthoxylum procerum</u>	1.1	1	1					
<u>Cornutia grandifolia</u>	0.7	1	1					
<u>Piper arboreum</u>	0.7	1						
<u>Trophis racemosa</u>	0.7	1	1					
<u>Stemmadenia obovata</u>	0.7	1						
<u>Protium copal</u>	0.4	1						
<u>Guarea turrialbana</u>	0.4	1						
<u>Mauria biringo</u>	0.4	-	1					
<u>Ficus velutina</u>	0.4							1
<u>Piper af. barbulatum</u>	0.4	1						
<u>Mosquitoxylum jamaicense</u>	0.4	1						
<u>Casuarina sylvestris</u>	0.4	1						
<u>Sapranthus palanga</u>	0.4	1						
<u>Albizzia adinocephala</u>	0.4	-	-	1				
<u>Mauria af. glauca</u>	0.4	1						
<u>Hampea appendiculata</u>	0.4	1						
<u>Ficus radula</u>	0.4	-	-	-	-	1		
<u>Acalypha macrostachya</u>	0.4	1						

Para una información más detallada, se presenta a continuación una lista de las especies que ocurren en las parcelas experimentales.

Cuadro 2. Lista de especies encontrados en las parcelas experimentales.

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre vulgar</u>	<u>Familia</u>
1. <u>Acalypha macrostachya</u> Jacq.		EUPHORBIACEAE
2. <u>Aegiphila elata</u> Sw.		VERBENACEAE
3. <u>Albizzia adinocephala</u> Britton & Rose ex	Gavilana	LEGUMINOSAE
4. <u>Allophylus occidentalis</u> Radlk. ex Record	Esquitillo	MIMOSCIDAEAE SAPINDACEAE
5. <u>Allophylus panamensis</u> Radlk.		SAPINDACEAE
6. <u>Amyris</u> sp.		RUTACEAE
7. <u>Banara guianensis</u> Aubl.		FLACOURTIACEAE
8. <u>Basiloxylon</u> sp.		STERCULIACEAE
9. <u>Batocarpus costaricensis</u> Standley & L. O. Willians	Lechillo, Ojoche macho	MORACEAE
10. <u>Brosium costaricanum</u> Liebm.	Lechillo, Ojoche	MORACEAE
11. <u>Brosimum terrabanum</u> Pittier	Lechillo, Ojoche	MORACEAE
12. <u>Bunchosia cornifolia</u> H.B. & K.	Cerezo	HALFIGHIACEAE
13. <u>Bursera simaruba</u> Sarg.	Indio desnudo	BURSERACEAE
14. <u>Calophyllum brasiliense</u> Camb.	Palo María	GUTTIFERAE
15. <u>Casuarina sylvestris</u> Sw.		FLACOURTIACEAE
16. <u>Castilla costaricana</u> Liebm.	Hule	MORACEAE
17. <u>Cecropia obtusifolia</u> Bertol.	Guarumo	MORACEAE
18. <u>Ceiba pentandra</u> Gaertn	Ceiba, Ceibo	BOMBACACEAE
19. <u>Cestrum baenitzii</u> Lingelshelm	Zorrillo	SOLANACEAE
20. <u>Chrysophyllum hirsutum</u> Cronquist		SAPOTACEAE
21. <u>Compsoncurea sprucei</u> Warb.	Sangre	MYRISTICACEAE
22. <u>Cordia alliodora</u> Cham.	Laurel	BORAGINACEAE
23. <u>Cordia bicolor</u> A. DC. ex DC.	Bernabé	BORAGINACEAE
24. <u>Cornutia grandifolia</u> Schau.	Pavilla	VERBENACEAE
25. <u>Cupania cinerea</u> Poepp. & Endl.	Caskil, Gorgojo	SAPINDACEAE

Cont. Cuadro 2

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre vulgar</u>	<u>Familia</u>
26. <u>Cymbopetalum costaricense</u> (Donn. Smith) R. E. Fries		ANGONACEAE
27. <u>Ficus maxima</u> Mill. (<u>F. radula</u> Willd.)	Higo, Higuero	MORACEAE
28. <u>Ficus velutina</u> Humb. & Bonpl.	Higuerón	MORACEAE
29. <u>Ficus tonduzii</u> Standley	Higuerón	MORACEAE
30. <u>Goethalsia meiantha</u> Burret	Guácimo blanco	TILIACEAE
31. <u>Guarea aligera</u> Harms		MELIACEAE
32. <u>Guarea</u> af. <u>kunthiana</u> A. Juss. (<u>G.</u> af. <u>erythrocarpa</u> C. DC.		MELIACEAE
33. <u>Guarea</u> af. <u>glabra</u> Vahl (<u>G.</u> af. <u>excelsa</u> H.B. Cedrillo & K.)		MELIACEAE
34. <u>Guarea</u> af. <u>rhopalocarpa</u> Radlk.		MELIACEAE
35. <u>Guarea turrialbana</u> J. León		MELIACEAE
36. <u>Guatteria tonduzii</u> Diels		ANNONACEAE
37. <u>Hampea appendiculata</u> Standley	Buriogre, Burio	BOMBACACEAE
38. <u>Hasseltia floribunda</u> H.B. & K.		FLACOURTIACEAE
39. <u>Inga densiflora</u> Benth. (<u>I.</u> <u>mollifoliola</u> Pittier)	Guava, Guavillo	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE
40. <u>Inga paterno</u> Harms	Paterno. Guava	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE
41. <u>Inga punctata</u> Willd.	Guajiniquil, Cuavo	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE
42. <u>Inga ruiziana</u> G. Don	Bribri	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE
43. <u>Inga sapindoides</u> Willd.	Bribri, Guavo	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE
44. <u>Inga tonduzii</u> Donn. Smith	Guavo peludo, Guavo	LEGUMINOSAE MIMOSOIDEAE
45. <u>Lacistema aggregatum</u> Rusby	Colpachi	LACISTEMACEAE
46.	Quizarrá	LAURACEAE

Cont. Cuadro 2

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre vulgar</u>	<u>Familia</u>
47. <u>Luehea seemannii</u> Planch. & Triana	Guácimo colorado, Guácimo	TILIACEAE
48. <u>Malpighia glabra</u> Linn.	Júpiter	MALPIGHIACEAE
49. <u>Mauria biringo</u> Tul.	Cirri amarillo	ANACARDIACEAE
50. <u>Mauria</u> af. <u>glauca</u> Donn. Sm.		ANACARDIACEAE
51. <u>Miconia borealis</u> Gleason	Uña de gato	MELASTOMACEAE
52. <u>Miconia elata</u> DC.	Uña de gato	MELASTOMACEAE
53. <u>Miconia laevigata</u> DC.	Uña de gato	MELASTOMACEAE
54. <u>Miconia matthaei</u> Naud.	Uña de gato, Caní llito	MELASTOMACEAE
55. <u>Miconia punctata</u> D. Don	Uña de gato	MELASTOMACEAE
56. <u>Mollinedia costaricensis</u> Donn. Sm.	Limoncillo	MONIMIACEAE
57. <u>Mosquitoxylum jamaicense</u> Krug & Urb.	Inchador	ANACARDIACEAE
58. <u>Nectandra</u> sp.	Quizarrá	LAURACEAE
59. <u>Nectandra</u> sp.	Quizarrá	LAURACEAE
60. <u>Nectandra concinna</u> Nees	Quizarrá, Colorado	LAURACEAE
61. <u>Nectandra globosa</u> Mez	Quizarrá, Aguacati llo	LAURACEAE
62. <u>Nectandra heydeana</u> Mez & F.D. Smith	Quizarrá	LAURACEAE
63. <u>Nectandra</u> af. <u>latifolia</u> Mez	Quizarrá	LAURACEAE
64. <u>Nectandra</u> af. <u>reticulata</u> Mez	Quizarrá	LAURACEAE
65. <u>Ocotea cernua</u> Mez	Quizarrá	LAURACEAE
66. <u>Ocotea dendrodaphne</u> Mez	Quizarrá	LAURACEAE
67. <u>Ocotea pedalifolia</u> Mez	Quizarrá, Quizarrá barcino	LAURACEAE
68. <u>Palicourea costa-ricensis</u> Benth. ex Oerst.		RUBIACEAE
69. <u>Piper arboreum</u> Aubl.	Cordoncillo	PIPERACEAE
70. <u>Piper</u> af. <u>barbulatum</u> C. DC.	Cordoncillo	PIPERACEAE
71. <u>Piper</u> af. <u>zacatense</u> C. DC.	Cordoncillo	PIPERACEAE
72. <u>Pouteria</u> af. <u>lucentifolia</u> (Standley) Bachni	Lechillo	SAPOTACEAE

Cont. Cuadro 2

<u>Nombre científico</u>	<u>Nombre vulgar</u>	<u>Familia</u>
73. <u>Pouteria unilocularis</u> (Donn. Smith) Baehni	Lechillo	SAPOTACEAE
74. <u>Protium copal</u> Engl.	Copal	BURSERACEAE
75. <u>Rheedia edulis</u> Planch. & Triana	Jorco	GUTTIFERAE
76. <u>Rollinia microsepala</u> Standley	Anonillo	ANNONACEAE
77. <u>Sapranthus palanga</u> R.E. Fries	Palanco	ANNONACEAE
78. <u>Sapium pittieri</u> Huber	Lechillo	EUPHORBIACEAE
79. <u>Simaruba amara</u> Aubl.	Acetituno, Olivo	SIMARUBACEAE
80. <u>Siparuna pauciflora</u> A. DC.	Limoncillo	MONIMIACEAE
81. <u>Sorocea</u> sp.	Lechillo	MORACEAE
82. <u>Sorocea pubivena</u> Hemsl.	Lechillo	MORACEAE
83. <u>Spondias mombin</u> Linn.	Jobo	ANACARDIACEAE
84. <u>Neea</u> -sp.		NYCTAGINACEAE
85. <u>Stemmadenia obovata</u> K. Schum.	Lechillo	APOCYNACEAE
86. <u>Swartzia panamensis</u> Benth.	Carboncillo	LEGUMINOSAE CAESALPINIODEAE
87. <u>Theobroma simiarum</u> Donn. Sm.	Cacao de montaña	STERCULIACEAE
88. <u>Trichilia</u> sp.		MELIACEAE
89. <u>Trophis racemosa</u> Urb.	Lechillo	MORACEAE
90. <u>Turpinia paniculata</u> Vent.		STAPHYLEACEAE
91. <u>Unonopsis pittieri</u> Saff.		ANNONACEAE
92. <u>Virola koschnyi</u> Warb.	Fruta dorada	MYRISTICACEAE
93. <u>Virola sebifera</u> Aubl.	Fruta dorada	MYRISTICACEAE
94. <u>Zanthoxylum elephantiasis</u> Macfad.	Lagartillo	RUTACEAE
95. <u>Zanthoxylum panamense</u> P. Wilson	Lagartillo	RUTACEAE
96. <u>Zanthoxylum procerum</u> Donn. Sm.	Lagartillo	RUTACEAE

3.3. Descripción del Experimento

El compartimento I del bosque, localizado en el sitio "Floren-
cia Sur", donde se realizó el estudio, tiene 9.67 Ha. de las cuales
se usaron 7.12 Ha. divididas en los siguientes rodales:

Rodal A : 1.52 Ha.

" B : 1.87 Ha.

" C : 1.79 "

" D : 1.94 "

TOTAL: 7.12 Ha.

Dentro de cada rodal se delimitaron dos parcelas permanentes, se
leccionadas después de un reconocimiento preliminar, buscando para su
ubicación una fracción del rodal lo más representativa posible de las
condiciones medias del bosque. Este método no aleatorio es el usual
en la ubicación de parcelas experimentales para estos fines, como lo
indican Schulz y Rodríguez (31).

Resultaron ocho parcelas en total, con un tamaño de 0.1 Ha. (25 x
40 m.) cada una, el cual se consideró adecuado, teniendo en cuenta el
tamaño de los árboles y el tipo de bosque. A cada parcela se le asig-
nó la misma letra del rodal correspondiente, seguida de los subíndices
1 y 2 para denotar las replicaciones.

3.4. Técnica de raleo y recolección de la información

Una vez delimitadas las parcelas se procedió a marcar los árbo-
les que tenían 5 y más centímetros de DAP, mediante una banda de pin-
tura color naranja a esa altura y asignándole luego un número de iden-
tificación, el cual se fijó en la corteza.

La primera medición de la circunferencia (marzo 1966), con precisión del milímetro, fue tomada para conocer el área basal inicial en cada una de las muestras. Para tal fin se utilizó cinta diamétrica. El paso siguiente consistió en la selección de los regímenes de raleo y determinación de los árboles a eliminar, procediendo de la siguiente manera:

Se estableció un régimen de retenciones por unidad de área, para futuro crecimiento, con base en el área basimétrica, para lo cual se fijó de manera arbitraria un valor de 30 m^2 por hectárea, estimando que esta área basal era elevada y podía considerarse como el máximo para un crecimiento mínimo. Con estos datos se proyectó la reducción de las densidades de las parcelas en cada rodal, siendo las cuotas siguientes las empleadas:

Rodal A : 80% de 30 m^2
" D : 60% " "
" B : 40% " "
" C : Testigo (sin ralear)

Estos tratamientos se asignaron aleatoriamente a las parcelas en las dos repeticiones. El principio básico que rigió la selección de los árboles a eliminar fué el de llegar al máximo posible de masa comercial por unidad de área para favorecer el desarrollo y crecimiento de los árboles de las especies de mayor valor comercial. El criterio seguido en orden de importancia fue:

1. Eliminar los árboles sin valor comercial que competían con los de especies comerciales.
2. Si los árboles comerciales se hacían competencia, eliminar el de

la especie de menor valor o el más defectuoso.

3. En lugares donde ocurrieran especies de ningún o muy bajo valor comercial, eliminar los árboles más defectuosos.
4. Eliminar aquellos árboles gruesos, tipo lobo (wolf) de poco valor comercial.

Antes de proceder al tratamiento de raleo al año siguiente (abril 1967), se midieron nuevamente las circunferencias de los árboles marcados y en la misma fecha que el inventario inicial. Estos datos se ordenaron en forma tabular en los registros de las parcelas correspondientes, anotando igualmente los cambios ocurridos en el transcurso del año, es decir, los árboles muertos o dañados (mortalidad natural) y los árboles que llegaron al diámetro límite mínimo de medición (ingresos). Estos nuevos datos permitirían hacer la comparación con el inventario inicial para ofrecer una idea sobre el crecimiento normal del bosque. Luego se anillaron los árboles a eliminar en cada parcela, removiéndole la corteza en una banda de aproximadamente 20 centímetros alrededor del tallo y a la altura del pecho, seleccionándolos según el criterio antes mencionado hasta dejar el área basal correspondiente a los regímenes previstos. Los árboles señalados para remoción pertenecían a varias clases diamétricas pero todos aquellos superiores a la clase III fueron señalados también. Una solución al 3% de un éster butírico 2,4,5-T en aceite diesel se aplicó entonces a cada árbol anillado.

A los seis meses se procedió a una revisión de las parcelas para controlar el efecto del envenenamiento y se encontró que los resultados eran satisfactorios, con sólo algunas excepciones en árboles gran

des. Estos fueron anillados otra vez y se les aplicó de nuevo el arboricida.

Con el fin de que las parcelas tratadas estuvieran libres de la influencia de las áreas no tratadas y evitar en lo posible efectos de borde, se aplicó el mismo tratamiento en el resto del rodal correspondiente.

La decisión en favor del anillamiento versus el corte, se tomó luego de analizar diversas alternativas, concluyendo que la aplicación del arboricida provocaría una muerte paulatina de los árboles y por consiguiente no se causaría daño a otros árboles o a la regeneración, como sería el caso con la corta; por otra parte, no se producirían cambios drásticos en las condiciones ambientales y los costos del tratamiento y de la mano de obra serían más bajos.

Las mediciones sucesivas de la circunferencia fueron realizados como se explicó más arriba, a intervalos de un año, tratando en lo posible de que fuera en la misma fecha, aunque hubo ligeras desviaciones. En esta ocasión se revisaban los linderos y número de identificación de los árboles, refrescando la pintura si era necesario y se registraban de nuevo los cambios que hubieran tenido lugar en el año anterior.

Es importante anotar que posteriormente no se efectuaron más raleos y los resultados que se presentan en este trabajo se refieren solamente a los efectos de aquel aplicado en 1967.

3.5. Análisis de la información

Los datos recolectados en el campo fueron procesados en dos eta-

pas: la primera se refiere a la conversión de datos primarios a medidas de expresión del crecimiento y la segunda, al análisis estadístico de las tendencias de las respuestas.

3.5.1. Estimación del crecimiento

Para el crecimiento anual periódico en área basal y en diámetro, los árboles de todas las especies comprendidas en el estudio se agruparon en clases diamétricas de grosor, en la siguiente manera:

<u>Clase de grosor</u>	<u>Clase diamétrica</u>	<u>Clase de circunf.</u>
0	5.0 - 9.9 cm.	15.7 - 31.3 cm.
I	10.0 - 19.9 cm.	31.4 - 62.7
II ₁	20.0 - 29.9	62.8 - 94.2
II ₂	30.0 - 39.9	94.3 - 125.6
III	40.0 - 59.9	125.7 - 188.4
IV	60.0 - 79.9	188.5 - 251.2
V	80.0 - 99.9	251.3 - 314.1
VI	100.0	314.2

Se determinó luego el área basal de cada árbol a partir de la circunferencia a la altura del pecho, utilizando tablas elaboradas para tal fin. En las planillas para el cálculo del crecimiento, el área basal promedio por clase de grosor antes y después del raleo se agrupó bajo los siguientes encabezamientos:

Masa al principio del período.- En esta denominación caen todos los árboles vivos con DAP igual o mayor al límite establecido de 5 cm., medidos en el primer inventario, o sea, en la iniciación del período de observaciones.

Masa al final del período.- Está formada por todos los árboles vivos con diámetro igual o superior al límite preestablecido, medidos en el último inventario. Además de los árboles registrados al comienzo y al final del período se incluye también en este grupo, todos aquellos que durante ese lapso de tiempo ingresaron en la masa por haber alcanzado el límite diamétrico de medición (ingresos), pero no incluye los que murieron durante el mismo (mortalidad natural).

Trasposos o Ingresos.- La primera denominación se refiere a todos aquellos árboles que debido a su crecimiento diamétrico durante el período, han pasado de una clase de grosor a la inmediatamente superior. De esta manera, para aquella clase de donde provienen será un traspaso y para aquella a donde llegan será un ingreso.

Mortalidad.- Comprende todos aquellos árboles que fueron medidos en el primer inventario o que ingresaron durante el período pero que no alcanzaron a llegar al final del mismo por haber muerto debido a causas naturales, tales como edad avanzada, ataque de insectos y enfermedades, etc.

Con base en los datos de masa al principio y al final del período (1967-1969), mortalidad, ingresos y trasposos, se calculó el crecimiento bruto en área basal por clase de grosor y para el total, utilizando la siguiente fórmula:

$$Y = M_f + A - M_i - I$$

donde:

Y = Crecimiento periódico bruto

M_f = Área basal al final del período

A = Mortalidad natural

M_1 = Area basal inicial

I = Ingresos

El procedimiento de cálculo ilustrado en la planilla que se presenta en el Cuadro 12 del Apéndice, se basó en la metodología europea que distingue entre ingresos, o sea, la entrada de árboles en una clase de grosor determinada desde la clase inmediatamente anterior, y los trasposos o árboles que salen de la clase en cuestión hacia la próxima superior.

Por este método se devuelven los trasposos a su clase original, permitiendo así calcular el incremento según la distribución diamétrica inicial. Se empieza el cálculo a partir de los ingresos de la clase de grosor más alta que se ha encontrado, la cual no presentará trasposos ya que no existe otra clase mayor. El área basal o volumen (según el caso) correspondiente al ingreso (número de árboles) en esa clase y que se encuentra en su margen inferior, se resta del incremento aparente ($M_f + A - M_1$). Con este ingreso a la clase superior se conoce inmediatamente el trasposo de la penúltima clase cuyo incremento verdadero es el incremento aparente más el trasposo a la clase superior, menos el incremento de la masa que ha ingresado desde la clase próxima inferior. De esta manera se continúa el cálculo hasta llegar a la primera clase de grosor a la cual se le restará el valor de la masa correspondiente al diámetro mínimo de los ingresos durante el período, luego del inventario inicial.

En esta forma se obtiene solamente el incremento de los árboles iniciales que es lo que realmente interesa cuando se relaciona con el efecto de algún tratamiento, como es el caso en el presente trabajo.

Es necesario indicar, sin embargo, que el método es aplicable cuando se quiere determinar el incremento en un período corto, pero a largo plazo ese incremento no debe dejar de tomar en cuenta los ingresos.

El crecimiento diamétrico se calculó para cada clase de grosor dividiendo el área basal inicial entre el número de árboles en cada una de ellas, calculando luego el diámetro correspondiente a esa área basal promedio; luego se sumó el incremento anual al área basimétrica original de la clase y se dividió nuevamente entre el número de árboles para encontrar así el diámetro promedio al final del período. La diferencia entre los dos diámetros corresponde al incremento medio anual en esa clase.

Se calculó también para cada clase de grosor y para el total los porcentajes de crecimiento anual tanto para el área basal como para el diámetro, refiriendo el incremento correspondiente al área basal o diámetro de la clase al principio del período.

3.5.2. Análisis de la respuesta a los tratamientos

La respuesta de los árboles a los tratamientos se expresó en términos de crecimiento absoluto y relativo, tanto el área basal como el diámetro, estudiando también el efecto de la clase de grosor sobre los mismos parámetros de crecimiento.

El análisis estadístico consistió en el ajuste de la curva de crecimiento en sus dos formas de expresión como función del régimen de raleo y también de la clase de grosor.

Las ecuaciones de ajuste utilizadas tienen la expresión polinomial de segundo orden, de la forma:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$$

donde:

Y = Variable de respuesta

b_0 = El punto de corte del eje de crecimiento por la curva cuando $x = 0$

b_1 = Tasa de incremento del crecimiento por unidad de variable independiente (clase de grosor y régimen de raleo).

b_2 = Tasa de cambio de b_1 .

Siendo la ecuación del tipo parabólico, fué posible obtener el máximo (mínimo) de la curva, procediendo a su cálculo en la forma usual, resolviendo la ecuación $\frac{d\hat{Y}}{dx} = 0$, la cual produce $x = -b_1/2b_2$.

Si $b_1 > 0$ y $b_2 < 0$, la ecuación tiene un máximo, y si $b_1 < 0$ y $b_2 > 0$, la ecuación tiene un mínimo. El valor del máximo (mínimo) se utiliza para localizar las clases de grosor o regímenes de raleo donde ocurre este cambio en la tendencia de la curva.

4. RESULTADOS

4.1. Crecimiento diamétrico y en área basal

En los Cuadros 6,7,8,9,10 y 11 del Apéndice se dan informaciones detalladas del crecimiento diamétrico y en área basal según clases de grosor y regímenes de raleo. En dichos Cuadros se indica el crecimiento periódico para la superficie muestral y el crecimiento anual por hectárea. Se ha incluido también el valor de la masa al principio y al final del período de crecimiento, la mortalidad y el número de árboles (con el número de especies a las cuales corresponden) en cada clase, que constituyen las informaciones básicas para los cálculos.

Los Cuadros 10 y 11 se han elaborado para tener una idea del crecimiento normal del bosque. El primero se basa en el promedio de todas las parcelas antes de la aplicación de los regímenes de raleo, haciendo la comparación de las mediciones de 1966 y 1967. El segundo concierne solamente a las repeticiones del testigo y se basa en las mediciones efectuadas durante todo el período de observaciones.

La distribución diamétrica que se observa en las parcelas no tratadas y que corresponde a la estructura inicial del bosque considerado en el experimento (Fig. 2), sigue una tendencia bastante regular en el número de individuos por clase de grosor, el cual disminuye casi en progresión geométrica de una clase a la próxima superior. Sin embargo, el número de árboles en cada una de las clases superiores, a partir de la clase III es muy reducido. En cuanto a las parcelas tratadas, la estructura del bosque fué alterada en mayor o menor grado, dependiendo del régimen de raleo y por consiguiente no podría usarse para apreciar algunas características importantes que atañen al bosque natural.

En todas las parcelas, la mortalidad está confinada aparentemente a las clases diamétricas más pequeñas, debido posiblemente a la competencia causada por la alta densidad del arbolado en los estratos más bajos.

El Cuadro 3 que sigue es un resumen de los resultados de los tratamientos, el cual se ha elaborado para facilitar la comparación de los efectos de cada uno de los regímenes de raleo sobre el crecimiento de los árboles en las diferentes clases de grosor.

CUADRO 3- RESUMEN DEL CRECIMIENTO BRUTO ANUAL POR HECTAREA SEGUN REGIMENES DE RALEO (1967-69)

Clase de Grosor cm	Regimenes de Raleo															
	40 %				60 %				80 %				100 % (TESTIGO)			
	Area Basal		Diámetro		Area Basal		Diámetro		Area Basal		Diámetro		Area Basal		Diámetro	
	Cm ²	%	Cm	%	Cm ²	%	Cm	%	Cm ²	%	Cm	%	Cm ²	%	Cm	%
0 5-9.9	1577.20	5.2	0.2	2.7	2602.80	7.9	0.2	2.8	1328.50	6.0	0.3	4.2	2050.10	6.6	0.3	4.1
I 10-19.9	5753.00	15.5	1.0	7.5	3697.70	7.3	0.5	3.5	5031.10	9.2	0.6	4.2	4101.10	7.1	0.5	3.5
II ₁ 20-29.9	6489.00	15.1	1.7	7.6	4117.40	6.7	0.8	3.2	9013.80	12.2	1.5	6.1	7076.50	13.1	1.5	6.2
II ₂ 30-39.9	4289.50	40.2	4.7	18.0	1127.40	4.4	0.7	2.1	5603.50	9.2	1.7	4.7	3782.10	4.6	0.9	2.5
III 40-59.9	3345.00	26.1	4.9	12.1	765.00	5.1	1.1	2.5	2608.70	6.4	1.3	3.1	1360.00	1.2	0.4	0.8
IV 60-79.9													645.20	1.3	0.5	0.6
V 80-99.9													-	-	-	-
VI 100- +													1064.00	0.7	0.5	0.4
Total	21453.70	20.4	2.5	9.5	12310.30	6.2	0.6	2.8	23585.60	8.6	1.0	4.4	20079.00	4.3	0.6	2.2

4.2. Crecimiento diamétrico y en área basal como función de la clase de grosor y régimen de raleo

Las relaciones existentes entre el crecimiento diamétrico y en área basal con la clase de grosor y el régimen de raleo, se presentan en forma de curvas ajustadas de acuerdo a un modelo polinomial de segundo grado, las cuales han sido graficadas. La bondad de ajuste de las curvas está dada por el coeficiente de determinación múltiple (R^2). Las ecuaciones correspondientes se presentan en el Cuadro 5 al final de este capítulo. Se hace notar que la interpretación de las relaciones causales están dadas por las ecuaciones que definen las curvas de tendencias.

4.2.1. Crecimiento diamétrico absoluto y relativo según clases de grosor

En la Fig. 3A se observa la tendencia de la respuesta del crecimiento absoluto en diámetro en función de la clase de grosor para cada régimen de raleo. Aparentemente existe diferencia en la tasa de incremento diamétrico por cada unidad adicional en la clase de grosor en los distintos tratamientos. En el régimen de raleo de 40% la tasa de crecimiento aumenta en la proporción de 0.172 cm. por cada unidad de aumento de 1 cm. en la clase de grosor (ver ecuación, Cuadro 5). Sin embargo este incremento no es proporcional al valor de la clase y aumenta solamente en dicha tasa hasta la clase V (conforme a la expectación teórica) donde parece que la influencia de la clase de grosor sobre dicho crecimiento es negativa. A partir de allí, es decir, para las clases mayores de 30 cm. el crecimiento diamétrico declina a razón de

0.001 cm. por cada aumento unitario en la clase de grosor.

En los otros regímenes de raleo (60%, 80% y 100%), las tasas de crecimiento diamétrico son más bajas a medida que aumenta la clase y comienzan a declinar más rápidamente en comparación con el de 40%. En los tratamientos de 40 y 60%, el crecimiento se mantuvo en aumento hasta una clase mayor y declinó también a una tasa menor a los otros regímenes. Hasta la clase III, el incremento de estos regímenes pareciera ser lineal.

En el testigo o sea, para las parcelas no tratadas (100%), el crecimiento en diámetro aumentó solamente hasta la clase II₁ (máximo = 29.4 cm.) y declinó también mucho más rápido que cualquier otro tratamiento. La tasa de disminución fué de 0.0019 cm. por unidad de clase.

Por otro lado, considerando el crecimiento diamétrico relativo en función de la clase de grosor y para cada uno de los regímenes de raleo (Fig. 3B), se observa en líneas generales la misma tendencia del crecimiento absoluto; sin embargo, el régimen de 60% aparentemente demuestra un decaimiento continuo en su tasa diamétrica para las clases de grosor de mayor orden. En el régimen de 40%, el porcentaje de crecimiento diamétrico aumentó hasta la clase III, a razón de 0.88% por cada centímetro de aumento en la clase diamétrica, pero la tasa de disminución fué bastante brusca a partir de esa clase.

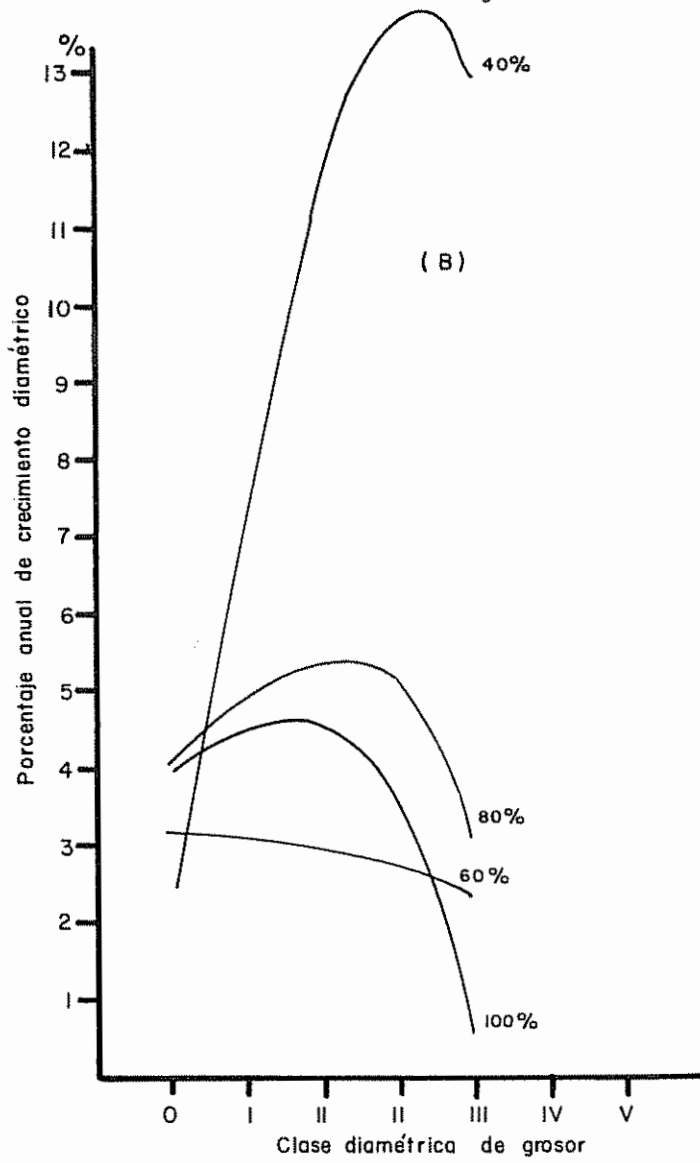
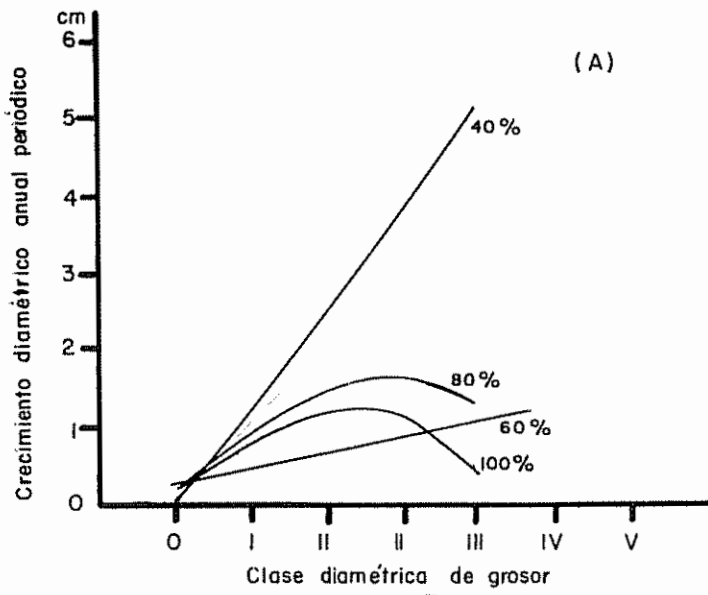


Fig. 3.- Curvas de crecimiento diamétrico en función de la clase de grosor

A: Crecimiento diamétrico anual periódico

B: Porcentaje anual de crecimiento diamétrico

4.2.2. Crecimiento diamétrico absoluto y relativo según regímenes de raleo

Las curvas de la Fig. 4A muestran la tendencia del crecimiento diamétrico anual periódico en función del régimen de raleo en cada clase de grosor, cuyo comportamiento es en forma de curvas decrecientes.

El incremento diamétrico se ve afectado negativamente por una mayor densidad del bosque, observándose dos comportamientos bien diferentes aunque similares en la tendencia. Las clases de grosor 0, I y II₁ demuestran ser bastante insensibles al raleo, mientras que la II₂ y la III fueron fuertemente afectadas, declinando bruscamente el crecimiento diamétrico a medida que la densidad aumenta.

El porcentaje de crecimiento diamétrico en las clases de grosor II₂ y III (Fig. 4B) disminuye aceleradamente desde el régimen de raleo más fuerte hasta el más leve, alcanzando sus mínimos en regímenes de 82.8 y 88.2% respectivamente, lo cual indica que el régimen menos fuerte no fué beneficioso al crecimiento relativo de esas clases.

Los porcentajes de crecimiento de las clases de grosor más pequeñas parecen no ser afectados en forma apreciable por los cambios en el régimen de raleo y por ejemplo se observa que la clase C tiende más bien a disminuir su crecimiento diamétrico cuando el raleo es más fuerte.

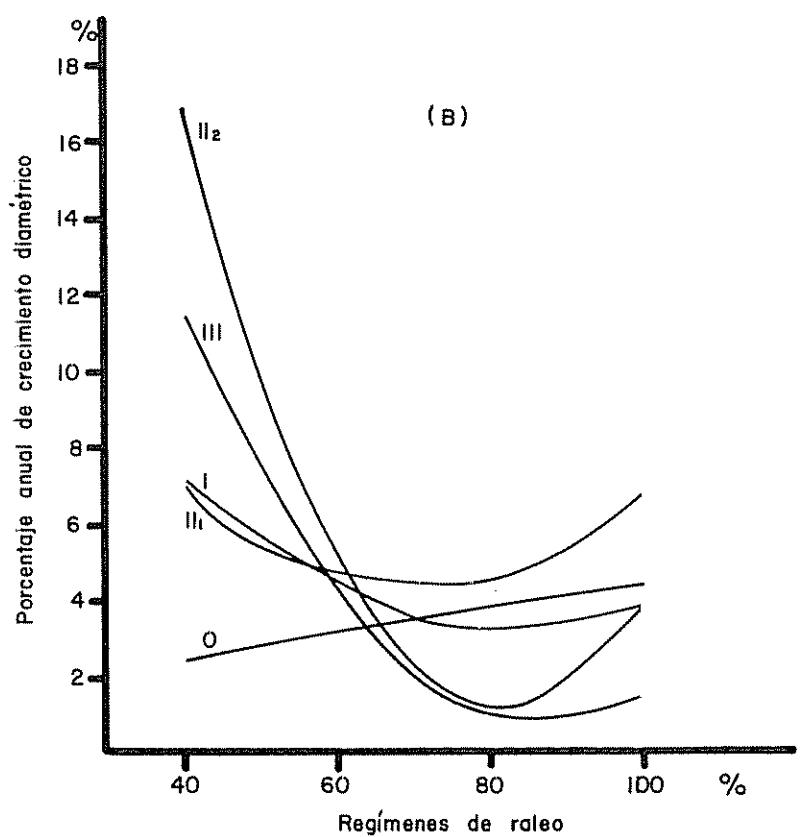
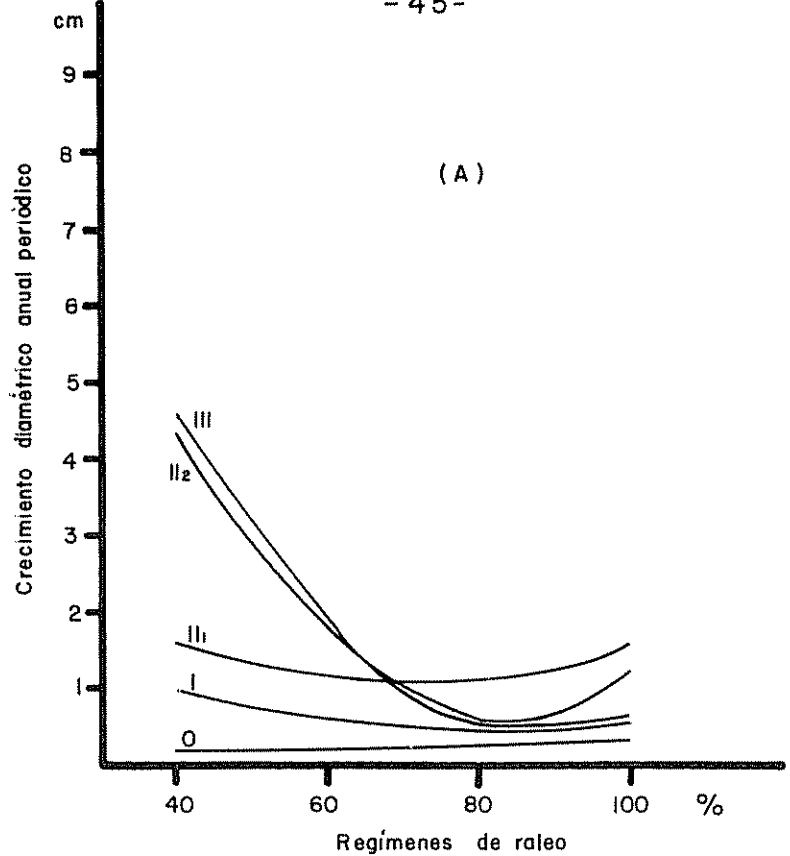


Fig. 4.- Curvas de crecimiento diamétrico en función del regimen de raleo :
A: Crecimiento diamétrico anual periódico
B: Porcentaje anual de crecimiento diamétrico

4.2.3. Crecimiento relativo del área basal en función del régimen de raleo y la clase de grosor

La relación del crecimiento relativo en área basal con la clase diamétrica de grosor, en la Fig. 5A, muestra una tendencia bien diferente entre el raleo más fuerte (régimen de 40%) y el grupo de 60-80 y 100%.

En el 1er. caso la tasa de crecimiento aumentó en forma acelerada a partir de la clase menor, en la proporción de 1.96% por cada centímetro adicional en la clase de grosor, siguiendo una tendencia casi lineal hasta la clase II₂ y alcanzando su máximo en la clase diamétrica de grosor III.

En el régimen de 60%, el porcentaje de crecimiento se mantuvo en descenso hasta llegar a la clase III pero según el valor esperado de la función correspondiente, alcanza su mínimo en el punto medio de esta clase (50.9 cm.), a partir del cual comienza a aumentar a medida que incrementa el valor de aquella, lo cual indicaría que este régimen de raleo tiene una influencia positiva en el crecimiento de las clases diamétricas más grandes.

Según se observa en esta gráfico, la influencia de la clase de grosor sobre el crecimiento relativo del área basimétrica en el régimen de 80% fué positiva solamente hasta la clase II₁, igual que para el testigo, aunque en este último, el crecimiento fué siempre menor y declinó más rápido que el primero.

Los gráficos de la Fig. 5B indican la tendencia del crecimiento en área basal como función del régimen de raleo. Las curvas asocia-

das a las clases de grosor I, II₁, II₂ y III presentan el mismo comportamiento de respuesta, aunque bien diferente en magnitud. Dentro de este grupo, las clases II₂ y III siguen el mismo ritmo de disminución a medida que el régimen aumenta, ocurriendo el mínimo crecimiento alrededor del régimen de 80%, en tanto que las curvas que describen las clases II₁ y I, aunque también descienden, presentan diferentes tasas de disminución.

Por otro lado, la clase de grosor 0, aparentemente se muestra bastante insensible a los cambios del régimen.

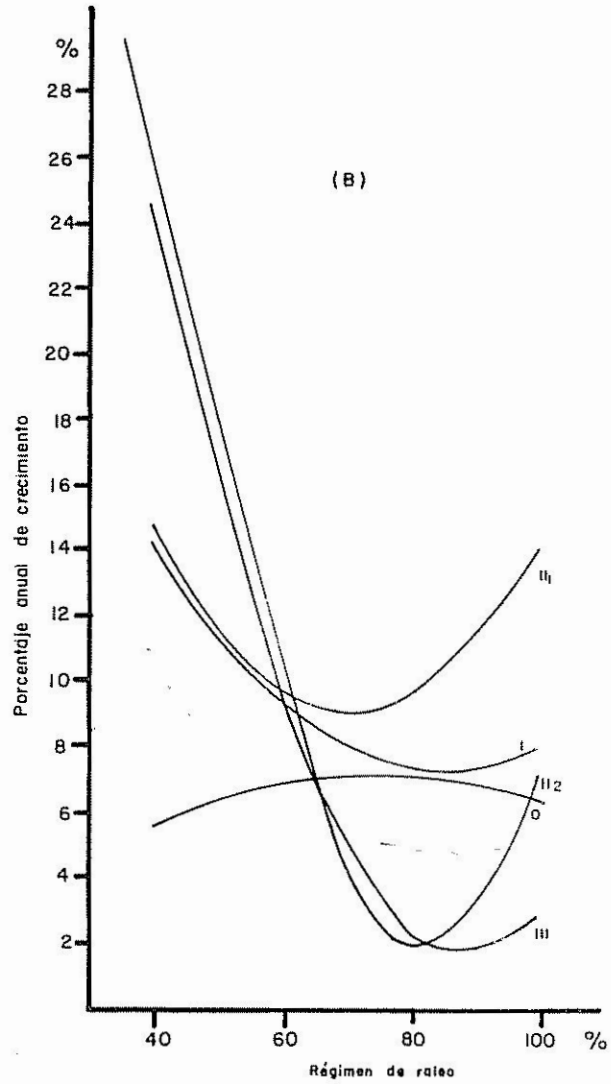
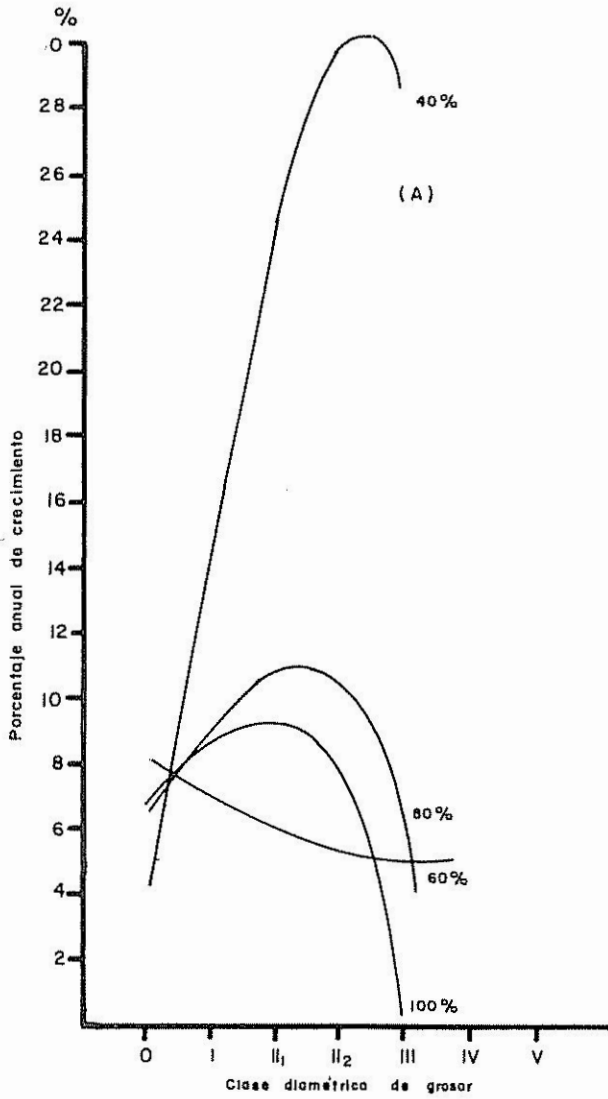


Fig. 5.- Porcentaje anual de crecimiento del área basimétrica:

- A: En función de la clase de grosor
- B: En función del régimen de raleo

4.3. Crecimiento diamétrico de algunas especies de valor comercial

Se indican a continuación las especies forestales de mayor valor comercial, para las cuales se ha calculado su crecimiento anual en diámetro. Todas las especies de un mismo género se han agrupado y se ha calculado también el crecimiento anual promedio para todas en conjunto.

Cuadro 4. Crecimiento anual diamétrico (cm) de las especies forestales de valor comercial, según clase de grosor y régimen de raleo (1967-1969)

<u>Nectandra spp.</u> (44 árb.)					<u>Ocotea spp.</u> (55 árb.)				
<u>Clase Ø</u>	<u>Régimen de raleo</u>				<u>Clase Ø</u>	<u>Régimen de raleo</u>			
	40%	60%	80%	100%		40%	60%	80%	100%
0	0.47	0.43	0.43	0.20	0	0.25	0.44	0.18	0.13
I	0.55	0.45	0.70	0.44	I	0.98	0.45	0.97	0.29
II ₁	0.85	-	1.20	0.60	II ₁	-	-	0.77	-
II ₂	1.10	-	-	0.27	II ₂	-	-	-	1.60
III	-	-	1.30	0.97	III	2.60	-	1.10	3.20

<u>Virola spp.</u> (109 árb.)					<u>Spondias mombin</u> (5 árb.)				
	<u>Régimen de raleo</u>					<u>Régimen de raleo</u>			
	40%	60%	80%	100%		40%	60%	80%	100%
0	0.33	0.32	0.07	0.30	0	-	0.15	0.20	-
I	0.90	0.91	0.67	0.44	I	0.35	-	-	-
II ₁	1.19	1.15	0.96	0.90	II ₁	-	0.65	0.85	-
II ₂	1.00	0.97	0.55	0.60					
III	-	-	0.60	0.70					

Cont. Cuadro 4.

<u>Guarea spp.</u> (14 árb.)					<u>Amyris sp.</u> (13 árb.)				
	<u>40%</u>	<u>60%</u>	<u>80%</u>	<u>100%</u>		<u>40%</u>	<u>60%</u>	<u>80%</u>	<u>100%</u>
0	0.21	0.19	0.40	0.25	0	-	0.55	-	0.20
I	0.25	0.65	-	-	I	0.53	0.41	-	0.55
II ₁	-	-	-	-	II ₁	1.15	0.34	-	1.25

<u>Trichilia sp.</u> (9 árb.)					<u>Rollinia microsepala</u> (37 árb.)				
	<u>40%</u>	<u>60%</u>	<u>80%</u>	<u>100%</u>		<u>40%</u>	<u>60%</u>	<u>80%</u>	<u>100%</u>
0	0.65	0.17	0.02	0.02	0	0.14	0.05	0.20	2.20
					I	0.13	-	0.35	0.30
					II ₁	0.60	0.25	-	2.00
					II ₂	-	-	1.05	1.30
					III	-	-	0.40	1.70
					IV	-	-	-	1.40

<u>Cordia alliodora</u> (10 árb.)					<u>Castilla costaricana</u> (25 árb.)				
	<u>40%</u>	<u>60%</u>	<u>80%</u>	<u>100%</u>		<u>40%</u>	<u>60%</u>	<u>80%</u>	<u>100%</u>
0	-	-	-	-	0	-	-	-	0.24
I	-	0.22	-	1.40	I	0.75	0.45	0.12	0.26
II ₁	0.55	0.92	-	0.37	II ₁	-	0.10	0.35	-
II ₂	-	-	0.70	-					

Crecimiento diamétrico anual promedio para todas las especies comerciales según clase de grosor y régimen de raleo:

<u>Clase \emptyset</u>	<u>40%</u>	<u>60%</u>	<u>80%</u>	<u>100%</u>
0	0.34	0.28	0.21	0.44
I	0.55	0.50	0.56	0.52
II ₁	0.86	0.57	0.82	1.02
II ₂	1.05	0.97	0.76	0.94
III	2.60	-	0.85	1.64
IV	-	-	-	1.40

Si se desea conocer el número de años que permanece una especie en una clase diamétrica determinada, se divide el rango de la clase por el crecimiento medio anual diamétrico. Por ejemplo, si se necesita conocer cuántos años deberá esperarse para alcanzar un diámetro de 40 cm. en la especie Virola sp. en las condiciones del sitio de Florencia Sur, se procede de la siguiente manera:

<u>Clase diamétrica (cm.)</u>	<u>Crec. anual diamétrico cm.*</u>	<u>Rango Crec. \emptyset</u>	<u>Número de años en la clase</u>
0 (5-9.9 cm.)	0.30	5/0.30	16.6
I (10-19.9 cm.)	0.44	10/0.44	22.7
II ₁ (20-29.9 cm.)	0.90	10/0.90	11.1
II ₂ (30-39.9 cm.)	0.60	10/0.60	<u>16.6</u>
			TOTAL:67.0 años

Debido a que las especies del bosque mixto tropical se distribuyen en forma muy irregular, es difícil establecer una comparación del efecto de diferentes regímenes de raleo sobre el crecimiento de especies individuales. Cuando ocurren en algunas parcelas pueden no aparecer en otras. Por tal motivo es recomendable al efectuar este tipo de investigaciones, con miras a seleccionar una densidad óptima que favorezca el crecimiento de las especies más valiosas, agrupar todas estas y analizar su respuesta al crecimiento, considerándolas en con-

* en parcelas testigo

junto y no individualmente. Por otra parte, aunque no existe hasta ahora una metodología de raleo definida que haya probado su aplicabilidad en el bosque tropical, parece que el énfasis debe estar en la densidad que se dejará en cada clase de grosor y en la proporción de cada especie, hasta lograr el régimen de raleo establecido.

4.4. Consideraciones adicionales sobre el crecimiento

En la Fig. 6 se ilustran las relaciones del crecimiento diamétrico y en área basal con la clase de grosor para el bosque antes del raleo (promedio de las 8 parcelas utilizadas) con base en los registros de un año (1966-1967) de observaciones y para las repeticiones de la parcela testigo, durante un período de 3 años, o sea, desde la iniciación del experimento.

La tendencia de las curvas en ambos casos, es prácticamente la misma. Tomando la parcela C como ejemplo se observa que el porcentaje anual de crecimiento en área basal (Fig. 6A), disminuyó casi linealmente al aumentar el diámetro hasta la clase de grosor IV, al igual que el crecimiento diamétrico relativo (Fig. 6C), pasando de 7.9% a 0.79% desde la clase 0 hasta la V (en la parcela C.).

La tasa de crecimiento diamétrico absoluto aumenta desde la clase 0 hasta la III en la proporción de 0.0177 cm. por cada unidad de aumento de 1 cm. en la clase de grosor, llegando a un crecimiento máximo en esta última, a partir de la cual el ritmo de disminución se comportó en forma aproximadamente lineal. La tendencia a disminuir se explica en gran parte por el hecho de que sólo existe 1 árbol en cada una de las clases IV y VI (ver Cuadros 10 y 11), los cuales contribuyeron muy poco o nada al crecimiento y en la clase V no se encuentra ninguno.

Por otra parte, como se trata de un bosque secundario poco denso, al haber más luz, los árboles jóvenes han tenido más oportunidad de crecimiento que los árboles más viejos.

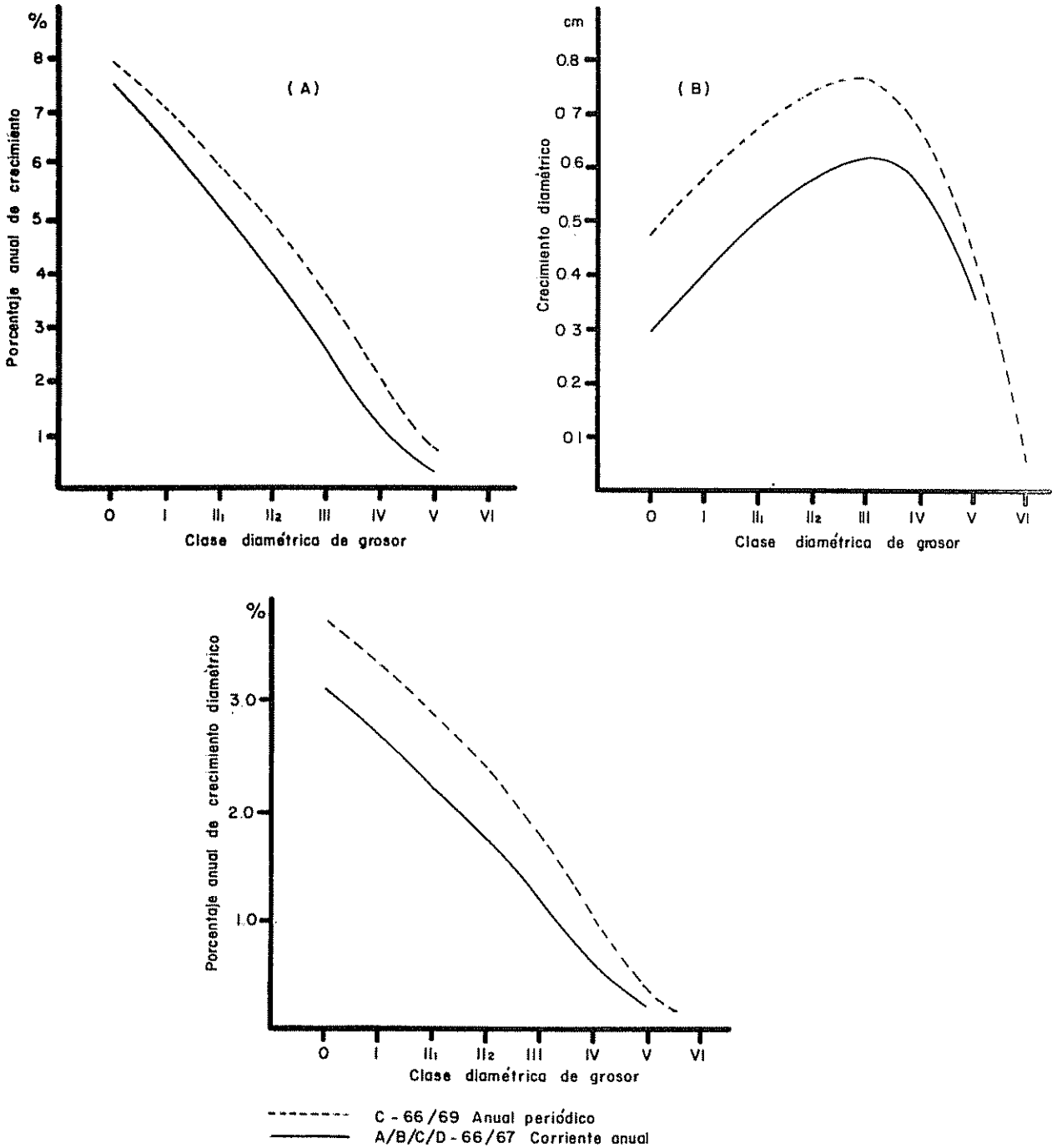


Fig. 6 - Crecimiento diamétrico y en área basal, en función de la clase de grosor

- A: Porcentaje anual de crecimiento del área basal
- B: Crecimiento diamétrico absoluto
- C: Porcentaje anual de crecimiento diamétrico

Cuadro 5. Relación entre el crecimiento diamétrico y en área basal con la clase de grosor y el régimen de raleo.

Característica.	Ecuación $\hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2X^2$	Máx.	Mín.	$R^2 \times 100$	Ref. Fig.
Régimen de raleo	x= Clase de grosor y= Crec. \emptyset absol.				
40%	$\hat{Y} = -1.2216 + 0.1717X - 0.000879X^2$	97.6		90.3	3A
60%	$\hat{Y} = 0.0487 + 0.0302X - 0.000202X^2$	74.7		89.6	"
80%	$\hat{Y} = -0.6005 + 0.1219X - 0.001663X^2$	36.6		93.3	"
100%	$\hat{Y} = -0.4719 + 0.1116X - 0.001897X^2$	29.4		72.8	"
Régimen de raleo	x= Clase de grosor y= Tasa de crec. \emptyset en %				
40%	$\hat{Y} = -3.6058 + 0.8841X - 0.010981X^2$	40.2		73.7	3B
60%	$\hat{Y} = 3.1545 - 0.0026X - 0.000285X^2$	-		34.7	"
80%	$\hat{Y} = 2.7130 + 0.2045X - 0.003951X^2$	25.8		74.5	"
100%	$\hat{Y} = 2.8110 + 0.1813X - 0.004518X^2$	20.0		67.2	"
Clase de grosor	x= Régimen de raleo y= Crec. \emptyset absol.				
0	$\hat{Y} = 0.1100 + 0.002000X$	-		80.0	4A
I	$\hat{Y} = 2.2400 - 0.0420X + 0.000250X^2$		84.0	81.1	"
II ₁	$\hat{Y} = 3.8150 - 0.0782X + 0.000563X^2$		69.4	43.4	"
II ₂	$\hat{Y} = 14.4400 - 0.3320X + 0.002000X^2$		83.0	77.5	"
III	$\hat{Y} = 14.5550 - 0.3202X + 0.001813X^2$		88.3	89.3	"
Clase de grosor	x= Régimen de raleo y= Tasa de crec. \emptyset en %				
0	$\hat{Y} = 0.9400 + 0.0455X - 0.000125X^2$		-	80.1	4B
I	$\hat{Y} = 17.7050 - 0.3452X + 0.002063X^2$		83.6	83.0	"
II ₁	$\hat{Y} = 18.6050 - 0.4002X + 0.002813X^2$		71.1	50.2	"
II ₂	$\hat{Y} = 59.8650 - 1.4182X + 0.008563X^2$		82.8	84.0	"
III	$\hat{Y} = 36.3550 - 0.8052X + 0.004563X^2$		88.2	88.9	"

Cont. Cuadro 5.

Característica.	Ecuación $\hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2X^2$	Máx.	Mín.	$R^2 \times 100$	Ref. Fig.
Régimen de raleo	x= Clase de grosor y= Crec. del área basal en %				
40%	$\hat{Y} = -9.0772 + 1.9638X - 0.024166X^2$	40.6		70.4	5A
60%	$\hat{Y} = 9.3162 - 0.1751X + 0.001718X^2$		50.9	83.4	"
80%	$\hat{Y} = 2.6049 + 0.5975X - 0.010570X^2$	28.2		85.5	"
100%	$\hat{Y} = 3.2739 + 0.5386X - 0.011868X^2$	22.6		65.4	"
Clase de grosor	x= Régimen de raleo y= Crec. del área basal en %				
0	$\hat{Y} = -0.1550 + 0.1952X - 0.001313X^2$	74.3		35.1	5B
I	$\hat{Y} = 34.7050 - 0.6502X + 0.003813X^2$		85.2	78.5	"
II ₁	$\hat{Y} = 37.5250 - 0.8162X + 0.005813X^2$		70.2	55.8	"
II ₂	$\hat{Y} = 136.1000 - 3.2400X + 0.019500X^2$		83.0	85.9	"
III	$\hat{Y} = 78.8400 - 1.7495X + 0.009875X^2$		88.5	88.8	"
	x= Clase de grosor y= Crec. del área basal en %				
	$\hat{Y} = 8.7172 - 0.1619X + 0.000763X^2$		106.0	87.7	6A(*)
	$\hat{Y} = 8.8850 - 0.1278X + 0.000421X^2$		151.7	66.5	6A(**)
	x= Clase de grosor y= Crec. Ø absol.				
	$\hat{Y} = 0.17812 + 0.0177X - 0.000174X^2$	50.8		74.1	6B(*)
	$\hat{Y} = 0.3571 + 0.0177X - 0.000185X^2$	47.8		28.1	6B(**)
	x= Clase de grosor y= Crec. Ø en %				
	$\hat{Y} = 4.1953 - 0.0552X + 0.000146X^2$		189.0	63.5	6C(**)
	$\hat{Y} = 3.5814 - 0.0599X + 0.000252X^2$		188.8	38.8	6C(*)

(*) A/B/C/D/-66/67 corriente anual

(**) C-66/69 anual periódico

5. DISCUSION

Las investigaciones sobre regímenes de raleo permiten determinar el rango de densidades para el cual la producción se acerca al máximo. Cuando el raleo se efectúa a tal punto que, la densidad del bosque llega cerca del límite inferior de este rango, el forestal está concentrando el crecimiento sobre un número menor de árboles, con un sacrificio mínimo de la producción total, con miras a acercarla al máximo y reducir el ciclo de corta.

Los resultados encontrados en esta investigación, aunque basados en un corto período de observaciones, permiten conocer las tendencias de las relaciones entre las tasas de crecimiento en diámetro y área basal por clase de grosor y unidad de área, al ser sometido el bosque a una reducción gradual de su densidad. Esto es de gran significado en la práctica silvicultural, especialmente para el bosque disetáneo, cuyo crecimiento puede predecirse con considerable exactitud, según anota Buell (4) a partir de la distribución diamétrica al comienzo del período de crecimiento.

El régimen de raleo mostró tener un efecto diferencial sobre el crecimiento diamétrico en las diferentes clases de grosor. El régimen más bajo de 40%, correspondiente a la menor densidad del bosque, aparentemente estimuló un mayor crecimiento en todas las clases, lo cual sugiere que con menores densidades del bosque es posible aumentar las tasas de crecimiento hasta clases diamétricas mayores, observándose siempre que cuando la densidad disminuye, los árboles toman más ventaja en el crecimiento que el testigo.

Los árboles de las parcelas testigo cesaron su crecimiento diamétrico en las clases menores, debido tal vez a la intensa competencia por los factores ambientales que influyen en el crecimiento, provocada por una alta densidad. El régimen de 60% permitió prolongar el crecimiento por más tiempo que el de 80% aunque este estimuló más las clases inferiores. Esto podría ser debido a que los árboles de los pisos más bajos que no han podido crecer por falta de luz, reaccionan rápidamente a un ligero aumento de esta, con lo cual se estimula el crecimiento diamétrico. El crecimiento en diámetro estaría asociado por consiguiente, al desarrollo de la copa, lo cual es confirmado también por Loetsch (23) y Laar (19). En cambio, los árboles más grandes no reaccionan tanto a la mayor incidencia de la luz facilitada por el raleo, sino más bien a la mejor oportunidad provocada por la menor competencia por los nutrientes y la humedad del suelo.

La tasa de incremento diamétrico relativo mostró tendencia a aumentar desde las pequeñas hasta las medianas clases de grosor en estudio con los regímenes de 40% y 80%, lo cual indicaría que hasta cierto límite diamétrico, los árboles más grandes crecen más que los pequeños, siendo esta tasa de aumento estimulada cuando el raleo es más fuerte.

Los regímenes de 40% y 60% que corresponden a las menores densidades en experimento (12 y 18 m²/ha.) aunque ambos favorecen el crecimiento diamétrico absoluto hasta altas clases de grosor, lo hacen en proporciones diferentes, presentando el primero una tasa relativa de disminución más acelerada.

Lo arriba apuntado sugiere que un raleo moderado permite extender el crecimiento hasta mayores clases de grosor en comparación con el raleo leve y los testigos y quizás hasta un límite más allá de lo permitido por un raleo fuerte, pero las tasas de crecimiento permanecen siempre bajas en casi todas las clases.

Si el enfoque del análisis fuera confinado a detectar el comportamiento en crecimiento diamétrico de una clase de grosor determinada, se observa que cuando se producen cambios graduales en la densidad del bosque, disminuyéndola cada vez más, aparentemente sólo hay respuesta favorable a partir de las clases de grosor de tamaño mediano (30 cm. de diámetro). Las clases más pequeñas mantuvieron casi el mismo ritmo de crecimiento en los diferentes regímenes de raleo pero con tendencia a aumentar con densidades menores al régimen de 40%, siendo este último el que más estimuló el crecimiento dentro del rango estudiado. Esto implicaría que si el deseo es lograr el mayor crecimiento de los árboles más jóvenes, es necesario efectuar raleos aún más fuertes que el de 40%, buscando el punto de densidad óptima que corresponda al máximo crecimiento.

Si se considera el crecimiento relativo del área basal por clase de grosor, se puede afirmar por lo menos en esta etapa del estudio, que este se ve favorecido ampliamente con los raleos más fuertes. Por ejemplo, cuando se dejó 12 m² de área basal por hectárea (régimen de 40%), la tasa de incremento aumentó en forma muy rápida con el aumento de la clase, logrando valores más altos que los otros regímenes.

De los resultados se desprende que todavía existe la posibilidad de ralear a un régimen más bajo que el 40%, sin perjuicio de disminuir

el crecimiento por unidad de área, lo cual se podría explicar por las mejores condiciones ofrecidas a todos los árboles: más luz y menos competencia por los elementos nutritivos.

En el otro extremo, el raleo más leve (régimen de 80%) permitió, en comparación con el testigo, una tasa mayor de crecimiento relativo del área basal en todas las clases, pero la diferencia no es muy significativa, siendo también hasta cierto límite este crecimiento, proporcional al tamaño de la clase. Por lo que se puede inferir, estos raleos leves benefician más a los árboles pequeños que a los grandes.

El régimen de 60% parece favorecer el crecimiento del área basal solamente en árboles grandes, posiblemente debido a que al producirse un cambio brusco en la cantidad de luz que llega a los árboles de los pisos inferiores, sin lograr aún una disminución en su competencia por los nutrientes, humedad, etc. éstos no reaccionan favorablemente y tienden a estancar su crecimiento. En cambio, los más grandes se han liberado de muchos competidores y pueden desarrollarse mejor.

Por otra parte, aunque el crecimiento en áreas basimétrica por unidad de área no varió apreciablemente dentro del rango de regímenes de raleo en estudio, parece que el de 60% influyó en la disminución del crecimiento, lo cual podría atribuirse a su poco efecto en el crecimiento de las pequeñas clases de grosor que son las que contienen el mayor número de árboles.

El comportamiento de las clases individuales de grosor al disminuir la densidad del bosque fué más notable en las clases mayores, mostrando un crecimiento cada vez más alto del área basimétrica cuando

los raleos pasaron de moderados a intensos.

En líneas generales puede decirse que el raleo leve, en el bosque disetáneo, estimula más el crecimiento de los árboles pequeños que el de los grandes, un raleo moderado es más benéfico para los árboles de mayores dimensiones y un raleo fuerte es beneficioso para todas las clases de grosor.

Es de importancia anotar que el mejor crecimiento en área basal que se obtiene por unidad de área con un cierto régimen de raleo, no implica necesariamente que el incremento en volumen sea el óptimo cuando el bosque se somete a ese régimen. Esto podría ser deducido a partir de la fórmula dada por Assmann (1) y que se expresa a continuación:

$$I_v = I_{AB} \cdot F_{hf} + I_{Fh} \cdot AB_i$$

donde:

I_v = Incremento en volumen durante el período

I_{AB} = Incremento en área basal por unidad de área durante el período

F_{hf} = Factor de altura final (en metros) (= factor de forma x altura final de los árboles)

I_{Fh} = Incremento del factor de altura durante el período (en metros).

AB_i = Área basal inicial por unidad de área.

En caso de que dos rodales, localizados en sitios diferentes, tengan F_{hf} y I_{Fh} iguales y un crecimiento en área basal también igual, aquel que tiene un área basal inicial más grande, o sea, el que se ha raleado más leve, tendrá el mayor crecimiento en volumen.

6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en esta investigación se derivan las siguientes conclusiones:

1. La metodología empleada para estimar el crecimiento del bosque probó ser funcional y práctica.
2. Aunque la investigación se basó en un período de observaciones relativamente corto, se nota un efecto diferencial bien marcado del régimen de raleo sobre el crecimiento del bosque.
3. El régimen de raleo de 40% condujo al mayor crecimiento del área basal por unidad de superficie.
4. La contribución de los árboles de cada clase diamétrica al crecimiento está muy influenciada por el régimen de raleo, obteniéndose el mayor crecimiento en todas las clases con regímenes menores de 60%.
5. Los árboles de las clases diamétricas mayores de 30 cm. mostraron ser más sensibles a los cambios del régimen de raleo, en comparación con las clases más pequeñas, aumentando su crecimiento a un ritmo más acelerado a medida que aumenta la intensidad del raleo.

7a. RESUMEN

En este estudio se ha efectuado un análisis del efecto del régimen de raleo en el crecimiento diamétrico y en área basal de un bosque de sucesión secundaria, localizado en terrenos del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA en Turrialba, Costa Rica.

El bosque está comprendido dentro de la formación Bosque muy húmedo de premontano.

Los datos básicos, tomados durante el período 1966-1969, se obtuvieron de mediciones anuales en las parcelas de muestreo delimitadas. Dichas parcelas recibieron 4 diferentes regímenes de raleo, con base en el área basimétrica, habiéndose fijado un valor de 30 m² por hectárea, a partir del cual se proyectó la reducción de las densidades, de la siguiente manera:

Rodal A. 80% de 30 m²
D: 60% " "
B: 40% " "
C: Testigo (100%)

El crecimiento bruto, definido como la diferencia en área basal de los árboles vivos medidos a partir de un límite diamétrico establecido, al comienzo y al final del período de observaciones, incluyendo los que murieron en ese transcurso, fué calculado por clase diamétrica y unidad de área en cada régimen de raleo. El método de cálculo se basó en la metodología europea que distingue entre ingresos y trasposos dentro de clases, permitiendo calcular el incremento según la distribución diamétrica inicial.

Se establecieron ecuaciones de regresión del tipo parabólico que relacionan el régimen de raleo y clase de grosor con el crecimiento, a partir de las cuales se hizo el análisis e interpretación de los resultados.

Las clases de grosor tuvieron efectos en la tasa de incremento diamétrico y en área basal en los distintos regímenes de raleo, ocurriendo el crecimiento más alto en las parcelas que se ralearon al régimen de 40%. El régimen de raleo más leve (80%) favoreció principalmente las pequeñas clases de grosor, siendo su efecto poco significativo en las clases superiores. Por otro lado, el régimen de 60% permitió prolongar el crecimiento de las clases de grosor de orden superior pero su efecto sobre las clases pequeñas fué muy reducido, por lo cual el crecimiento total por unidad de área fué más bajo que en los otros tratamientos.

Finalmente se pudo concluir que el régimen de raleo en un bosque irregular tiene un gran efecto sobre el crecimiento de las clases individuales de grosor y sobre la producción por unidad de área. Cuando ese régimen está en el límite inferior del rango de densidades para el cual el crecimiento total es casi invariable, se puede lograr la mayor producción, según se colige por los resultados obtenidos con el régimen de 40%

7b. SUMMARY

The purpose of this study was to analyze the effect of various thinning regimes on the increment in basal area of a secondary forest located at the Interamerican Institute of Agricultural Sciences, Turrialba, Costa Rica.

According to Holdridge's life zone classification, this forest belongs to the "very humid premontane ecological formation".

From 1966-1969, yearly measurements were taken in sample plots in which three different thinning regimes had been applied. A fourth treatment (control) consisted in sample plots in which there was no thinning.

The thinning regimes were based on the average basal area of 30 m²/ha. which existed in the plots in 1966. The thinning regimes applied were:

- Plot A: 30% of 30 m²
- Plot D: 60% of 30 m²
- Plot B: 40% of 30 m²
- Plot C: Control (100%)

Each treatment was replicated twice.

The gross increment was defined as the difference between the basal area of the living trees with 5 cm diameters or more at the beginning and end of the observation period, including the trees which died during the time, and it was calculated according to the diameter class and unit area for each one of the different thinning regimes. The method of calculation was based in the European methodology, which takes

into account the trees growing in the diameter class as well as those which reach the next one. Such methodology permits the calculation of the increment according to the initial diameter distribution. Applied were regression equations of the parabolic type, which related the thinning regimes and the diameter classes with the growth measurements (diameter and basal area).

Diameter classes affected the rate of the diameter increment and the basal area of the different thinning regimes. The highest increment was found in the plots where a 40% thinning regime was applied. The 80% thinning regime seemed to have a positive effect on the lower diameter classes, but the effect was less significant in the classes with larger diameters. On the other hand, the 60% thinning regime made possible the prolongation of growth, particularly in the higher diameter classes; but its effect on the lower classes was minimal. This fact might explain why the total growth per unit area was lower here than in other regimes.

Finally, it can be concluded that in a irregular forest the thinning regime has a great effect on the growth of the individual diameter classes and on the production per unit area. When the thinning regime is in the lower limit of the density range where the total growth is almost constant, then the greatest production can be obtained with the thinning regime of 40%.

LITERATURA CI ENDA

1. ASSMANN, E. Wald ertrags kunde. Organische Produktion Struktur. Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München, Verlagsgesellschaft, 1961. 490 p.
2. BEEKHUIS, J. The prediction of yield and increment for thinned Pinus radiata in New Zealand. In Brown, G.S., comp. Pruning and thinning practice in New Zealand. Wellington, New Zealand Forest Service, 1963. pp. 36-43.
3. BONILLA, J. A. y BOTTAZZI, J.A. Primera contribución dasométrica. Evaluación de los rendimientos del pino marítimo en la zona de Carrasco. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Boletín Departamento Forestal no. 9. 1964. 20 p.
4. BUELL, J. H. The prediction of growth in uneven-aged timber stands on the basis of diameter contributions. Durham, Duke University, School of Forestry. 1945. 70 p.
5. DAVIS, K. Establishment report. Coffey creek Latin square thinning plot. Idaho, Northern Rocky Mountain Forest & Range Experiment Station. Mt-102 thinning study. 1935. 27 p.
6. DE VILLIERS, P. C. et al. The silviculture and management of exotic conifer plantations in South Africa. Forestry in South Africa (1):13-28. 1961.
7. EDWARDS, J.P. Growth of malayan forest trees, as shown by sample plot records 1915-1928. Singapore, Printers, 1930. 151 p. (Malayan Forest Records no. 9).
8. FERNANDEZ, A. E. Observaciones sobre crecimiento de álamos en la Estación Forestal del Paraná Mni. Folletos Técnicos Forestales (Argentina) (10):6-11. 1960.
9. GILMOUR, J. Pathological aspects of thinning and pruning. In Brown, G.S., comp. Pruning and thinning practice in New Zealand. Wellington, New Zealand Forest Service, 1963. pp. 47-49.
10. GRUT, H. Comparison of various rotations and thinning programmes for Pinus patula on site index 75. Forestry in South Africa (4):67-77. 1964.
11. GUINAUDEAU, J. L'accroissement journalier du pin marítimo, en diamètre, dans deux stations de la région Landaise en 1966. Mémoires de la Société Botanique de France. 1966:165-171. 1968.

12. HARDY, F. The soils of the I.A.I.A.S. areas. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1961. 74 p. (mimeo.)
13. HAWLEY, R. C. y SMITH, D. L. The practice of silviculture. New York, Wiley, 1954. 525 p.
14. NILEY, W. E. Economics of thinning. In _____. Economics of plantations. London, Faber and Faber, 1956. pp. 99-145.
15. HOLDRIDGE, L. R. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105(2727):367-368. 1947.
16. HUSCH, B. Forest mensuration and statistics. New York, Ronald Press, 1963. 474 p.
17. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA. Resumen de datos meteorológicos, desde la iniciación de observaciones 1944 hasta diciembre 31, 1968. Turrialba, Costa Rica, 1969. 1 p.
18. JOHNSTON, D. R., GRAYSON, A. J. y BRADLEY, R. T. Forest planning. London, Faber and Faber, 1967. 541 p.
19. LAAR, A. VAN. The influence of stand density on crown dimensions of Pinus radiata D. Don. Forestry in South Africa (3):133-142. 1963.
20. LANPRECHT, H. Unos apuntes sobre el principio del rendimiento sostenido en la Ley Forestal y de aguas venezolana. Boletín de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes (Venezuela) 3(10):9-34. 1956.
21. _____. Estudio sobre la arboricultura forestal en los trópicos. Revista Forestal Venezolana 5(6-7):7-34. 1962.
22. LANDON, F. H. Keranti Tembaga thinning plots. Malayan Forester 17(1):15-18. 1954.
23. LOETSCH, F. y HALLER, K. E. The problems of estimating the growing stock of richly mixed tropical forest by sampling. In _____ y HALLER, K. E. Forest inventory. München, Germany, Oldenbourg, 1964. v.1, pp. 130-132.
24. LOJAN, L. Aspectos del crecimiento diamétrico quinquenal de algunos árboles tropicales. Turrialba 15(3):231-237. 1965.
25. NICHOLSON, D. I. Light requirements of seedlings of five species of dipterocarpaceae. Malayan Forester 23(4):344-356. 1960.

26. PHILLIPS, J. Utilización de los bosques tropicales centroamericanos, plantaciones y usos industriales de la madera. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 16 p.
27. JURESHI, I. H. Problems of thinning in coppice teak crops. In Silvicultural Conference, 9th, Dehra Dun, Dec. 1956. Proceedings. Dehra Dun, Forest Research Institute, 1960. v.2, pp. 1-2.
28. RAEPS, G. H. Notas técnicas sobre mejoramiento de bosques en Trinidad y Surinam. Boletín del IFLA (12):31-36. 1963.
29. ROGERS, H. F. y LIVING, F. G. A study on degrees of stocking and methods of thinning stands of shortleaf pine. s.n.t. 1951. 42 p.
30. SAVINA, A. V. The physiological justification for the thinning of forests. Translated from Russian by Bernard Toker. Washington, D.C., Israel Program for Scientific Translation, 1956. 91 p.
31. SCHULZ, J. P. y RODRIGUEZ, P. L. E. Establecimiento de parcelas para estudio de rendimiento en plantaciones experimentales de Cupressus lusitanica, Pinus radiata y Pinus pseudostrobus en Los Andes Venezolanos. Revista Forestal Venezolana 10(15): 21-42. 1967.
32. SETHI, S. K. Thinning in irregular forests. In Silvicultural Conference, 9th, Dehra Dun, Dec. 1956. Proceedings. Dehra Dun, Forest Research Institute, 1960. v.2, pp. 2-5.
33. SINGH, P. Basic thinning. Indian Forester 81(1):26-31. 1955.
34. _____. Basic thinnings. Indian Forester 81(2):86-97. 1955.
35. _____. Forester's great failure. In Silvicultural Conference, 9th, Dehra Dun, Dec. 1956. Proceedings. Dehra Dun, Forest Research Institute, 1960. v.2, pp. 20-26.
36. _____. Thinning. Theory and method. Indian Forester 94(7): 521-532. 1968.
37. TAYLOR, Ch. J. Tropical forestry, with particular reference to West Africa. London, Oxford University Press, 1962. 163 p.
38. TILLMANNS, E. J. Teoría de la ordenación forestal, apuntes de clase. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. 57 p. (mimeo.)

39. VASQUEZ, J. Algunas observaciones sobre dasonomía tropical. México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín de Divulgación no. 13. 1965. 35 p.
40. VEILICH, J. P. Primeros resultados de la medición del crecimiento de bosques naturales venezolanos. Boletín del IFLA no. 2. pp. 73-90. 1957.
41. HARDLE, P. A. Practice and research in spacing, thinning and pruning. In World Symposium on man-made forests and their industrial importance, Canberra, April 14-25, 1967. Rome, FAO, 1967. pp. 295-320.
42. WYCHERLEY, P. R. Growth of balsa trees Ochroma lagopus Sw. at the Rubber Research Institute Experiment Station. Malayan Forester 25(2):140-149. 1962.

ALFENDICE

Régimen de raleo 40%
 Período 67/69- 2 años
 Área 0.1 Ha.

CUADRO 6. CRECIMIENTO DIAMETRICO Y EN AREA BASAL

Clase de grosor cm	Masa al principio del periodo			Masa al final del periodo			Crecimiento bruto					
	NE*	NA**	Area basal cm ²	NA	Area basal cm ²	Mortalidad AB cm ²	Area basal Periódico	Area basal cm ²	% anual	Anual diámetro		
										cm	%	
0												
5 - 9.9	26	70	2988.61	70	2920.37	167.71	315.45	1577.20	5.2	0.2	2.7	
I												
10 - 19.9	11	27	3706.68	28	4370.91	304.75	1150.60	5753.00	15.5	1.0	7.5	
II ₁												
20 - 29.9	6	11	4275.55	12	5539.00	-	1297.81	6489.00	15.1	1.7	7.6	
II ₂												
30 - 39.9	1	2	1066.52	3	2754.00	-	857.90	4289.50	40.2	4.7	18.0	
III												
40 - 59.9	1	1	1279.00	1	1948.00	-	669.00	3345.00	26.1	4.9	12.1	
IV												
60 - 79.9												
V												
80 - 99.9												
VI												
100 - +												
Total	45	111	13316.36	114	17532.28	472.46	4290.76	21453.70	20.4	2.5	9.5	

* NE = Número de especies

**NA = Número de árboles

CUADRO 7. CRECIMIENTO DIAMETRICO Y EN AREA BASAL

Clase de grosor cm	Masa al principio del período			Masa al final del período			Crecimiento bruto					
	NE*	NA**	Área basal cm ²	NA	Área basal cm ²	Mortalidad AB cm ²	Área basal Periódico	Área basal cm ²		Anual diámetro %		
								Anual por Ha	% anual			
0												
5 - 9.9	35	83	3257.61	82	3279.67	248.17	520.57	2602.80	7.9	0.2	2.8	
I												
10 - 19.9	19	32	5046.16	36	6020.54	103.87	739.54	3697.70	7.3	0.5	3.5	
II ₁												
20 - 29.9	7	13	6131.24	13	6522.76	-	823.49	4117.40	6.7	0.8	3.2	
II ₂												
30 - 39.9	3	3	2543.44	4	3598.50	-	225.48	1127.40	4.4	0.7	2.1	
III												
40 - 59.9	1	1	1473.00	1	1626.00	-	153.00	765.00	5.1	1.1	2.5	
IV												
60 - 79.9												
V												
80 - 99.9												
VI												
100 - +												
Total	65	132	18451.45	136	21047.47	352.04	2462.08	12310.30	6.2	0.6	2.8	

* NE = Número de especies

** NA = Número de árboles

Régimen de raleo 80%

Período 67/69- 2 años

Area 0.1 Ha.

CUADRO 8. CRECIMIENTO DIAMETRICO Y EN AREA BASAL

Clase de grosor cm	Masa al principio del periodo				Masa al final del periodo			Crecimiento bruto				
	NE*	NA**	Area basal cm ²	NA	Area basal cm ²	Mortalidad AB cm ²	Area basal cm ²	Periódico	Anual por Ha	% anual	Anual diámetro	
											cm	%
0												
5 - 9.9	26	55	2204.60	53	2163.93	70.75		265.70	1328.50	6.0	0.3	4.2
I	20	35	5452.15	33	5076.09	160.00		1006.22	5031.10	9.2	0.6	4.2
II ₁	8	16	7383.54	17	8288.00	-		1802.76	9013.80	12.2	1.5	6.1
II ₂	6	6	6090.14	6	6012.33	850.00		1120.71	5603.50	9.2	1.7	4.7
III	2	3	4049.66	5	7408.66	-		521.74	2608.70	6.4	1.3	3.1
IV												
60 - 79.9												
V												
80 - 99.9												
VI												
100 - +												
Total	62	115	25180.09	114	28949.01	1080.75		4717.13	23585.60	8.6	1.0	4.4

* NE = Número de especies

**NA = Número de árboles

Régimen de raleo 100%(Testigo)
 Período 67/69- 2 años
 Area 0.1 Ha.

CUADRO 9. CRECIMIENTO DIAMETRICO Y EN AREA BASAL

Clase de grosor cm	Masa al principio del período			Masa al final del período			Crecimiento bruto						
	NE*	NA**	Area basal cm ²	NA	Area basal cm ²	Mortalidad AB cm ²	Area basal cm ²		Anual diámetro				
							Periódico	Anual por Ha	% anual	cm	%		
0													
5 - 9.9	27	73	3072.87	73	3001.27	54.57	410.03	2050.10	6.6	0.3	4.1		
I	17	38	5736.04	41	6409.07	88.30	820.23	4101.10	7.1	0.5	3.5		
II1	7	12	5392.21	11	5114.00	-	1415.31	7076.50	13.1	1.5	6.2		
20 - 299	5	8	8118.60	9	8526.50	-	756.42	3782.10	4.6	0.9	2.5		
II2													
30 - 399	3	5	10551.70	6	10593.00	-	272.00	1360.00	1.2	0.4	0.8		
III													
40 - 599	1	1	4815.00	1	2846.00	-	129.04	645.20	1.3	0.5	0.6		
IV													
60 - 799													
V													
80 - 999													
VI													
100 - +	1	1	14313.92	1	14526.72	-	212.80	1064.00	0.7	0.5	0.4		
Total	61	138	52000.34	143	56182.56	142.87	4015.83	20079.00	4.3	0.6	2.2		

* NE = Número de especies

**NA = Número de árboles

Régimen de riego 100% (A/B/C/D Pr...)
 Período 66/67- 1 años
 Área 0.1 Ha.

CUADRO 10. CRECIMIENTO DIAMETRICO Y EN AREA BASAL

Clase de grosor cm	Masa al principio del período				Masa al final del período			Crecimiento bruto				
	NE*	NA**	Area basal cm ²	NA	Area basal cm ²	Mortalidad AB cm ²	Area basal cm ²		% anual		Anual diámetro %	
							Periódico	Anual por Ha	% anual	cm	cm	%
0												
5 - 9.9	29	71	2887.45	70	2885.90	42.90		1898.60	6.5	0.2	2.7	
I												
10 - 19.9	17	34	5437.90	34	5506.25	-		4500.10	8.3	0.5	3.4	
II ₁												
20 - 29.9	8	14	6741.55	14	6640.38	-		3393.90	5.0	0.6	2.4	
II ₂												
30 - 39.9	4	6	6474.75	7	6846.56	189.91		2340.60	3.6	0.6	1.6	
III												
40 - 59.9	2	3	6647.55	4	7457.14	-		1002.80	1.5	0.4	0.8	
IV												
60 - 79.9	1	1	4700.60	1	4793.00	-		946.40	2.0	0.7	0.9	
V												
80 - 99.9												
VI												
100 - +	1	1	3578.48	1	3578.48	-		-	-	-	-	
Total	62	130	36468.30	131	37707.71	232.81		19443.30	3.8	0.4	1.7	

* NE = Número de especies

**NA = Número de árboles

Régimen de riego 100% (C)
 Período 66/69- 3 años
 Área 0.1 Ha.

CUADRO II. CRECIMIENTO DIAMETRICO Y EN AREA BASAL

Clase de grosor cm	Masa al principio del periodo				Masa al final del periodo			Crecimiento bruto					
	NE*	NA**	Area basal cm ²	NA	Area basal cm ²	Mortalidad AB cm ²	Area basal cm ²		% anual		Anual diámetro		
							Periódico	Anual por Ha	% anual	cm	cm	%	
0													
5 - 9.9	27	72	2954.18	73	3001.27	54.57	563.08	1876.90	6.3	0.2	2.7		
I													
10 - 19.9	17	40	6375.84	41	6409.07	88.30	1250.54	4168.40	6.5	0.5	3.5		
II													
20 - 29.9	6	10	4896.10	11	5114.00		1548.17	5160.50	10.5	1.3	5.2		
III													
30 - 39.9	3	8	8303.67	9	8526.50		1160.40	3868.00	4.6	0.8	2.1		
IV													
40 - 59.9	2	4	9059.22	6	10593.00		345.85	1152.80	1.2	0.4	0.7		
V													
60 - 79.9	1	1	4584.35	1	2846.00		359.69	1198.90	2.6	1.0	1.3		
V													
80 - 99.9				1	5166.00		0	0	0	0	0		
VI													
100 - +	1	1	14313.92	1	14526.72		212.80	709.30	0.5	0.3	0.2		
Total	57	136	50487.28	143	56182.56	142.87	5440.53	18134.80	4.0	0.6	1.9		

* NE = Número de especies

**NA = Número de árboles

Cuadro 12.- Procedimiento de cálculo del crecimiento.

Clase diamétrica	0			I			II ₁			II ₂			IV			V			VI														
	5.0 - 9.9			10.0 - 19.9			20.0 - 29.9			30.0 - 39.9			40.0 - 59.9			60.0 - 79.9			80.0 - 99.9			100 y más											
	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB									
$M_f + A - M_i$	7.5	3	132.74	12.5	3	369.16	22.5	4	1090.44	32.5	3	2499.74	42.5	2	2837.26	52.5	2	2837.26	62.5	2	2837.26	72.5	2	2837.26	82.5	2	2837.26	92.5	2	2837.26	102.5	2	2837.26
Traspaso	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ingreso	3	3	369.16	4	4	1090.44	3	3	2499.74	2	2	2499.74	2	2	2837.26	2	2	2837.26	2	2	2837.26	2	2	2837.26	2	2	2837.26	2	2	2837.26	2	2	2837.26
Factor correctivo			235.62			1232.28			898.30			348.52			2837.26			2837.26			2837.26			2837.26			2837.26			2837.26			2837.26

Cálculo del ingreso y traspaso

Clase diamétrica	0			I			II ₁			II ₂			IV			V			VI														
	5.0 - 9.9			10.0 - 19.9			20.0 - 29.9			30.0 - 39.9			40.0 - 59.9			60.0 - 79.9			80.0 - 99.9			100 y más											
	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB	Ingreso	NA	AB									
$M_f + A - M_i$	114	4	1080.75	2	2	70.75	1	1	160.00	17	17	8288.00	6	6	602.33	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66
Traspaso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ingreso	3	3	1080.75	2	2	70.75	1	1	160.00	17	17	8288.00	6	6	602.33	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66	5	5	7408.66
Factor correctivo			4849.67			30.08			216.06			1098.30			348.52			2837.26			2837.26			2837.26			2837.26			2837.26			2837.26
Incremento	4717.13		4717.13			245.70			1006.22			1802.76			1120.71			772.19			772.19			772.19			772.19			772.19			772.19

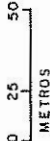
Cálculo del incremento e ingreso de acuerdo con las clases diamétricas

BOSQUE FLORENCIA SUR COMPARTIMENTO I

TURRIALBA COSTA RICA

ESCALA
1:1000

ABRIL 1966



- CAMINO PARA JEEP
- SENDA
- ARROYO
- LINDERO DEL I.C.A.
- · · DIVISION ENTRE COMPARTIMENTOS
- - - DIVISION ENTRE RODALES

PARCELA DE MUESTRA
Nº2 EN RODAL A

A2

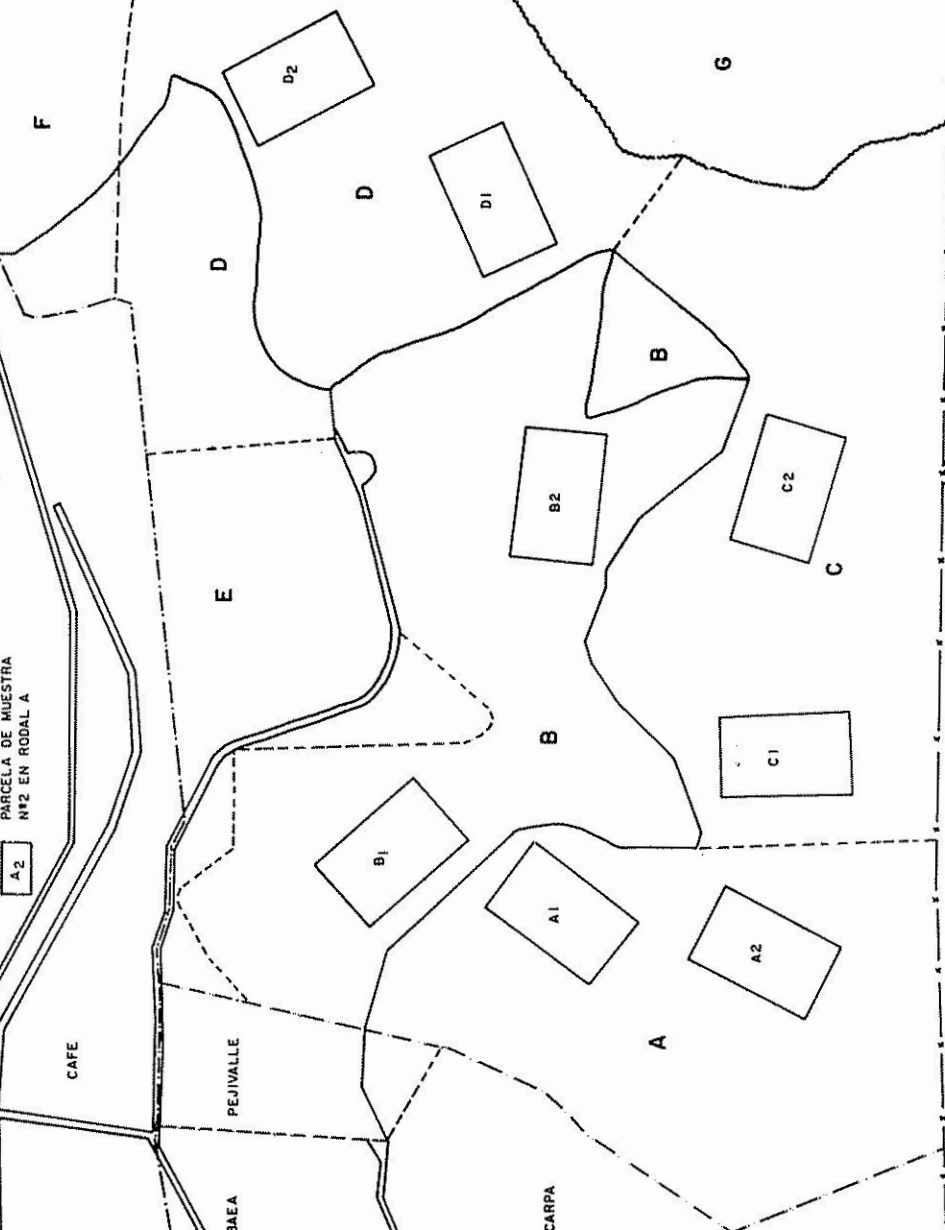
CAFE

CAFE

PINUS
CARIBAEA

PEJIVALLE

PINUS
OOCARPA



AREAS EN Ha.

Rodal A 1,52 ha.

B 1,87 ha.

C 1,79 ha.

D 1,94 ha.

Experimento 7,12 ha.

Rodal E 0,80 ha.

F 0,54 ha.

G 0,85 ha.

Compartimento 9,68ha.

FINCA FLORENCIA