

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE ACRONOMIA

" Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus maximinoi H. E. Moore, en Cobán, Alta Verapaz."



En el acto de investidura como  
Ingeniero Agrónomo  
en el grado académico de Licenciado en  
Ciencias Agrícolas.

GUATEMALA, ABRIL DE 1986

COMUNIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(874)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR EN FUNCIONES

Dr. MARIO MORENO CAMBARA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing.Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL I:	Ing.Agr. Oscar R. Leiva Ruano.
VOCAL II:	Ing.Agr. Jorge Sandoval Illescas.
VOCAL III:	Ing.Agr. Mario Melgar.
VOCAL IV:	P.Agr. Leopoldo Jordán
VOCAL V:	P.Agr. Alex Gomez Chavarry.
SECRETARIO:	Ing.Agr. Luis Alberto Castañeda.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

11 de marzo de 1986

Ingeniero  
César Castañeda S.  
Decano  
Facultad de Agronomía  
Presente

Señor Decano:

Con base en la designación hecha por esa Decanatura, me -  
permiso informarle que procedí a asesorar y a revisar el traba-  
jo de tesis titulado: "Estudio de crecimiento y rendimiento de  
Pinus maximinoi H. E. Moore., en Cobán, Alta Verapaz", desarro-  
llado por el estudiante OSCAR MANUEL NUÑEZ SARAVIA, carnet No.  
8010288. Esta investigación constituye parte del programa de -  
investigaciones que sobre silvicultura desarrolla el Instituto  
de Investigaciones Agronómicas y es un aporte importante para -  
el conocimiento y manejo de nuestros bosques.

El presente trabajo de investigación fue realizado consi-  
derando los procedimientos y normas de todo trabajo científico,  
por lo que recomiendo su aprobación para que sea aceptado como  
trabajo de tesis de graduación en la Facultad de Agronomía de -  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Luis F. Ortiz C.  
ASESOR



Referencia .....
Asunto .....
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

17 de marzo de 1986

Ingeniero  
César Castañeda S.  
Decano Facultad de Agronomía  
Presente

Señor Decano:

Por este medio informo a usted, que he revisado la Tesis de Grado del estudiante OSCAR MANUEL NUÑEZ SARAVIDA quien se identifica con el carnet No. 8010288 Titulada: "Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus maximinoi H. E. Moore en Cobán, Alta Verapaz";

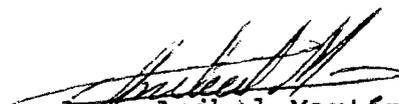
la cual se ajusta a las normas establecidas por la Facultad de Agronomía para estos trabajos.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

  
Ing. Agr. Anibal Martínez M.  
DIRECTOR

Guatemala, 12 de Marzo de 1986

Honorables miembros  
Junta Directiva  
Facultad de Agronomía

De conformidad a lo que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus maximinoi H. E. Moore., en Cobán, Alta Verapaz".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Deferentemente...



Oscar Manuel Núñez S.

## ACTO QUE DEDICO

- A DIOS y a su mayor gloria.
- A mis Padres, como primicia de una semilla que empieza a fructificar.
- A mis Hermanos, para que juntos compartamos la alegría y la esperanza.
- A toda mi Familia y su entusiasmo de ver siempre hacia adelante.
- A mis Amigos y a su entrega en el trabajo por el prójimo.

## AGRADECIMIENTOS.

Agradezco al SEÑOR, ofreciendo a mis padres mi trabajo. A mis hermanos, primos, tíos y abuelos por todo el apoyo brindado a través de mi carrera.

Agradezco a mis compañeros universitarios en especial a los que conforman la primera promoción de Recursos Naturales Renovables, por el bienestar de compartir los años de estudio y la ayuda brindada en la búsqueda de un mismo objetivo.

A mi asesor por la revisión y apoyo prestado en la presente tesis.

A los dueños de la finca Chichén, por su colaboración en la realización de este trabajo.

## INDICE GENERAL

TITULO	PAGINA
Resumen	ix
Summary	xi
Indice de cuadros.	xiii
Indice de figuras.	xvi
Listado de abreviaturas.	xviii
CUERPO DEL TRABAJO.	
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISION DE LITERATURA	4
1. Crecimiento y rendimiento	4
2. Calidad de sitio.	16
3. Indice de sitio.	19
4. Curvas de índice de sitio.	20
5. Edad adecuada de los rodales.	21
6. Factores del medio físico.	22
7. Métodos de estudio de crecimiento y rendimiento.	25
8. Factor de forma y de corteza.	28
IV. METODOLOGIA	30
1. Selección del lugar.	30
2. Características generales.	30
3. Trazo preliminar de parcelas.	46
4. Trazo de las parcelas de muestreo.	47
5. Delimitación de las parcelas y marcación de los árboles.	48
6. Mediciones de los árboles del rodal.	49

TITULO	PAGINA
V. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.	56
1. Trazo preliminar de parcelas.	56
2. Situación del bosque antes del raleo.	59
3. Resultados de relaciones individuales.	77
4. Análisis de incrementos.	94
5. Cálculo del factor mórfico y de corteza.	110
VI. CONCLUSIONES.	113
VII. RECOMENDACIONES.	116
VIII. BIBLIOGRAFIA.	117
IX. APENDICE.	120

## R E S U M E N

El presente estudio enmarca las principales variables que están involucradas en el crecimiento y rendimiento de un rodal natural de Pinus maximinoi H. E. Moore. en un sitio del municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

El método de estudio se basó en análisis del historial del bosque, trabajando en una misma calidad de sitio, por medio de métodos indirectos, a través del tiempo. Los datos básicos de crecimiento e incremento se obtuvieron del análisis fustal de 30 árboles tumbados, producto de un raleo verificado en el bosque experimental.

El estudio se realizó en la finca Chichén, ubicada en 15° 22' latitud Norte y 90° 22' longitud Oeste, a una elevación de 1400 -- msnm. Se trabajó en un bosque natural homogéneo de Pinus maximinoi H. E. Moore. como especie conífera dominante en esta región. El bosque posee una edad de 22 años.

Se obtuvo una densidad promedio de pino de 268 arb/ha. Un diámetro medio con corteza de 33.2 cm , un área basal promedio de 22.76 m<sup>2</sup>/ha , una altura promedio de 24.57 m y un volumen total con corteza de 201.78 m<sup>3</sup>/ha.

Se realizaron una serie de relaciones individuales, trabajando con distintas modalidades de modelos estadísticos, entre las diferentes variables forestales medidas. La mayoría resultaron significativas.

Los resultados más importantes son los incrementos medios obtenidos. Se tiene un incremento en diámetro normal de 1.44 cm /año; - un incremento en área basal normal de 38.11 cm<sup>2</sup>/año. Un incremento en altura de 1.09 m /año y un incremento en volumen de 9.78 m<sup>3</sup>/ha /año. Trabajando con incremento periódico se observó la dismi-

nución actual del incremento, con relación a los incrementos iniciales, a pesar, de la corta edad que presenta el rodal.

Se obtuvo un factor mórfoico promedio de 0.5102 y un factor de corteza de 0.8711. Por medio de regresión múltiple se realizó una tabla de volumen local para la especie, con coeficiente de correlación de 0.96.

## SUMMARY

The present study comprehend the principal variables that was involucrate in the growth and rendition of a natural stand of Pinus maximinoi H. E. Moore. in one place of Cobán, departament of Alta Verapaz, Guatemala.

The study methods are based on an historical analysis of the forest, worked in the same quality of place, by indirect methods through the time. The basic datas under growth and increment were obtained of the fustal analysis of thirty fall down trees, product of the profit done in the experimental forest.

The present study was worked on the " Chichén " farm, Alta Verapaz, located in  $15^{\circ}22'$  north latitude and  $90^{\circ}22'$  west longitude, to an elevation of 1400 metres above the sea level. It was worked in a natural homogeneous forest of Pinus maximinoi H. E. Moore. as dominating coniferous sort in this region. The forest have an age of 22 years.

Was obtained a density pine average of 268 arb/ha. A diameter average with sandgrouse of 33.2cms., a basal area average of 22.76 m<sup>2</sup>/ha, a height of 24.57 m and a total volumen with sandground of 201.78 m<sup>3</sup> /ha.

There was realized a serie of individuals relation, working with diferents measuring forest variables. Most of them were significant.

The most important result are increases obtained. They have an increment in a normal basal area of 38.11 cm<sup>2</sup>/year. A height increment of 1.09 m/year and a volumen increment of 9.78 m<sup>3</sup>/ha/year. Working with periodical increment the worth of present increment is less than the worth of the initial increment, in spite of the short age, that the stand presents.

It was gotten a morfic factor of 0.5102 and a sandgrouse factor of 0.8711. By multiple regression was obtained a equation of local volume for the sort with correlation coefficient of 0.96.

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
Cuadro 1:	Alturas registradas en plantaciones a distintas edades y en distintos sitios para algunas especies del género <u>Pinus</u> .	9
Cuadro 2:	Diámetro y área basal registrados en plantaciones a distintas edades y en distintos sitios para algunas especies del género <u>Pinus</u> .	12
Cuadro 3:	Volumen registrado en plantaciones a distintas edades y en distintos sitios para algunas especies del género <u>Pinus</u> .	15
Cuadro 4:	Orientación de las pendientes, perfiles y contorno de las parcelas.	38
Cuadro 5:	Frecuencia y área basal de los árboles por parcela y por bloque.	56
Cuadro 6:	Datos promedio de altura dominante por parcela.	57
Cuadro 7:	Especies latifoliadas encontradas en el rodal experimental.	59
Cuadro 8:	Datos promedio de diámetro, altura, área basal y volumen por subparcelas en el bloque "A".	61
Cuadro 9:	Datos promedio de diámetro, altura, área basal y volumen por subparcelas en el bloque "B".	62
Cuadro 10:	Modelos más ajustados a la relación individual con su coeficiente de correlación y función de probabilidad.	64
Cuadro 11:	Datos productivos generales del rodal experimental.	66
Cuadro 12:	Datos promedio de dap, área basal, altura total y volumen por parcela y por bloque.	68
Cuadro 13:	Distribución de los volúmenes por clase diamétrica para parcelas y bloques.	69

CUADRO	PAGINA
Cuadro 14: Distribución de los volúmenes por clase diamétrica en cada bloque.	70
Cuadro 15: Principales estadísticos del dap, altura y volumen por parcela.	73
Cuadro 16: Presentación en porcentajes de variables cualitativas.	76
Cuadro 17: Tabla local para cálculo de volumen total en metros cúbicos sin corteza.	85
Cuadro 18: Evaluación individual de los coeficientes múltiples.	86
Cuadro 19: Resumen de los modelos, coeficientes y función de probabilidad de las relaciones individuales.	87
Cuadro 20: Relación entre diámetro, área basal, altura y volumen con la edad como variable independiente.	89
Cuadro 21: Datos generales de los 30 árboles analizados.	90
Cuadro 22: Distintos tipos de incremento en diámetro.	97
Cuadro 23: Promedio de edad, diámetro y volumen de todos los árboles estudiados.	98
EN EL APENDICE:	
Cuadro 24: Descripción botánica de la especie y distribución geográfica.	121
Cuadro 25: Características cualitativas de los árboles.	123
Cuadro 26: Datos resumen de las estaciones meteorológicas de Cobán y San Juan Chamelco, Alta Verapaz.	124
Cuadro 27: Descripción de sitios.	125

CUADRO		PAGINA
Cuadro 28:	Descripción promedio del perfil del suelo.	127
Cuadro 29:	Mediciones en parcelas.	128
Cuadro 30:	Formulario para toma de datos de anillos.	129
Cuadro 31:	Datos resumen del raleo efectuado.	130

## INDICE DE FIGURAS.

FIGURA		PAGINA
Figura 1:	Crecimiento e incremento en altura de <u>Pinus pinaster</u> en Dalmacia.	7
Figura 2:	Crecimiento e incremento en diámetro de <u>Abies alba</u> en Gorski Kotar.	11
Figura 3:	Crecimiento e incremento en volumen de <u>Picea abies</u> en Gorski Kotar.	14
Figura 4:	Ubicación general de la finca "Chichén" en Cobán, Alta Verapaz.	33
Figura 5:	Ubicación de la finca "Chichén", respecto a cabeceras municipales más cercanas, Alta Verapaz,	34
Figura 6:	Ubicación general del rodal experimental y la posición de sus bloques, en la finca "Chichén", Alta Verapaz.	36
Figura 7:	Climadiagrama correspondiente a la finca "Chichén", Cobán, Alta Verapaz.	40
Figura 8:	Posición relativa de los árboles en el bloque "A" y características de demarcación.	50
Figura 9:	Posición relativa de los árboles en el bloque "B".	51
Figura 10:	Relación entre el distanciamiento promedio-área basal y distanciamiento promedio-altura.	63
Figura 11:	Relación entre el distanciamiento promedio-volumen individual y distanciamiento promedio-volumen total/subparcela.	67
Figura 12:	Distribución diamétrica y volumétrica de los árboles en el rodal experimental, según su clase diamétrica.	71
Figura 13:	Relación entre $dap_{CC}$ -altura.	78

FIGURA	PAGINA
Figura 14: Relación entre $dap_{cc}$ -volumen.	80
Figura 15: Relación entre altura-volumen.	82
Figura 16: Relación entre edad-diámetro y edad-área basal.	92
Figura 17: Relación entre edad-altura y edad-volumen.	93
Figura 18: Variación del incremento en diámetro con respecto a su altura en el fuste.	95
Figura 19: Crecimiento e incremento de diámetro en <u>Pinus maximinoi</u> en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.	96
Figura 20: Crecimiento e incremento en área basal en <u>Pinus maximinoi</u> en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.	100
Figura 21: Crecimiento e incremento en altura en <u>Pinus maximinoi</u> en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.	103
Figura 22: Crecimiento e incremento en volumen en <u>Pinus maximinoi</u> en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.	106
Figura 23: Sección longitudinal del fuste promedio.	108

## LISTADO DE ABREVIATURAS.

Abreviatura.	Significado.
- arb	Arbol
- Atm	Atmósferas.
- dap	Diámetro a la altura del pecho (1.3 m) con corteza.
- dapcc	Diámetro a la altura del pecho con corteza.
- dapsc	Diámetro a la altura del pecho sin corteza.
- g	Area basal por árbol.
- C	Area basal por unidad de superficie.
- C/ha	Area basal por hectárea.
- h	Altura.
- ha	Hectárea/s.
- K	Factor de corteza.
- f	Factor de forma.
- v	Volumen por árbol.
- V	Volumen por unidad de superficie.
- Vsc	Volumen sin corteza.
- PMP	Parcela de muestreo permanente.

## I. INTRODUCCION.

El conocimiento de la dinámica de la población forestal tiene un papel importante en el manejo adecuado de las diversas comunidades vegetales naturales. Para obtener tal conocimiento se hace necesario realizar un estudio silvicultural básico y detallado, en las diversas comunidades que se quieran conservar. Conservar aquí se acepta en su acepción de protección, mejora y aprovechamiento de los recursos del bosque.

El estudio silvicultural básico es escaso en el país, razón por la cual las extracciones forestales realizadas hasta el momento, se basan únicamente en el interés por una alta acumulación del capital en el más corto plazo posible. Esta situación problemática es debido, en parte, a la ausencia de estudios básicos y científicos y ha llevado a la disminución de la masa forestal en las últimas décadas.

Habiendose planteado la necesidad de planificación, fundamentada en la experimentación, el presente estudio pretende dar datos básicos sobre crecimiento y rendimiento de un bosque natural de Pinus maximinoi H. E. Moore. para planificar en forma racional el manejo del bosque natural de la especie y la consecución de adecuadas metodologías, que logren el aprovechamiento óptimo del sitio.

La investigación se realizó en la finca Chichén, ubicada en 15° 22' latitud Norte y 90° 22' longitud Oeste, a una elevación de 1400 msnm. en el municipio de Cobán, Alta

Verapaz. El bosque de pino se encuentra en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Sub-tropical (frío). El trabajo se realizó en los 4 últimos meses de 1984 y los primeros 6 meses de 1985.

## II. OBJETIVOS.

1. Objetivo General:

Estudiar las principales variables que están involucradas en el crecimiento y rendimiento de un rodal natural de Pinus maximinoi H. E. Moore., en un sitio del municipio de Cobán, Alta Verapaz.

2. Objetivos Específicos:

- 2.1 Determinar la composición florística del rodal natural de Pinus maximinoi H. E. Moore.
- 2.2 Determinar la producción actual del rodal en el sitio, así como las tasas de crecimiento y rendimiento en DAP, altura y volumen.
- 2.3 Determinar relaciones alométricas de los árboles (diámetro, altura, edad), variables del rodal (área basal local) e incrementos (en diámetro, área basal, altura y volumen por árboles tipo y por parcela).
- 2.4 Realizar una tabla para la estimación de volumen en el rodal experimental.
- 2.5 Obtener el factor mórfoico y el factor de corteza para el rodal estudiado.
- 2.6 Dejar establecidas parcelas de muestreo permanente en el bosque.

## III. REVISION DE LITERATURA

1. Crecimiento y rendimiento:

Los estudios de crecimiento y rendimiento son necesarios y adecuados para tomar decisiones racionales sobre intensidad y época de raleos. Los estudios de crecimiento y rendimiento pueden realizarse en forma conjunta, o bien independientemente uno del otro (2).

La diferencia fundamental entre crecimiento y rendimiento es la siguiente (2, 23):

- a. Crecimiento se refiere al incremento en peso o volumen del árbol o masa forestal observado, en ellos, a un tiempo determinado.
- b. Rendimiento es el volumen de los árboles de una cosecha o el volumen de los árboles de un grupo particular de especies por unidad de superficie.

El crecimiento puede ser estudiado a nivel de un sólo árbol o a nivel de un rodal. Del mismo modo, puede ser enfocado únicamente bajo aspectos fisiológicos, considerando crecimiento de las células internas, desarrollo de los vasos y tejidos conductores (23).

Es bastante complicado obtener datos representativos o de utilidad práctica con un estudio general de crecimiento.

Ello implica la utilización de medidas más útiles representadas por el término llamado incremento. Este significa - el crecimiento de un árbol o masa forestal en un período - determinado de tiempo. Algunas variaciones de esta modalidad son el incremento corriente anual, el incremento periódico, el incremento total, el incremento anual (incremento corriente) y el incremento medio anual (incremento medio). Estos incrementos se consideran como incremento absoluto - (3, 23, 34).

Los métodos principales para calcular el incremento según Keplac (23) se clasifican en tres grandes grupos:

a. Método del incremento absoluto:

Se usa el incremento en diámetro (Huefnal, Meyer, Hohenadl y otros) o en altura, observado en el crecimiento total del árbol. En aspectos prácticos este método se usa para la determinación del volumen total de la masa, para determinar el precio del volumen, para calcular el incremento total de la masa, etc.

b. Método del incremento porcentual:

Se basa en tablas promedio de incremento de dos entradas (diámetro promedio - número de anillos en X cm.) - presentando los resultados en por ciento de incremento de área basal. Las fórmulas de A. Schaeffer, de Scheider, de L. Schaeffer representan este método.

c. Método de paso de una categoría diamétrica a otra:

Se basa en la dinámica del crecimiento del árbol. Abarca el método general del tiempo de paso (basado en la medición del incremento en diámetro, por medio del cual se calcula el porcentaje de árboles que pasan de

una categoría diamétrica a otra) y el método gráfico de Kenneth Davis (basado en la elaboración de gráficas, por medio de aumento en longitud de barras, en relación a un incremento promedio).

Datos confiables de crecimiento no pueden ser obtenidos con simples observaciones, si es que no se han llevado registros permanentes de los bosques. De este modo es necesario el derribo o apeo del árbol para practicar cuidadosamente su análisis epidométrico. Las mediciones, sin embargo, necesitan ser analizadas en forma conjunta o por algún método de aplicación práctica; es decir, alguna representación gráfica o ecuación algebraica, capaz de llegar a ser utilizada sistemáticamente (23).

#### 1.1 Crecimiento e incremento en altura del árbol individual y de la masa forestal:

La variación en incremento en altura de árboles individuales se debe probablemente a su diferente reacción al fotoperíodo y a los factores químicos y físicos del suelo. La gráfica de crecimiento en altura de las especies forestales, sigue un curso similar a una curva en forma de S. La curva S significa un crecimiento lento al inicio del desarrollo, luego un crecimiento rápido en la fase intermedia y una declinación o disminución en su fase de madurez del árbol o masa forestal. De la curva de crecimiento se deriva la curva de incremento, fijando períodos de 2-5 años y obteniendo el incremento medio de cada período. La graficación de es-

tos puntos da la curva de incremento. El punto de inflexión de la curva de crecimiento indica la culminación del incremento real positivo en altura (23, 33 34). (Figura 1).

Es característico que el crecimiento e incremento en altura está poca influenciado por el área ocupada por planta, cuando los espaciamientos no son extremos. Para el incremento en altura es de gran importancia la cantidad de reservas materiales que acumula el árbol durante el último año, de ahí, que sea comprensible que las raíces exhiben al principio un gran desarrollo (23, 33, 34).

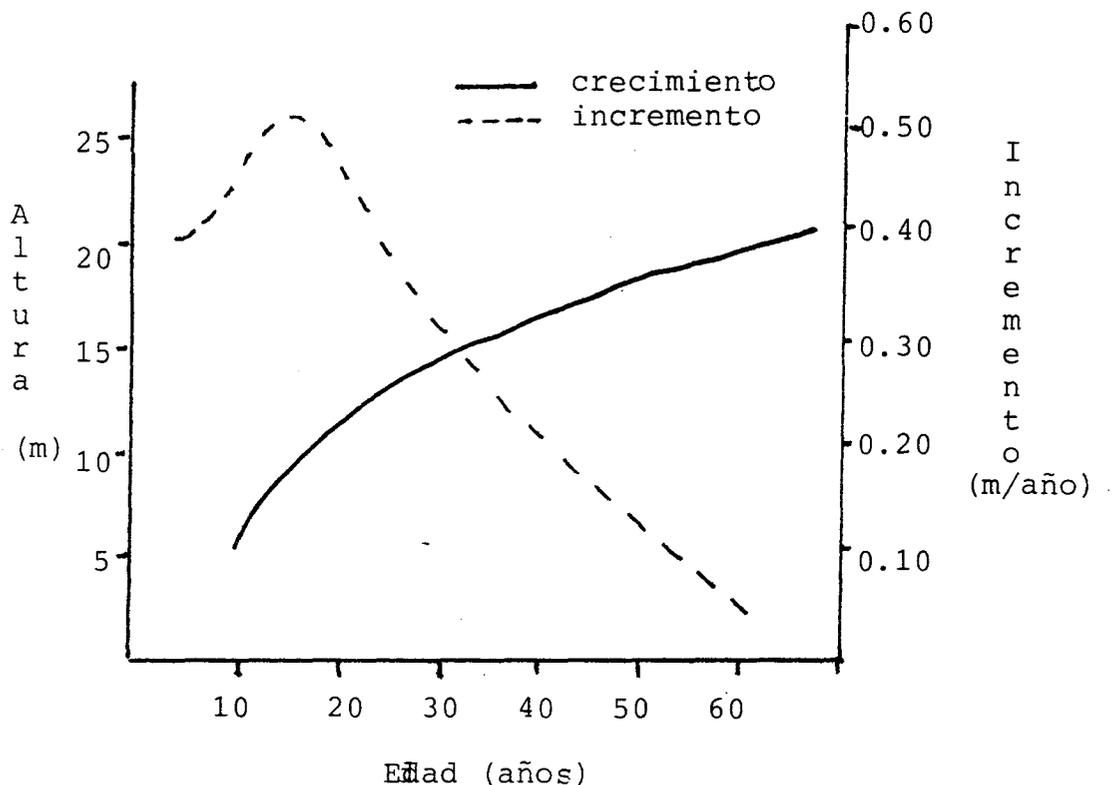


Figura 1.  
Crecimiento e incremento en altura de Pinus pinaster en Dalmacia. (Tomado de Klepac, 1982).

A nivel de la masa forestal, la altura no muestra el mismo patrón de desarrollo. Hay dos factores que afectan la altura de la masa forestal:

- a. El incremento en altura de los árboles individuales no es uniforme; y
- b. La continúa eliminación de los individuos dominados.

La culminación del incremento en altura de la masa forestal ocurre siempre después, en comparación con la culminación del incremento en altura de los árboles individuales. Esto es debido fundamentalmente al aclareo natural. Si la altura se considera en función de la edad de la masa forestal, el curso de desarrollo también muestra una curva en forma de S, llamada curva sigmoide ( 19, 23,34 ).

La altura de la masa forestal es un factor importante ya que es la base para determinar su producción y rendimiento. Algunos trabajos al respecto, citados por Klepac (23) fueron trabajados por Eichorn, Christie y Schober en Alemania e Inglaterra.

En el cuadro 1, aparecen diferentes alturas a diferentes edades para algunos rodales del género Pinus.

Cuadro 1. Alturas registradas en plantaciones a distintas edades y en distintos sitios para algunas especies del género Pinus.

Especie	Lugar	Edad (años)	Altura media (m)	Incremento medio (m/año)
<u>P. halapensis</u> (23)	Dalmacia, Yugoslavia	20	10.0	0.50
<u>P. pinaster</u> (23)	Dalmacia, Yugoslavia	20	11.2	0.56
<u>P. strobus</u> (23)	Zelendvor, Yugoslavia	20	11.3	0.57
<u>P. caribaea</u> (8)	Turrialba, C. Rica*	10	18.0	1.80
		10	21.1	2.11
<u>P. oocarpa</u> (8)	Turrialba, C. Rica*	12	15.0	1.25
<u>P. kesiya</u> (8)	Turrialba, C. Rica*	10	10.0	1.00
<u>P. patula</u> (35)	Sao Paulo, Brasil	--	--	1.80
<u>P. massoniana</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	--	0.85
<u>P. taeda</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	--	0.85
<u>P. khasia</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	--	1.80
<u>P. caribaea</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	--	1.90
<u>P. elliottii</u> (11,12,26,35)	São Paulo, Brasil*	15	08.0	0.53
			15.0	1.00
			20.0	1.33
			11.0	0.73
			18.0	1.20
			21.0	1.40
	São Paulo, Brasil*	18	21.6 <sup>‡</sup>	1.20
			19.2 <sup>‡</sup>	1.07
			16.9 <sup>‡</sup>	0.94
			14.4 <sup>‡</sup>	0.80
	São Paulo, Brasil**	16	08.2	0.51
			12.9	0.81
	Estados Unidos	20	17.4	0.87

\* Distintas calidades de sitio.

\*\* Distintos espaciamientos iniciales.

‡ Altura dominante (m).

## 1.2 Crecimiento e incremento en diámetro del árbol individual y de la masa forestal.

El incremento en diámetro depende más del medio ambiente, que el incremento en altura. A manera general el incremento es mayor cuando existe menor número de individuos por unidad de superficie y mayor captación de luz por las hojas apicales o inferiores de todo el árbol (10,11,13 ). El incremento anual individual en diámetro se manifiesta en algunas especies de climas templados en la formación de anillos de crecimiento anuales. Bajo condiciones normales el incremento es pequeño al principio, después aumenta hasta alcanzar una fase de alta actividad y disminuye gradualmente, llegando a ser mínimo en los árboles viejos. (3,24 ).

La curva representativa del crecimiento en diámetro es también en forma de S (Figura 2).

Por medio del incremento en diámetro se puede calcular el incremento en área basal. La característica de este último incremento recae en el hecho que es más consistente que el incremento en diámetro. Para poder ser utilizado en manejo forestal, el incremento de área basal se relaciona con el incremento de área basal por unidad de superficie. El desarrollo del área basal de la masa forestal o del árbol individual, en función de la edad, presenta también una curva tipo S, variando de acuerdo a la especie (3,23,24 ).

Algunos datos de diámetro y área basal se presentan en el cuadro 2, a distintas edades y en distintos sitios.

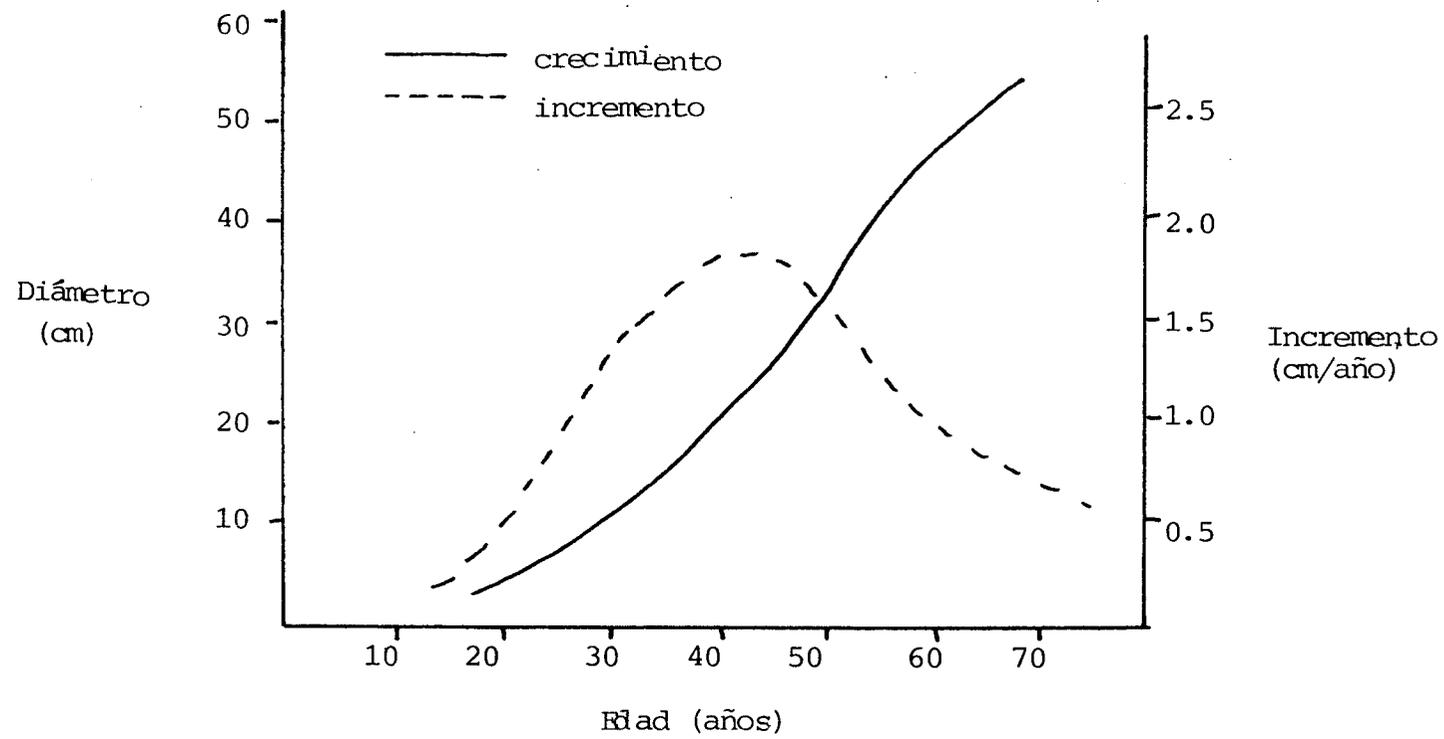


Figura 2  
 Crecimiento e incremento en diámetro de *Abies alba* en Gorski Kotar.  
 ( Tomado de Klepac, 1983).

Cuadro 2

Diámetro y área basal registradas en plantaciones a distintas edades y en distintos sitios para algunas especies del género Pinus.

Especie	Lugar	Edad (años)	dap (cm)	G/ha (m <sup>2</sup> )	Incremento medio	
					(cm/año)	(m <sup>2</sup> /ha/año)
P. <u>halapensis</u> (23)	Dalmacia, Yugoslavia	20	17.2	---	0.86	---
P. <u>strobis</u> (23)	Rio Sava, Yugoslavia	20	19.2	----	0.96	----
P. <u>pinaster</u> (23)	Dalmacia, Yugoslavia	20	22.1	----	1.11	----
P. <u>oocarpa</u> (08)	Turrialba, C. Rica	12	18.4	30.6	1.53	2.55
P. <u>ayacahuite</u> (08)	Turrialba, C. Rica	13	13.0	----	1.00	----
P. <u>montezumae</u> (08)	Turrialba, C. Rica	13	19.9	----	1.53	----
P. <u>pseudostrobus</u> (8)	Turrialba, C. Rica	13	20.2	----	1.55	----
P. <u>tenuifolia</u> (08)	Turrialba, C. Rica	13	21.9	----	1.68	----
P. <u>taeda</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	----	----	1.30	----
P. <u>khasia</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	----	----	2.80	----
P. <u>patula</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	----	----	2.70	----
P. <u>massoniana</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	----	----	1.00	----
P. <u>caribaea</u> (35)	São Paulo, Brasil	--	----	----	3.10	----
	Turrialba, C. Rica	10	19.9	21.8	1.99	2.18
		10	23.3	29.5	2.33	2.95
P. <u>elliottii</u> (11)	São Paulo, Brasil*	11	23.5	69.9	2.14	6.35
		11	21.3	51.2	1.94	4.65
		14	15.1	50.4	1.08	3.60
		14	17.5	34.8	1.25	2.49
	(35) São Paulo, Brasil	--	----	----	1.50	----

\* Distintas calidades de sitio y raleo.

### 1.3 Crecimiento e incremento en volumen del árbol individual y de la masa forestal:

El volumen aumenta paralelamente con la altura y el diámetro. También la curva de este crecimiento es en forma de S, pero el punto de inflexión en esta curva, ocurre aún más tarde que en las curvas de altura y diámetro (10,13 ). Esto tiene una repercusión en la culminación del incremento en volumen; es decir, que no decrece tan rápidamente como el diámetro y la altura y permanece durante más tiempo en el mismo nivel. Esta característica del incremento en volumen se explica por el hecho de que el incremento en diámetro interviene al cuadrado en el incremento en volumen; de tal forma que al decrecer el incremento en diámetro no necesariamente decrece el incremento en volumen, tal como se aprecia en la figura 3 (23 ).

La variación de la curva original sigmoide es cambiante dependiendo especialmente de la posición y espacio ocupado por el árbol en la masa forestal. Árboles que crecen bajo condiciones de alta densidad no pueden desarrollar de manera satisfactoria su sistema radicular, ni su copa; por lo que su incremento en volumen disminuye muy temprano (24, 33 ).

En el cuadro 3, se presentan algunos datos de volumen registrados a distintas edades y en distintos sitios.

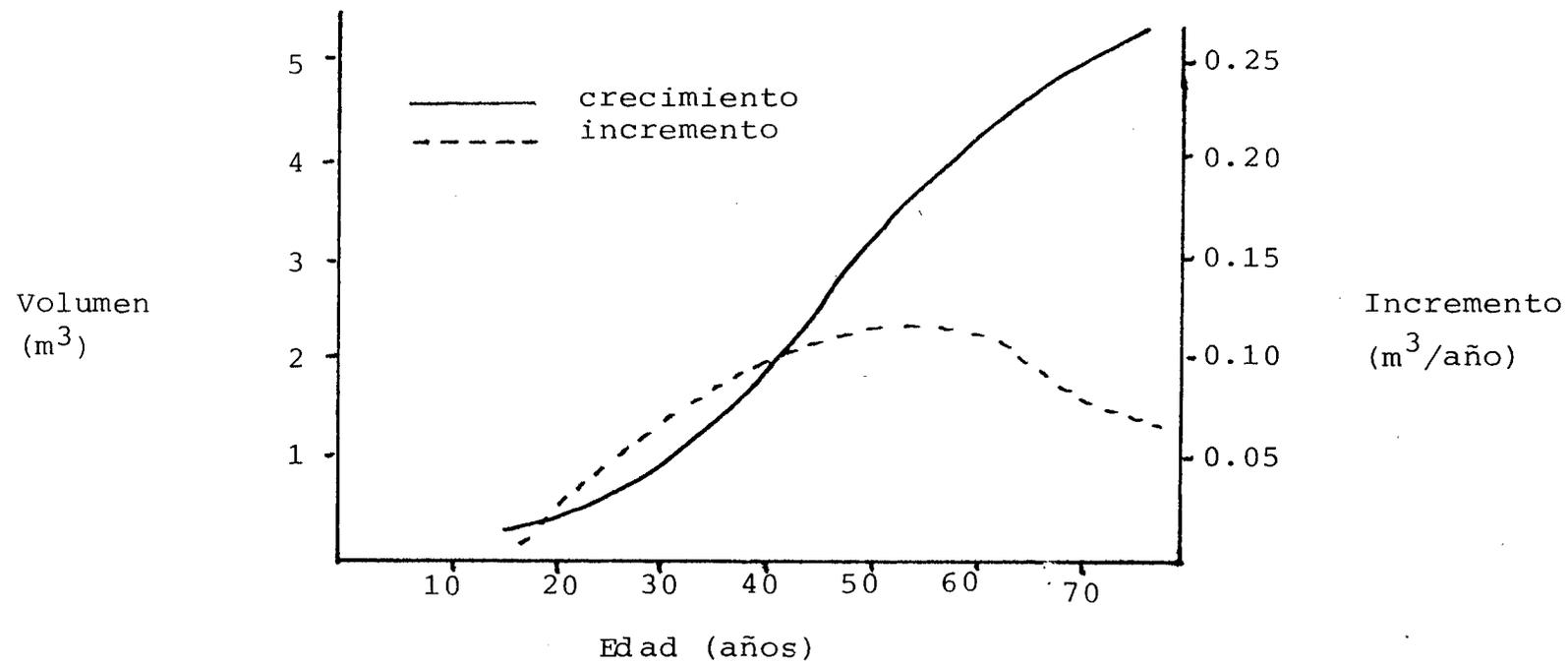


Figura 3  
 Crecimiento e incremento en volumen de *Picea abies*  
 en Gorski Kotar. (Tomado de Klepac, 1983).

## Cuadro 3

Volumen registrado en plantaciones a distintas edades y en distintos sitios para algunas especies del género Pinus.

Espece	Lugar	Edad (años)	$\bar{V}_{cc}$ (m <sup>3</sup> /ha)	Incremento medio (m <sup>3</sup> /ha/año)
<u>P. elliottii</u>	São Paulo, Brasil (11)*	11	484 <sup>‡</sup>	44.0
	São Paulo, Brasil (11) *	14	363 <sup>‡</sup>	25.9
	São Paulo, Brasil (26)**	16	157	09.9
		16	70	04.4
	São Paulo, Brasil (35)**	24	464	19.3
		24	473	19.7
		35	834	23.8
		35	848	24.2
<u>P. oocarpa</u>	Turrialba, C. Rica (8)	12	262	22.2
<u>P. taeda</u>	São Paulo, Brasil (35)	24	384	16.0
<u>P. kesiya</u>	Turrialba, C. Rica (8)	10	209	20.9
<u>P. caribaea</u>	Turrialba, C. Rica (8)	10	188	18.8
		10	358	35.8
<u>P. radiata</u>	Cajamarca, Perú (15)	18	319	17.7
	Colombia (15)	05	97	19.4
		13	492	37.9
		20	515	25.8
	Chile (15)**	20	315	15.8
		20	185	09.3
	España (15)	20	400	20.0
	Nueva Zelandia (15)	25	575	23.0
	Sur -Africa (15)	20	406	20.3
	Sur-Australia (15)	20	656	32.8

\* Distintas calidades de sitio y raleo; \*\* Distintos espaciamentos iniciales; ‡ Volumen sin corteza.

## 2. Calidad de Sitio:

Los estudios de crecimiento y rendimiento son influenciados por variables intrínsecas y extrínsecas, por lo que es necesario la diversificación en el ámbito espacial. La diversificación responde a las distintas metodologías planteadas en los objetivos del trabajo y que puedan ser implementadas bajo las condiciones de calidad de sitio.

La calidad de sitio está determinada por los factores del ambiente, entre los que destacan el clima, el tiempo, disponibilidad de agua, el suelo, nutrientes, otros organismos, etc. Estos factores a su vez, son función de la historia geológica, de la fisiografía, el macroclima y del desarrollo de la sucesión vegetal (3,10,33).

El integrar todos los diversos factores y realizar con base en éstos una estimación de la calidad forestal es bastante problemático. Estadísticamente, los factores de la localización forestal se tratan como variables independientes y en alguna medida el crecimiento forestal se toma como variable dependiente. Sin embargo, de hecho, todos son parte del mismo ecosistema interactuante. Los factores de la localización no solo son interdependientes, sino también dependen en parte del bosque, el cual es el factor más importante que se presenta en la localización (3,33).

Debido a estas interacciones, los estudios ecológicos basados en una simple técnica de análisis de regresión para estimar la calidad de la localización a partir de unos pocos factores considerados determinantes pueden dar solamente una evaluación aproximada (33).

Basados en la consideración de todos o algunos de los pa-

rámetros anteriores, los métodos de estudio de la calidad de sitio pueden ser considerados como directos e indirectos.

### 2.1 Métodos directos:

Son aplicables en aquellos bosques donde han sido llevados registros precisos y completos a largo plazo, del desarrollo y crecimiento del bosque en el lugar. Un método directo y preciso de estimación de la calidad de sitio es desarrollar el bosque de una especie determinada, sobre un sitio señalado y durante un período dado (10, 13).

Otro método actual de estimación de la calidad de sitio, es basado en parámetros puramente ecológicos. Es decir, que además de considerar un incremento en cantidad de madera del tronco, se consideran las ramas, hojas, la materia orgánica que se encuentra sobre el piso forestal e incluso los animales que habitan en el bosque. La calidad de sitio se transforma en este ámbito a la palabra ecosistema, donde al ser un ecosistema un caso especial de un sistema general, las metodologías de evaluación son trabajadas bajo el enfoque de análisis de sistemas.

El análisis de sistemas es similar a la solución de un problema en que las fases son características de los dos elementos:

- a. Identificación de todos los componentes significativos que son de interés;
- b. Definición de la relación entre los componentes seleccionados;

- c. Especificación de los mecanismos por los cuales toman lugar los cambios en el sistema; y
- d. Solución y validación del modelo obtenido comparándolo con un sistema real de salida (33).

## 2.2 Métodos indirectos:

Es difícil trabajar sobre las características de un método directo, por lo que en la actualidad se utiliza la estimación de la calidad, basada en alguna de las siguientes alternativas (2,10)

- a. Estudios de vegetación del bosque.
  - a.1 Árboles (índice de sitio)
  - a.2 Vegetación del sotobosque (especies y grupos de especies indicadoras)
  - a.3 Vegetación combinada del sotobosque y de la masa arbórea.

Involucran en sus estudios la presencia, abundancia y el tamaño relativo de las diversas especies del bosque.

- b. Factores del medio ambiente físico.
  - b.1 Clima
  - b.2 Suelos y topografía

Incluyen estudios de temperaturas, precipitación, radiación solar, humedad, suelos, topografía, geología, etc. estableciendo relaciones entre ellos mismos y con la vegetación.

c. Factores múltiples o métodos combinados.

Combinan varias de las mediciones anteriores, estudiando en conjunto las condiciones bióticas, - climáticas y edáficas de un área especificada (2, 10,14 ).

El método indirecto utilizado con más frecuencia en la actualidad es el índice de sitio, debido a la sencillez de toma de datos y a su relación con tablas de rendimiento (2).

3. Índice de sitio:

El índice de sitio es la expresión de la calidad de sitio o localidad forestal, basada en la altura de la copa dominante a una edad arbitrariamente escogida (2, 10,23).

3.1 Altura de los árboles como índice de la calidad de sitio:

La altura considerada es la altura promedio que presentan las porciones dominantes y codominantes de los árboles de una misma edad, que crecen en un lugar determinado.

Se entiende por árboles dominantes aquellos en que sus copas se elevan por encima del nivel general del dosel superior del bosque y que reciben la radiación lumínica en su parte superior y lateral (25). Los codominantes solo reciben luz en las porciones superiores. La altura promedio de todos los árboles no se utiliza debido a que se ve afectada por la elimi-

nación de todos los árboles pequeños durante los raleos (en el caso de plantaciones), por las diferencias de densidad, incendios, daños causados por animales y por alguna supresión del crecimiento en la fase inicial (3, 4, 7).

En algunos casos no siempre es satisfactorio considerar las calidades de sitio por la altura de los árboles dominantes; por las siguientes razones:

- a. Porque son divisiones subjetivas
- b. Muchos de los árboles codominantes pueden desaparecer del dosel principal a medida que se agotan los nutrimentos del suelo.
- c. El raleo y otras operaciones de tala pueden cambiar artificialmente la altura promedio.
- d. A menudo es difícil observar los extremos de los árboles dominantes, lo que hace difícil su medición (10, 33).

En la actualidad se utilizan mediciones cuantificables al obtener la media aritmética de 250 arb/ha, con los mayores diámetros o bien, con menos exigencia, 100 o 60 arb/ha. (6, 10, 33).

#### 4. Curvas de índice de sitio

La relación edad-altura-índice de sitio es básica para la predicción del crecimiento en bosques uniformes. Esta relación se denomina comunmente como curva de índice de sitio para una especie en un medio dado. Ello facilita la estimación posterior de la altura en relación con una edad estandar. Algunas características de este tipo de análisis

sis son (8, 13, 22):

- La técnica es ponderable solo si el promedio de la calidad de sitio es el mismo para cada grupo de edad.
- La forma de la curva de crecimiento en altura es la misma para todas las localidades.

La construcción de curvas de índice de sitio puede realizarse por métodos gráficos o por análisis de regresión. Los métodos matemáticos de análisis de regresión pueden ser clasificados de la siguiente manera (2):

- Datos de parcelas temporales (curvas proporcionales, método del mínimo máximo).
- Datos de parcelas permanentes (regresión jerárquica sin índice de sitio, regresión múltiple con índice de sitio a priori).

La aplicación de las curvas es en la planificación de las tasas de corta de futuras plantaciones, o futuros aprovechamientos en función del tiempo (23, 34).

##### 5. Edad adecuada de los rodales:

Existe divergencia en lo referente a edad adecuada para realizar las mediciones. En los Estados Unidos se han fijado edades de 50 y 100 años en diferentes localidades del país. Ocasionalmente se especifican de 35 años para rotaciones de madera para pulpa (10, 23,33).

De acuerdo con los trabajos de Vicent, Van Goor y Voorhoeve y Schulz, citados por Isolan (21), se pueden efectuar estu

dios con plantaciones jóvenes (cerca de 10 años de edad). Se justifica esta conclusión porque en países tropicales, la tasa de crecimiento de algunas especies, principalmente ciertas coníferas, es comparativamente más elevada que en países templados.

## 6. Factores del medio físico:

### 6.1 Índice edáfico:

Los estudios de la relación suelo-localización involucran mediciones o estimaciones de muchas variables del suelo y de la localización, denominadas variables independientes y relacionan éstas a través del análisis de regresión múltiple en función de la altura del árbol.

Entre otras variables, las más consideradas son las siguientes: material original, profundidad del suelo, textura, tipo de drenaje, posición de las pendientes y aspecto, exposición general del suelo.

De la gran cantidad de estudios realizados, trabajando con estas premisas se ha observado que el crecimiento de los árboles forestales es afectado principalmente por la cantidad de suelo ocupado por las raíces de los árboles y por la disponibilidad de humedad y nutrientes en este espacio limitado. Posterior a éstos es determinante la profundidad efectiva o profundidad del suelo superficial ( 22,33 ).

Desglosando estas características de profundidad, se tiene:

- a. Profundidad del horizonte A sobre un sub-suelo compacto.
- b. Profundidad de la capa menos permeable (normalmente el horizonte B)
- c. Profundidad del suelo moteado (indicativo de la profundidad media al drenaje restringido).
- d. Grosor del manto del suelo sobre la capa rocosa.

Las características anteriores son determinantes en suelos profundos donde no se tiene un desarrollo descendiente de raíces.

- e. Características del perfil del suelo que afectan la humedad, el drenaje y aireación del suelo (naturaleza física del perfil, textura general y estructura del horizonte menos permeable) (10,33).

Es importante en muchos casos la posición topográfica, que conjuntamente con las características anteriores y relacionadas con el microclima, gobiernan las relaciones de humedad y aireación del suelo.

Otros trabajos relacionados con la localidad se basan en la altitud topográfica relativa, el aspecto, la posición de la pendiente y el grado de la inclinación. Un trabajo realizado por Carmean (1967), citado por Spurr (33), en encino, manifiesta que las ecuaciones basadas únicamente en los rasgos topográficos explican más del 75% de la variación en altura total.

Trabajos basados en series y fases de suelos han sido poco satisfactorios para la estimación precisa de la calidad de la localización arbórea (22).

A nivel general puede existir una alta correlación - entre factores edáficos o topográficos y la calidad de sitio, sin embargo, no hay que olvidar el parámetro casual y la omisión o excesivo valor de importancia que se le puede dar a un parámetro edáfico.

## 6.2 Índice climático:

El clima es un factor determinante en el crecimiento de las masas forestales, influyendo gradualmente en la distribución natural de las diversas especies. A nivel general se han estudiado la influencia del clima en el crecimiento. Sin embargo el clima local puede variar considerablemente de un lugar a otro dentro de una misma región, en función de las condiciones fisiográficas.(33)

Otro factor bastante estudiado es la temperatura, que conjuntamente con la precipitación, actúan sobre el balance del agua y hacen posible de esta forma estudiar la correlación con el clima (33).

A pesar de existir esta importante correlación entre el crecimiento y el clima, han sido pocos y difíciles de elaborar al considerar el clima como local. Por ejemplo, se han realizado trabajos que tratan de correlacionar la precipitación pluvial con el crecimiento forestal. Se han obtenido buenas relaciones en muchos casos debido a que la humedad del suelo es frecuentemente un factor limitante en el crecimiento forestal, al menos, durante el período más caliente de la estación de crecimiento. (10,33).

## 7. Métodos de estudio de crecimiento y rendimiento:

La metodología de predicción de crecimiento y rendimiento puede abarcarse considerando cuatro fases principales:

1. La estimación del crecimiento y rendimiento
2. La construcción de un modelo matemático y su respectivo ajuste.
3. Prueba del modelo para su validación
4. La aplicación del modelo para el uso final requerido

Los diseños de estudios para la predicción del rendimiento se clasifican u ordenan bajo dos tipos fundamentales de -- parcelas: temporales y permanentes. Las temporales se usan primordialmente para la estimación de las relaciones -- independientes del tiempo. Las parcelas permanentes de -- muestreo toman en cuenta el tiempo y contribuyen para la -- construcción de modelos de crecimiento y rendimiento. (2, 6,19 ).

A continuación se discute en torno a principales caracte-- rísticas a nivel general, que se deben tomar en cuenta en la conformación de parcelas:

### 7.1 Número de parcelas:

No es posible determinar el número de parcelas requeridas desde el punto de vista puramente estadístico. La precisión de un modelo, dependerá de la localización de las parcelas, de la duración de posibles mediciones posteriores, así como de las covarianzas de las diferentes variables predictorias y coeficientes en el modelo ajustado (2).

La cantidad depende del objetivo de estudio; planteán

dose diferencias de intensidad de parcelas, según la homogenización del sitio y el interés que se manifieste en la consideración o no de este parámetro.

### 7.2 Ubicación de las parcelas:

En términos generales deben de ubicarse con igual frecuencia en sitios pobres, medianos y sitios fértiles. En rodales diferentes (de baja, media y alta densidad) en rodales jóvenes, rodales a mitad de ciclo y en rodales a la edad de rotación. La ubicación real en el campo se basa en el diseño experimental a trabajar, o complementándose con una estratificación geográfica o fotográfica adecuada (2,19 ).

### 7.3 Tamaño de las parcelas:

Se llega a determinar por el tipo de bosque, la homogeneidad de la masa forestal y la distribución de la especie; variando en este sentido en un amplio rango, que se observa a continuación:

<u>Tipo de bosque</u>	<u>Mixto</u>	<u>Homogéneo</u>
Parcelas de muestreo	1-2 ha	0.04-0.08 ha
Experimentos (excluyendo aislamiento)	1-5 ha	0.08-0.12 ha
Estudios de operaciones de cortas reales	5-10 ha	0.10-0.50 ha

Si se desea seguir el experimento hasta que queden - 200 arb/ha es deseable no instalar parcelas menores a 1/4 de hectárea (0.25 ha.) (2,20 ).

#### 7.4 Forma de la parcela:

Pueden ser rectangulares o circulares. Las rectangulares son más adecuadas para tamaños mayores de 0.01 ha; mientras que las circulares son más rápidas de ubicar para tamaños inferiores de 0.01 ha en rodales poco densos y 0.05 ha en rodales densos (2).

#### 7.5 Frecuencia y época de las mediciones:

Depende de la tasa de crecimiento de los árboles. En las parcelas recién instaladas es necesario realizar la segunda medición después de un lapso de tiempo más corto que el normal. Mientras mayor sea el lapso entre las mediciones, con mayor precisión podrá determinarse el incremento de los árboles.

En plantaciones jóvenes en los trópicos es recomendable un intervalo entre mediciones de un año, en plantaciones desarrolladas un intervalo de 2 a 4 años y en bosques templados uniformes de 3 a 5 años. Es necesario conjugar las mediciones en la misma época del año, realizada el año precedente (2,19).

#### 7.6 Diseño experimental de parcelas:

En la actualidad es factible la utilización de una gran cantidad de diseños experimentales, amparados todos por procesos estadísticos aprobados y de fácil proceso por medio de un computador.

A manera general los diseños se dividen en aleatorios y sistemáticos. Los aleatorios están sujetos a aná-

lisis de varianza convencional, mientras que los segundos son normalmente satisfactorios cuando la regresión es el método principal de análisis. Los diseños aleatorios también pueden analizarse por regresión y por lo tanto, preferirse probablemente en todos los casos excepto en los experimentos de espaciamientos en plantaciones (2,24 ).

## 8. Factor de Forma y de Corteza:

### 8.1 Factor de forma:

La forma del tallo de un árbol en particular varía considerablemente de un árbol a otro y de una especie a otra. Se limita el estudio a la forma del tallo porque es imposible recomendar para cada especie un método único para describir la morfología de cada una de las partes constitutivas de un árbol.

La expresión más simple de la forma del tallo es expresada por el factor forma ( $f$ ) y se relaciona directamente con el volumen del árbol. Cada volumen puede considerarse en un árbol y tiene su correspondiente factor de forma o factor mórfoico. El factor mórfoico no es necesariamente una característica de la forma del tallo por las siguientes consideraciones (6, 19) :

- a. Dos árboles con el mismo  $f$ , no tienen necesariamente la misma forma; y
- b. Dos árboles de la misma forma no tienen necesariamente el mismo  $f$ .

Conforme el dato del factor mórfoico se acerque más a

la unidad, el árbol asemeja su tallo a un cilindro.

Montagna (26) reporta una variación del factor de forma de 0.364 a 0.528 en Pinus elliotii de 16 años y bajo distintos espaciamientos. Husch (20) indica una variación entre 0.60 a 0.80 para distintas especies.

## 8.2 Factor de corteza:

El conocimiento del volumen sin corteza es una necesidad cuando éste es el volumen utilizable que se desea conocer, pues la corteza generalmente no se utiliza (3,10).

La proporción del volumen de corteza al volumen sobre corteza varía desde porcentajes muy pequeños a aproximadamente 20%, para la mayoría de las especies. Esta proporción es tanto más importante si el árbol es joven, si la altitud aumenta y de manera general si las condiciones de crecimiento son más difíciles (20).

#### IV METODOLOGIA

##### 1. Selección del lugar:

Se trabajó en un bosque natural de Pinus maximoi H. E. - Moore., el cual no presenta características algunas en - que denote alteración de su crecimiento normal, como lo puede ser algún método de manejo, raleo, poda o resina-- ción.

Es un bosque puro en cuanto a especie y presenta una regular densidad (268 abr/ha.).

La selección del lugar respondió a la instalación de un rodal experimental con PMP (parcelas de muestreo permanente), donde se realizaron distintas intensidades de raleo, con objetivo de buscar la densidad óptima de la región. Aprovechando los árboles tumbados, se realizó el análisis fustal detallado, en torno a los cuáles se obtuvieron los principales resultados.

##### 2. Características Generales:

###### 2.1 Origen del rodal:

El bosque actual se originó de árboles padres dejados en el aprovechamiento anterior. Esta explotación se realizó aproximadamente en el año de 1957, con lo cual el bosque actual tuvo un período de establecimiento de 2-6 años, posterior al período en el cual las condiciones del suelo permitieron la germinación de la semilla, conjugada con los factores climáticos y la vegetación pionera.

El desarrollo del bosque desde el aprovechamiento anterior hasta la fecha, se plantea de la manera siguiente:

<u>AÑO</u>	<u>ACTIVIDAD</u>
1957	Año de aprovechamiento anterior.
1958	Inicio de la germinación de semillas caídas de árboles padres.
1965	Declina la germinación de semillas y ya está establecida la mayoría del bosque actual.
1984	Aprovechamiento selectivo en los alrededores del rodal de investigación y en el resto de la finca.
1985	Inicio de las investigaciones en el rodal de pino.

Los árboles padres dejados por unidad de superficie son bastante variables, es decir, no existió un patrón fijo de distanciamiento. A manera general se encuentra un promedio de 2 árboles/ha. Los árboles padres detectados en la actualidad presentan características típicas de malos o inadecuados árboles padres, que no presentan las características que debe cumplir un árbol padre semillero (fuste recto, buena producción de semillas, sin bifurcaciones, ramas con 30° de inclinación, capacidad de autopoda, etc.).

Las buenas condiciones de crecimiento del bosque actual, se deben a la buena calidad de sitio, sin tomar mucho en consideración el origen de las semillas o aspectos de genotipo.

En los 28 años transcurridos desde el aprovechamien-

to anterior, no se ha realizado ningún tipo de aprovechamiento o manejo y no ha sido reportado ningún ataque de plagas, enfermedades o incendios. Últimamente ha existido un poco de pastoreo en el bosque, el cual actualmente ha sido considerado para su eliminación y de esta forma evitar algún grado de influencia en el crecimiento del rodal.

## 2.2 Situación actual:

### 2.2.1 Localización:

Las parcelas fueron ubicadas en la finca Chinchén, perteneciente al municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz.

Sus coordenadas aproximadas son  $15^{\circ} 22'$  latitud norte y  $90^{\circ} 22'$  longitud oeste, sobre una altura de 1,400 msnm. (Figura 4).

### 2.2.2 Accesibilidad:

El acceso a la finca se logra por 4 caminos - de terracería, con revestimiento suelto. Generalmente en toda época del año se puede ingresar con carro de tracción simple por alguno de los 4 caminos.

En época muy lluviosa los caminos presentan problemas en algunos sectores de su trayecto, que varían entre distancias de 100 - 500 metros, las cuales están siendo reparadas en la actualidad (Figura 5).

La distancia total más corta de la ciudad ca-

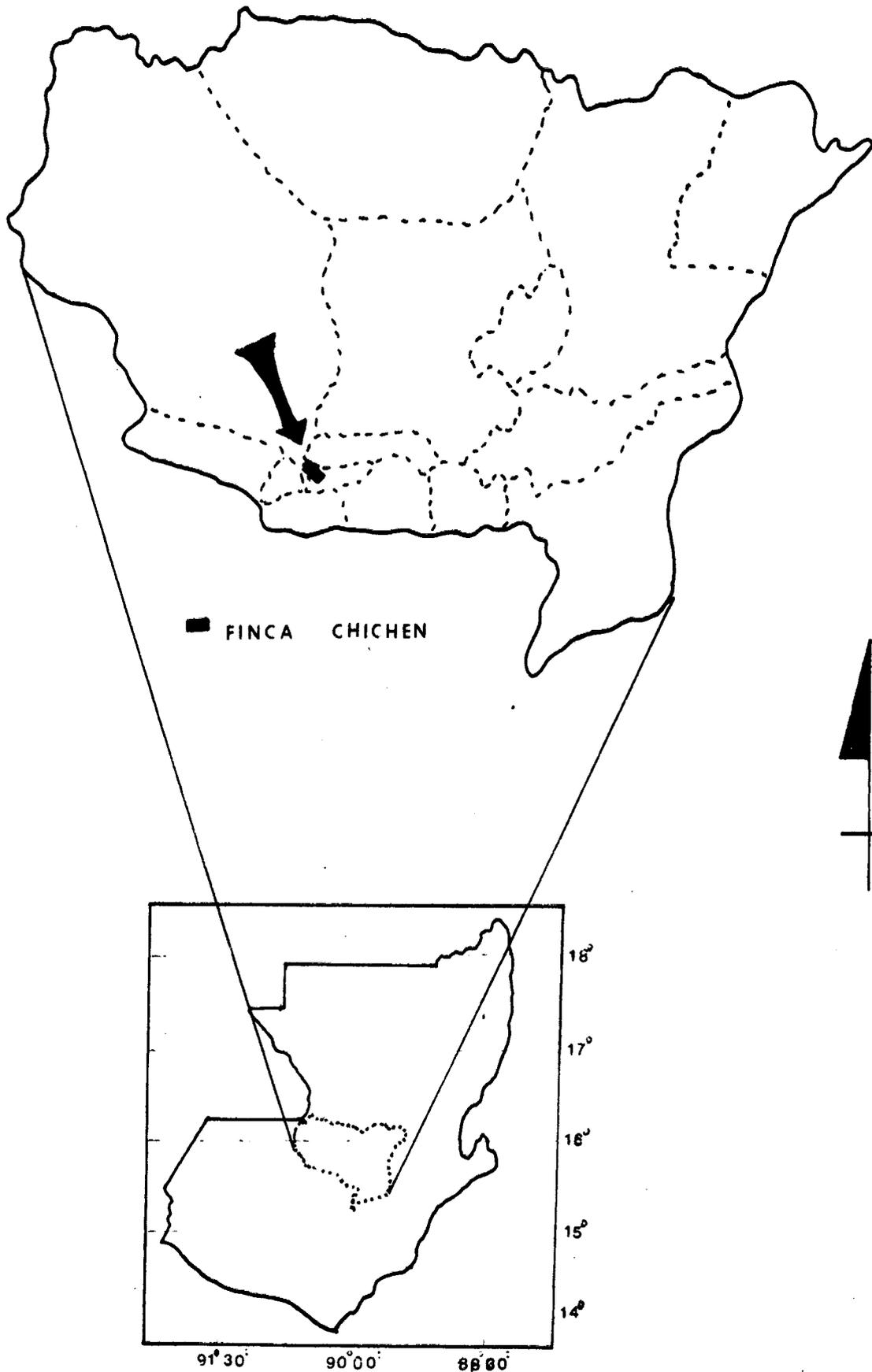


Figura 4

Escala 1:800000

Ubicación general de la finca Chichén en Cobán, Alta Verapaz.

Caminos:

- 1: 7.1 Km
- 2: 6.9 Km
- 3: 6.9 Km
- 4: 6.8 Km

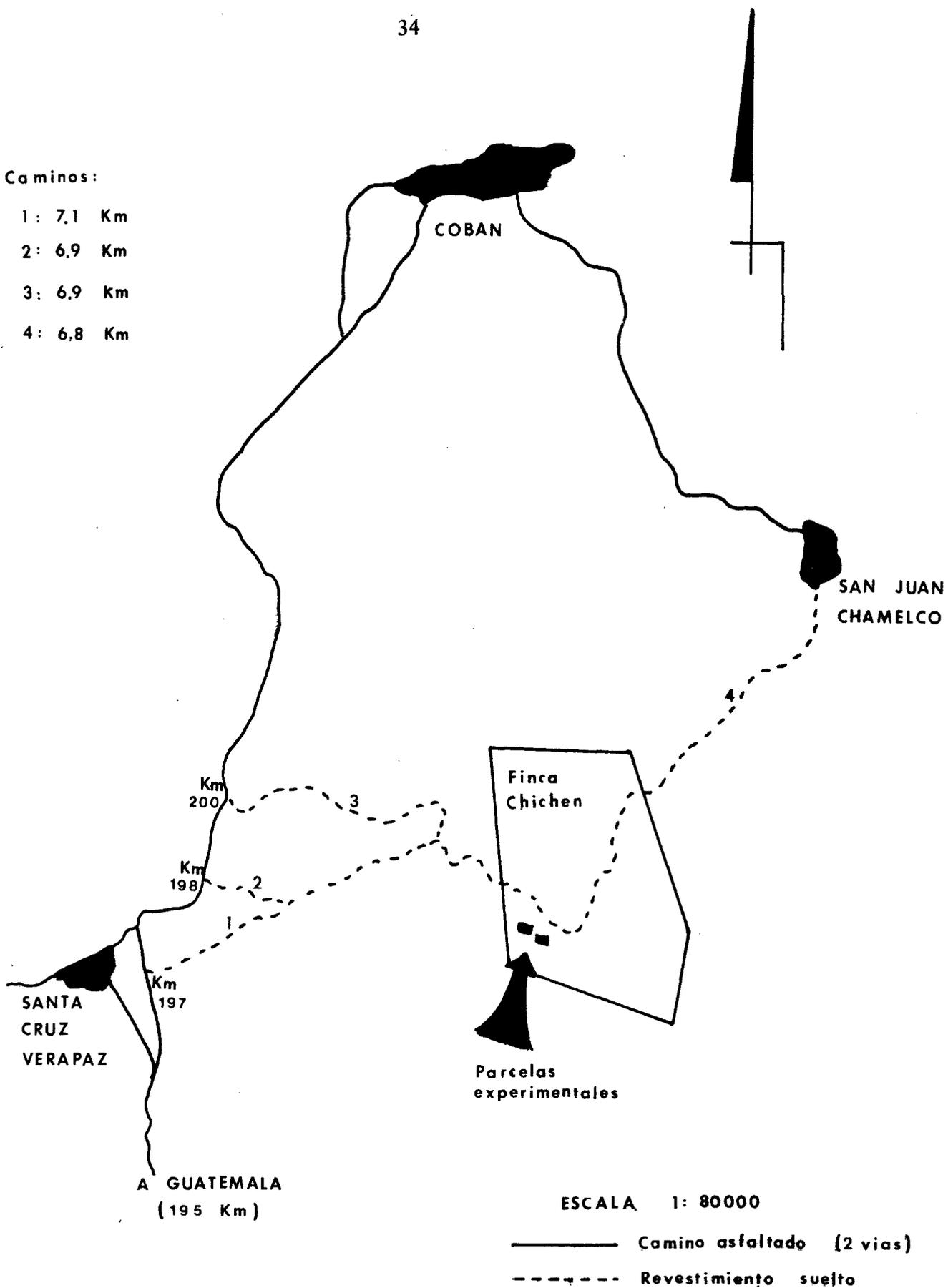


Figura 5  
Ubicación de la finca Chichen, respecto a cabeceras  
municipales más cercanas. Alta Verapaz.

pital a la finca, al centro del poblado es de 204 Km. La distancia del casco de la finca al centro del poblado más cercano es de 6.8 Km., siendo esta población de San Juan -- Chamelco (camino 4). Le sigue en cercanía el acceso a la finca por Santa Cruz Verapaz, de la cual dista 7.1 Km. (camino 1). El camino 2 atraviesa la finca privada "Holanda" y es necesario conseguir un permiso general o temporal para ingresar por dicho camino. El camino No. 3 se caracteriza por poseer todo su trayecto empedrado, por lo que en tiempo de fuertes lluvias es necesario el acceso por este camino. Tanto el camino No. 2 y No. 3, poseen una distancia de 6.9 Km desde el casco de la finca hasta su entronque con la carretera asfaltada que conduce de Guatemala a Cobán (Carretera no. 5 departamental).

La red interna de caminos de la finca es aceptable, constituida por caminos forestales recientes y en constante mantenimiento, en función del aprovechamiento a gran escala que se verifica en el presente año, en esta finca. (Ver figura 6).

### 2.2.3 Superficie y límites:

La superficie total de la finca es de 868 ha (19.38 caballerías). De esta superficie el 13.5% (117.8 ha ) son bosque de coníferas.

El rodal experimental donde se ubicaron las parcelas posee una superficie homogénea de --

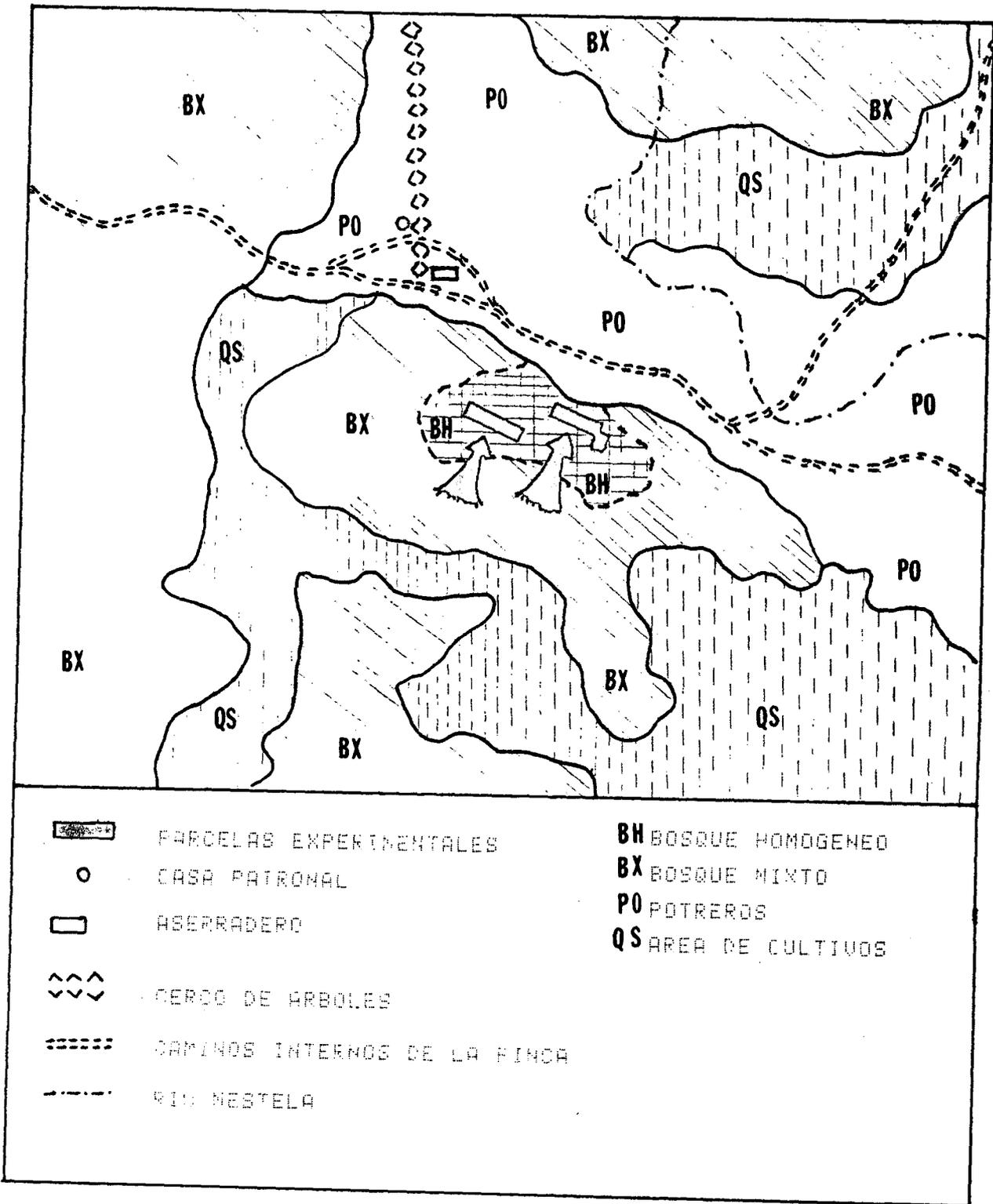


Figura 6  
 Dirección general del rosal experimental y la posición  
 de sus bloques, en la finca "Chichén", Alto VeraPaz.

2.92 ha , siendo totalmente de coníferas.  
(Figura 5).

Los límites del rodal experimental son los -  
siguientes:

Al Norte: Potreros, camino interno de terracería.

Al Sur: Rodal de coníferas, recientemente a  
provechado.

Al Este: Vereda peatonal, bosque mixto re--  
cientemente aprovechado.

Al Oeste: Rodal mixto.

#### 2.2.4 Altitud y fisiografía:

Las variaciones altitudinales del rodal expe-  
rimental son de 35 metros, comprendidos aproxii  
madamente ente 1,425 y 1,460 msnm.

El rodal posee una pendiente promedio de 23%  
orientación Sur-Norte y un promedio de 18% -  
orientación Oeste-Este.

Existe una pendiente máxima de 33% en las partes  
más pronunciadas de las parcelas. En el  
cuadro 4 se observan las pendientes promedio  
en relación a orientación, del mismo modo el  
perfil y el contorno de cada parcela. La to-  
ma de datos fué efectuada con clinómetro, util  
izando el cuadro 27 del apéndice, para la esti  
mación de la curvatura topográfica y el anál  
isis posterior de los drenajes naturales.

El drenaje del rodal se realiza directamente sobre el río Mestelá, el cual pertenece a la sub-cuenca del río Cahabón. (Figura 5).

CUADRO 4. Orientación de las pendientes, perfiles y contorno de las parcelas.

Bloque	Parcela	Pendiente Sur-Norte (grados)	Pendiente Oeste-Este (grados)	Perfil	Contorno
A	1	10	6	Cóncavo	Recto
	2	13	22	Recto	Recto
	3	19	10	Cóncavo	Recto
B	1	20	5	Cóncavo	Convexo
	2	9	6	Cóncavo	Convexo
	3	8	12	Recto	Convexo

#### 2.2.5 Clima:

La finca Chichén se ubica en una zona de Bosque muy Húmedo Sub-Tropical (frío), según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (10). Los datos climáticos obtenidos de las estaciones de Cobán (registro 1.1.8) y la estación de San Juan Chamelco (registro - 01.04.02), bajo cargo del INSIVUMEH e INDE respectivamente, se observan en el apéndice.

Datos promedio de las dos estaciones son los siguientes:

Estación Cobán:

Precipitación anual: 2084.2 mm - Temperatura mínima : 13.2°C

Días de lluvia : 212.0 días - Temperatura - máxima absoluta : 34.2°C

Temperatura media : 17.7°C - Temperatura mínima absoluta : 0.8°C

Temperatura máxima : 24.7°C - Humedad relativa : 85.0%

Estación San Juan Chamelco:

Precipitación anual : 2332.8 mm

Temperatura media: 20.4°C.

En la figura 7 se aprecia el climadiagrama - con la distribución mensual de las lluvias y temperaturas. Se realizó con datos de la estación Cobán, con 14 años de registro. Se observa la poca variación de la temperatura a través del año, de la misma manera que los meses de mayor precipitación mensual.

El incremento de la precipitación en los meses de junio a octubre (según el gráfico) esta ligado a la formación de anillos de crecimiento. Existe un incremento de 121 mm de lluvia entre los meses de mayo y junio, repercutiendo en la creación de los tipos de anillos formados por año

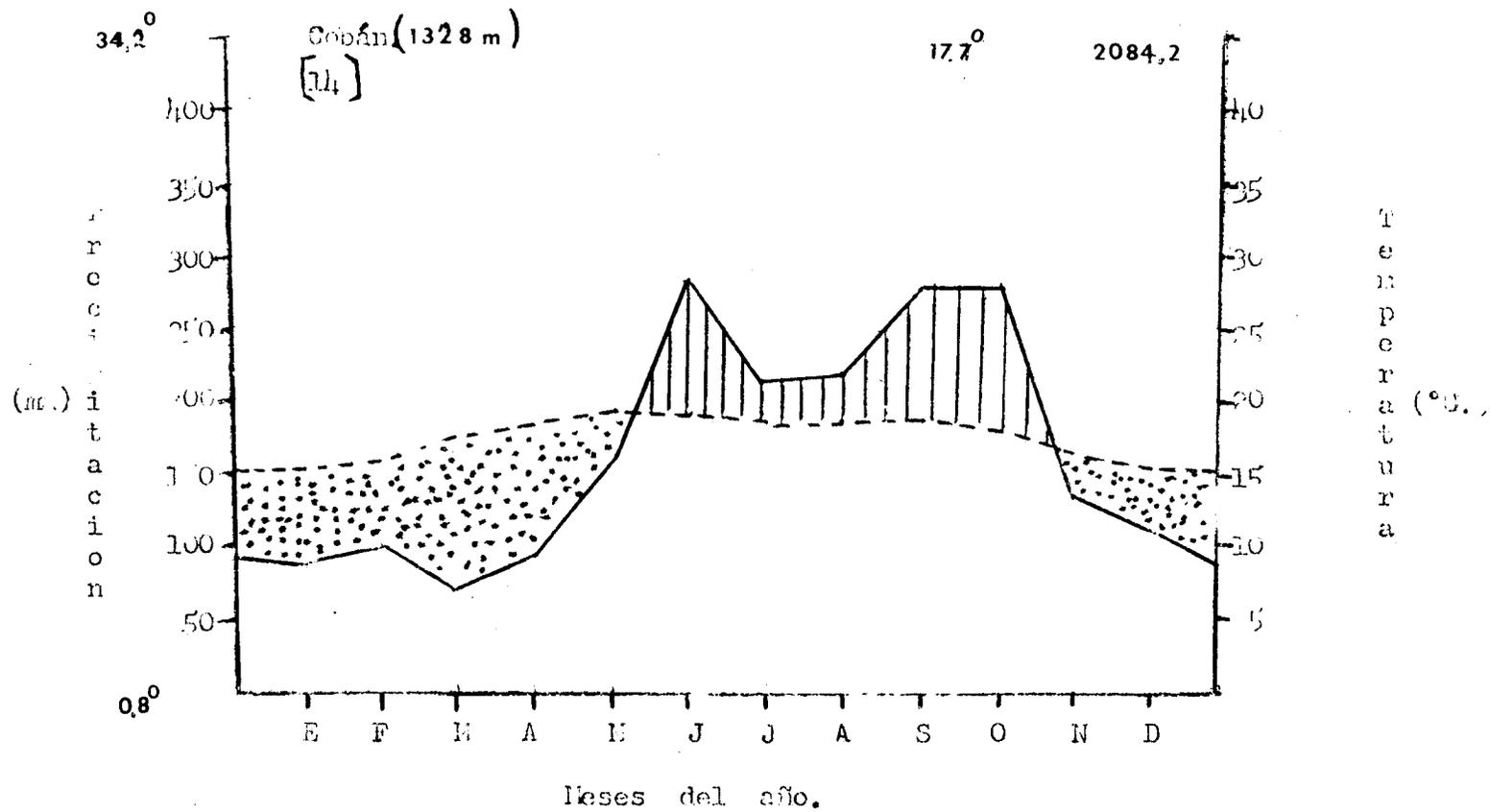


Figura 7

Climadiagrama correspondiente a la Finca Chichén, Cobán, Alta Verapaz.

(Madera temprana y madera tardía). El descenso de precipitación en el mes de agosto puede llegar a influir en la formación de -- más de un anillo por año, o la formación de falsos anillos.

En los análisis fué considerada la existencia de falsos anillos y no existe la formación de 2 anillos anual en la especie de Pino, al verificar el conteo con el historial del rodal.

#### 2.2.6 Flora:

Se determinaron las principales especies , que además de Pinus maximinoi H. E. Moore. son representativas de la masa arbórea y del sotobosque. El estrato arbustivo se muestreó con parcelas de 16 m<sup>2</sup> y el estrato herbáceo con parcelas de 1 m<sup>2</sup>.

El estrato arbóreo fué medido en las 6 parcelas experimentales establecidas, de 2500 m<sup>2</sup> - cada una.

Aparte de la especie principal, que es Pinus maximinoi H. E. Moore. se encuentran las siguientes especies en el estrato arbóreo: Liquidambar styraciflua L. (liquidambar); Rhus striata Ruiz y Pavón. (Amché); Myrica cerifera L. (Arrayan); Hedyosmum mexicanum Cardemoy; Quercus sp. (Encino); Cedrela sp. (Cedro); -- Pimienta dioica Merrill.; Alnus sp. (Aliso); Juglans guatemalensis Manning. (Nogal).

En lo referente a otras especies determinadas en el estrato secundario son: Vismia mexicana Schlecht (Achiotillo); Conostegia hirtella - Cog.; Leandra multiplinervis (Naudin) Cog.; Granffrieda Galeotti (naudin) L.; Hamelis - sp.; Miconia sp.; Diphysa sp.; Trema micrantha; Erytrina sp.; Psidium guajaba L.; Colocarpum sp.; Lantana sp.; Mimosa sp.

Algunos géneros de gramíneas y herbáceas son: Piper tacticanum; Euphorbia sp.; Selaginella - sp.; Aristolochia sp.; Peperomia sp.; Piper -- sp.; Agave sp.; Lasiciis sp.; Paspalum sp. y -- Cyperus sp.

#### 2.2.7 Suelos:

Se llevó a cabo la descripción general del tipo de suelo, basados en la clasificación de Simmons, Tárano y Pinto (32).

Se realizó una calicata por parcela, en las cuales se analizaron los datos que aparecen en el cuadro 28 del apéndice. También se realizó el muestreo respectivo de suelos y a nivel de laboratorio se determinaron textura, densidad, humedad equivalente a 1/3 y 15 Atm., coeficiente higroscópico, % de materia orgánica, pH, carbonatos, color y análisis químico. Los análisis fueron hechos para los diferentes perfiles encontrados en las 6 calicatas.

Los suelos son clasificados según Simmons (32) en la serie Carchá. Estos tienen la particu-

laridad de ser suelos profundos y son clasificados como los suelos más productivos y arables de la región. El problema se manifiesta en la pendiente que poseen, siendo ésta -- por lo general, mayor de 15%.

Los suelos Carchá, son bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica blanca de grano fino, en climas húmedos. El suelo superficial es franco limoso y franco arcillo - arenoso, friable, de color café muy oscuro. El sub-suelo varía entre franco limoso y franco arcillo limoso de color café claro amarillento a café oscuro. La estructura es granular y el pH se encuentra alrededor de 5.5 - (32).

Los resultados del muestreo de suelo, efectuado a través de 6 calicatas, se muestra en el apéndice. Los principales resultados muestran que los suelos poseen buen drenaje y un grado mínimo de pedregosidad. La erosión es mínima y en dado caso es de tipo laminar. La profundidad varía de 0.74 m. en su nivel mínimo y -- 1.50 m. el nivel máximo de la zona de penetración de raíces.

Los suelos poseen el horizonte O, A, AB, B y C bien diferenciados. El horizonte O posee -- una profundidad variante de 5-10 cm.; el horizonte A de 23-40 cm.; el AB de 33-51 cm.; el B de 61-111 cm.; y el horizonte C de 81-151 -- cm.

Su textura es franco limosa, franca o franco

arenoso según el horizonte analizado. El color en seco y en húmedo es dominado por 10 y R 3/3 y 2.5 y 3/3-3/2 y no se presentan moteados en el color (30).

Su estructura es granular en su mayoría y en algunos casos bloques subangulares. Es fina o medianamente gruesa y está definida o medianamente definida. La consistencia del material en húmedo es firme, medianamente firme o friable, según el horizonte. En mojado es ligeramente adhesivo o adhesivo y con el suelo saturado es ligeramente plástico o plástico.

Las raíces son abundantes en el horizonte O y A; luego término medio en los horizontes AB y B y pocas en el horizonte C.

El análisis químico del suelo presenta un pH mínimo de 4.33 y un máximo de 5.7, con una media de 5.23 considerando todos los horizontes.

No existe fósforo en algunos horizontes y en otros hay un máximo de 2.06 ug/ml. El Potasio presenta un mínimo de 15 ug/ml. y un máximo de 33 ug/ml.

Los elementos menores, representados por el Calcio, presentan un mínimo de 0.75 Meq/100 ml. de suelo y un máximo de 7.47 Meq/100 ml. El magnesio un mínimo de 0.17 Meq/100 ml. y un máximo de 1.08 Meq/100 ml. de suelo.

La tensión mínima de todas las muestras trabajadas en la olla de presión a 1/3 de atmósferas es de 45.26 Atm. y la máxima de 83.47 Atm. Trabajando experimentalmente en la olla a 15 atmósferas, el valor mínimo registrado - fué de 42.40 Atm. y el máximo de 66.22 Atm.

La materia orgánica es alta en todos los horizontes, con un porcentaje mayor de 6.81% en relación a total de suelo. La densidad aparente mínima es de  $0.4423 \text{ grm/cm}^3$  y la máxima de  $0.6587 \text{ grm/cm}^3$ .

A manera general las características analizadas señalan un suelo típico de la región de las Verapaces. Se presenta como un suelo ácido, con coloración bastante oscura. Una característica interesante es la profundidad -- que es mayor, en comparación con los otros -- suelos de la región. Del mismo modo se presenta un elevado porcentaje de materia orgánica (6.81%) lo que hace una densidad real baja. El elevado porcentaje de material orgánico se debe a la combinación del bosque de Pino, con algunas especies de latifoliadas en el estrato intermedio, lo que hace que exista una alta acumulación en el período de menores lluvias.

El porcentaje de porosidad promedio, es de -- 79%, el cual, está en función del alto porcentaje de materia orgánica. Esto indica una alta retención de humedad.

### 3. Trazo Preliminar de Parcelas:

Para el trazo y ubicación de las parcelas se utilizó fotografía aérea falso color, a través de la cual se estratificó el área, según homogeneidad en distribución de la especie. La escala de la fotografía utilizada es de 1 : 20,000. Aparte de las anteriores se utilizaron fotografías del año 1964, en las cuales no aparece el bosque bajo estudio, por poseer éste una menor edad. Estas se utilizaron para obtener inferencias sobre el rodal anterior.

Conjuntamente con las fotografías se utilizaron mapas topográficos a escala 1:50,000 conforme a los cuales se estudió el área en general y se delimitaron en forma aproximada las parcelas (13).

#### 3.1 Prueba de homogeneidad en especie:

Esta se realizó con el conteo y determinación de todos los árboles ubicados en el interior de las parcelas. Se determinaron las muestras vegetales de los árboles dominantes, estando constituidas únicamente por Pinus maximinoi H.E. Moore. y por Liquidambar -- styraciflua L.

Se obtuvieron las áreas basales de cada especie del estrato arbóreo, por árbol y por parcela.

#### 3.2 Prueba de homogeneidad en altura dominante:

Para ello se utilizó el cuadro no 29 que aparece en el apéndice. Se realizó la medición de todos los -- diámetros y a los 10 mayores por parcela (50 \* 50) les fué tomada la altura, con forcípula y clinómetro respectivamente.

Luego se comparó estadísticamente la altura - dominante de cada parcela (prueba de "t" y F al 0.05% de probabilidad). Al existir homogeneidad se consideró como un sólo sitio.

4. Trazo de las parcelas de muestreo:

Está relacionado con la instalación de las parcelas en el campo, con su respectivo diseño experimental. Se incluyen los siguientes parámetros:

- a. Edad del rodal: Instaladas en un bosque natural de 22 años de edad.
- b. Cantidad de parcelas: Fueron instaladas un total de 6 parcelas.
- c. Tamaño: Poseen un tamaño de 1/4 de hectárea (0.25 ha ).
- d. Forma: Todas de forma cuadrada de 50 x 50 metros.
- e. Diseño: El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar. En cada bloque se realizaron 3 tratamientos de raleo (0%, 30% y 50%) con base en el área basal. Se instalaron 2 bloques, es decir, dos repeticiones por tratamiento. Entre cada tratamiento existe una distancia de 10 metros. Producto de estos raleos se logró realizar el análisis fustal detallado, base del presente estudio.
- f. Frecuencia y época de mediciones: El trabajo se realizó en los primeros seis meses de 1985. Los efectos del raleo serán evaluados por el Instituto de Investigaciones Agronómicas, de la Facultad de Agronomía. -

Tiene que ser por un período mínimo de 8 años, con el objetivo de obtener distintos incrementos reales, resultado de las distintas intensidades de raleo.

## 5. Delimitación de las parcelas y marcación de árboles:

Los materiales utilizados fueron escogidos para que resistieran los efectos del medio ambiente forestal a través del tiempo.

### 5.1 Marcación de las parcelas:

Se ubicaron postes en cada esquina de las parcelas. También hay zanjas de 0.5 m. de profundidad y 2.5 m. de largo, con 0.3 m de ancho, ubicadas en cada esquina de las parcelas, formando una cruz. A cada poste se le colocó una plaquita de metal, donde se encuentra su registro.

### 5.2 Determinación de los árboles de borde:

Todos los árboles fuera de la parcela y cercanos al límite se les pintó una cruz amarilla, orientada hacia el lado del límite de la parcela.

Los límites se determinaron con brújula, visuales y el uso respectivo de la cinta métrica para determinar la superficie requerida.

### 5.3 Marcación de árboles:

Se instalaron en cada árbol 2 plaquitas de aluminio. La primera fue ubicada a 2 m de altura sobre la superficie del suelo, es decir, a 0.70 m arriba del

diámetro a la altura del pecho (1.3 m ).

La segunda plaquita fué ubicada en el tocón de todos los árboles, generalmente en el lado Norte del árbol. Todas las plaquitas fueron colocadas con clavos de aluminio de 2 pulgadas. Cada plaquita mide 2.5 cm x 7.0 cm. y lleva pintado el registro de cada árbol, - incluyendo el número de árbol, número de parcela y - número de bloque.

#### 5.4 Mapeo de los árboles:

Se realizó por medio de medición de las coordenadas relacionadas a la esquina más cercana de la parcela. En las parcelas se realizaron sub-divisiones de 10 x 10 m. debido a que existió dificultad de lectura a la esquina más cercana. A manera general en las figuras 8 y 9 se ubican las características generales de trazo y demarcación de las parcelas.

En estas figuras también se observa la distribución relativa de los árboles dentro de cada parcela y los respectivos árboles raleados.

El distanciamiento promedio fué calculado para cada sub-división de parcela, en función del número de - árboles por unidad de superficie, y se trabajó con - un promedio por parcela.

#### 6. Mediciones de los árboles del rodal:

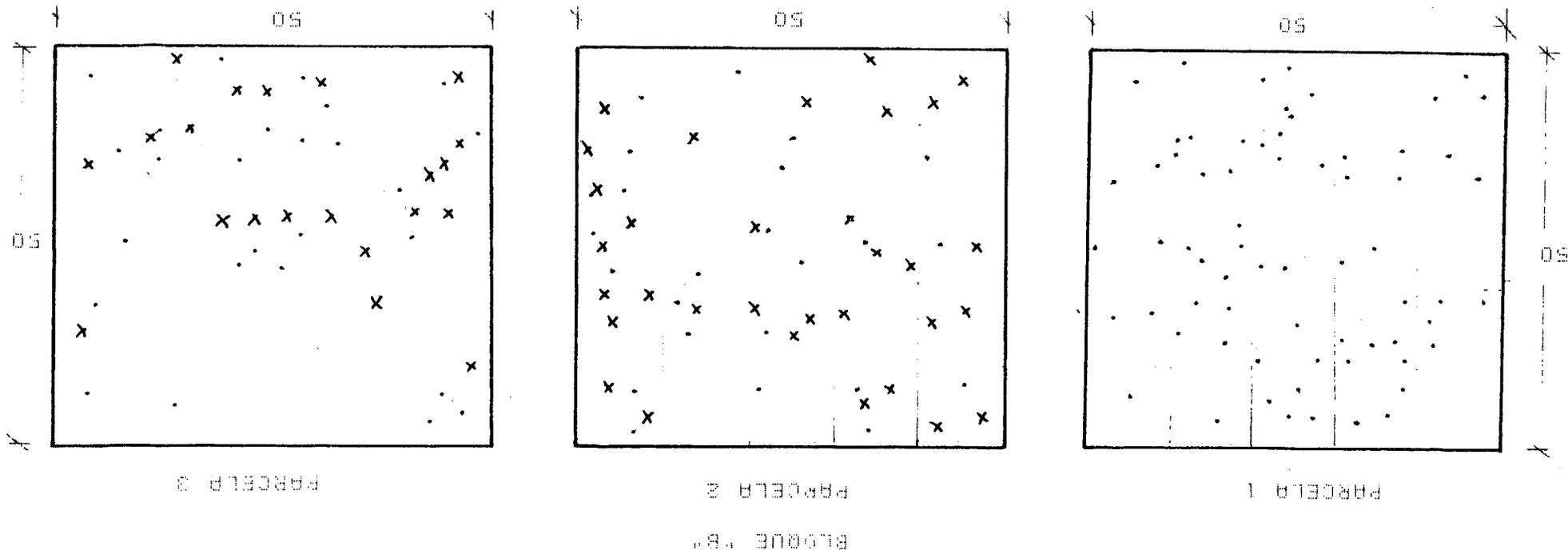
En forma general las variables medidas fueron diámetro, - altura, espesor de corteza, edad y algunas característi--cas cualitativas (forma, plagas, defectos, anomalías).



Posición relativa de los árboles en el bloque "B".

Figura 9

• Árboles remanentes  
x Árboles derribados.



51

## 6.1 Mediciones antes del raleo:

### 6.1.1 Determinación del área basal:

Se realizó un conteo general de los árboles - dentro de las parcelas, siendo ubicadas las - plaquitas de aluminio y midiendo respectiva-- mento el diámetro normal (DAP) a 1.3 m con - forcípula, realizando dos mediciones perpendi-- culares por cada árbol. Se calculó el área - basal en función del DAP individual y poste-- riormente se obtuvo el área basal por parcela, por bloque y total.

### 6.1.2 Cálculo de la altura promedio:

Al 45% de todos los árboles les fué tomada la altura total, por medio del clinómetro. El - cuadro 29 que aparece en el apéndice fué el - utilizado para anotar las mediciones de DAP y altura. También se calculó por regresión.

## 6.2 Raleo:

Se realizaron tres intensidades de raleo con base en el área basal total por parcela. El raleo numérico se conjugó con raleo de tipo selectivo, con el objetivo de dejar los árboles mejor conformados en pié.

Las operaciones fueron realizadas con motosierra y - su respectivo equipo secundario.

## 6.3 Mediciones después del raleo:

### 6.3.1 Altura total:

A todos los árboles tumbados les fué tomada -

la altura total con cinta métrica.

### 6.3.2 Análisis fustal:

A 30 árboles tumbados distribuidos en todas las clases diamétricas, les fué realizado el análisis fustal.

Se midieron los diámetros con y sin corteza a intervalos de un metro hasta 10 metros, luego a intervalos de 2 metros hasta 24 m y luego a intervalos de un metro hasta la altura total. En todos los intervalos fueron obtenidos discos o secciones de tallo para estimar la edad.

La cara superior de los discos se ubicó a la altura designada y fué donde se realizó el conteo de anillos a lo largo de 2 diámetros perpendiculares. En la cara inferior se anotó el número de árbol a que correspondía el disco y el número del disco en relación a su altura.

Para el disco correspondiente al DAP, también se midió el diámetro cada 5 años, hasta completar su edad total. Todo el conteo de anillos se realizó en el campo, inmediatamente después del corte con motosierra, debido a que en ese momento se observaban perfectamente bien los anillos de crecimiento. Los registros fueron anotados en el cuadro 30 que aparece en el apéndice.

Con base en las mediciones anteriores se obtuvo, el factor de forma, factor de corteza, volumen real y las variables relacionadas con la edad (incrementos).

El volumen real fué calculado en los 30 árboles derribados, obteniendo el volumen de cada cilindro mediante la fórmula de Huber, la fórmula de un cilindro en el tocón y la fórmula de un cono en la última sección. El volumen total del árbol es la suma de las diferentes secciones y el volumen total por parcela es la multiplicación del árbol promedio por el número de individuos por parcela.

Para el análisis del tiempo de paso fueron contados los anillos que aparecieron en los últimos 2.5 cm más externos de los discos. Los incrementos periódicos fueron trabajados sobre divisiones de 5 años.

El incremento en diámetro fué estimado como el promedio de incremento de cada disco del árbol a las distintas alturas. El incremento en DAP se obtuvo del promedio de los 30 discos, correspondientes a dicha altura (1.3m )

El cálculo en incremento en área basal llevó la misma metodología que el cálculo de incremento en diámetro.

El incremento en altura y volumen se obtuvo dividiendo la altura total del árbol o volumen total, entre la edad total del árbol.

El factor de corteza es una simple relación entre el diámetro con y sin corteza, derivado de la siguiente fórmula:

$$K = \frac{(DAP \times dapsc)}{(DAP^2)} \quad dapsc = K \times dapcc$$

El factor mórfico (factor de forma), se obtiene dividiendo el volumen real del árbol entre el volumen ideal (volumen de un cilindro).

$$\text{Factor mórfico} = f = \frac{\text{Volumen real del árbol}}{(\text{área basal normal} \times \text{altura})}$$

## V PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

1. Trazo preliminar de parcelas:

El trazo preliminar responde a las características deseables que ofrece el bosque para poder ser trabajado como bosque experimental.

## 1.1 Homogeneidad de la especie:

Los datos son producto del conteo general de especies dentro de las parcelas y su medición respectiva de área basal.

En el cuadro 5 se observan estos resultados.

CUADRO 5. Frecuencia y área basal de los árboles por parcela y por bloque.

Bloque	Parcela	Frecuencia Pinos	G pinos (m <sup>2</sup> )	Frecuencia Latifoliadas	G Latifoliadas (m <sup>2</sup> )
A	1	59	4.7755	2	0.0635
	2	80	6.4889	3	0.1261
	3	84	7.4081	4	0.1033
B	1	68	4.9961	2	0.0511
	2	56	4.8859	2	0.4107
	3	47	5.5969	2	0.1433
TOTAL		403	34.1514	15	0.8980
PORCENTAJE		96%	97%	4%	3%

Las parcelas son de 2,500 m<sup>2</sup> cada una, lo que da una densidad total de 281 arb/ha y una densidad sólo de pino de 268 arb/ha.

### 1.2 Homogeneidad en altura dominante:

En cada parcela fueron tomadas las alturas de los 10 diámetros mayores, se obtuvo un promedio de las mismas y son las que se presentan a continuación en el cuadro 6.

CUADRO 6. Datos promedio de altura dominante por parcela.

Bloque	Parcela	Altura	Bloque	Parcela	Altura
A	1	28.27 m	B	1	27.10 m
	2	27.45 m		2	28.91 m
	3	27.56 m		3	27.19 m

Se obtuvo una media general de 27.75 m con una desviación estandar de 0.7040 y un coeficiente de variación de 2.54 %.

Realizando el análisis estadístico para bloques al azar, se determinó que no hay diferencia significativa entre bloques y entre parcelas, utilizando la prueba de F y la prueba de 't', ambas al 0.05% de probabilidad.

El rodal experimental ha sido considerado como bosque puro de coníferas (96% de individuos y 97% de área basal del total de árboles dominantes, constituidos por Pino) y homogéneo en cuanto altura dominante.

El bajo porcentaje (4%) de especies latifoliadas en el estrato dominante, con relación al total, se debe fundamentalmente a la forma de realización del aprovechamiento forestal anterior.

Sin embargo, el porcentaje de especies latifoliadas en el estrato intermedio se incrementa y representa el 24% del total de la población y el 36% del área basal total. Estos datos indican que en los años posteriores al aprovechamiento, ya no influyó el hombre en el crecimiento general del bosque y las especies latifoliadas se lograron desarrollar, en función del clima favorable para su crecimiento.

La topografía del terreno es en su mayoría cóncava, la cual tiende a radiar rápidamente el calor en las noches frías y acumular aire frío, el cual fluye de las tierras altas circundantes y no es beneficioso para algunas especies de latifoliadas. Conjuntamente a la forma de superficie, el rodal experimental estudiado, tiene la exposición Norte. Los bosques con exposición Norte reciben menos luz solar e invariablemente son más fríos y húmedos.

Uniéndolo las características de clima, con las de posición topográfica, se observa que el clima puede perfectamente soportar una vegetación de tipo mixto

o exclusivamente de latifoliadas. Sin embargo, las condiciones fisiográficas del bosque transforman -- las altas temperaturas en temperaturas más bajas, -- las cuales favorecen el desarrollo del Pino. Integrando también las condiciones del historial del terreno, es decir el aprovechamiento anterior, el bosque de coníferas supo aprovechar las buenas condiciones de suelo (buena profundidad, pH ácido, disponibilidad de nutrientes, etc.) para obtener la producción actual (201.78 m<sup>3</sup>/ha) en corto tiempo y sin ningún manejo forestal.

## 2. Situación del bosque antes del raleo:

Los datos generales del bosque, considerando toda la población forestal (Pinus maximinoi y especies latifoliadas) son los que aparecen en el cuadro 7, 8 y 9. Las principales especies latifoliadas son presentadas en el cuadro 7.

CUADRO 7. Especies latifoliadas encontradas en el rodal experimental

Espece	No./Parcela	No./ha	g (m <sup>2</sup> )	G/parcela (m <sup>2</sup> )	G/ha (m <sup>2</sup> )
<u>Liquidambar styraciflua</u> ,	4	24	0.0444	0.1702	0.6807
<u>Hedyosmum mexicanum</u> ,	6	36	0.0153	0.0971	0.3882
<u>Rhus striata</u>	1	6	0.0140	0.0164	0.0654
<u>Myrica cerifera</u>	6	36	0.0257	0.1412	0.5648
Otras*	4	24	0.0315	0.1154	0.4617

\* Ostrya sp., Cecropia sp., 2 especies no determinadas)

Todos los análisis de variables posteriores fueron hechos considerando únicamente la especie de Pinus maximinoi.

## 2.1 Relación entre variables:

Las relaciones establecidas fueron las siguientes:

- a.- Distanciamiento promedio - área basal total
- b.- Distanciamiento promedio - altura promedio
- c.- Distanciamiento promedio - volúmen promedio individual
- d.- Distanciamiento promedio - volúmen total

Los modelos analizados para cada relación fueron los siguientes:

1. Modelo lineal:  $Y = b_0 + b_1 * X$
2. Modelo logarítmico:  $Y = b_0 * X^{b_1}$
3. Modelo geométrico:  $Y = b_0 * b_1^X$
4. Modelo cuadrático:  $Y = b_0 + b_1 * X + b_2 * X^2$
5. Modelo radical:  $Y = b_0 + b_1 * X + b_2 * X^{0.5}$

### 2.1.1 Relación distanciamiento promedio - área basal total:

Existe una relación entre el área basal de los árboles y el distanciamiento promedio de los mismos. A menor distanciamiento se obtiene mayor área basal por unidad de superficie, no cumpliéndose esta relación en valores de -

muy alta densidad o mínima densidad (valores extremos de densidad).

En la figura 10, derivada de los cuadros 8 y 9 se observa un punto en el cual el distanciamiento medio entre árboles ya no influye en el desarrollo del área basal por unidad de su perficie (distanciamiento en 9 m )

La razón es debida a que con ese distanciamiento ya no existe competencia entre individuos - y el desarrollo normal del árbol actúa independentemente de su aprovechamiento y competen-cia de la luz y espacio.

CUADRO 8. Datos promedio de diámetro, altura, área basal y volumen por sub-parcelas en el bloque A.

Bloque 0.75ha	Parcela 0.25ha.	Sub Parc. 0.06ha.	No. de árboles	Area/ Arb. (m <sup>2</sup> )	Dist. Prom. (m)	Diam. Prom. (cm)	Area Basal Prom. (m <sup>2</sup> )	Alt. Prom. (m)	Vol. Prom. (m <sup>3</sup> )	
A	1	1	24	26.04	5.10	30.75	.0743	25.19	0.6758	
		2	12	52.08	7.22	34.56	.0938	25.44	0.8633	
		3	18	34.72	5.89	30.05	.0709	22.36	0.5722	
		4	5	125.00	11.17	29.54	.0685	20.40	0.5039	
	2	1	34	18.38	4.29	27.54	.0596	24.06	0.5167	
		2	12	52.08	7.22	32.33	.0821	24.14	0.7161	
		3	16	39.06	6.25	29.41	.0679	25.53	0.6262	
		4	27	23.15	4.81	29.17	.0668	24.64	0.5943	
	3	1	22	28.41	5.33	29.56	.0686	20.90	0.5171	
		2	23	27.17	5.21	33.13	.0862	26.48	0.8256	
		3	26	24.04	4.90	30.77	.0744	24.47	0.6572	
		4	13	48.08	6.93	36.59	.1052	18.05	0.6857	
	SUMATORIA			232	498.21	74.33	373.40	.9183	281.66	7.7541
	X̄/Parcela			19	41.52	6.19	31.12	.0765	23.47	0.6462

CUADRO 9. Datos promedio de diámetro, altura, área basal y volumen por sub-parcelas del bloque B.

Bloque	Parcela	Sub Parcela	No. de árboles	Area/ Arb. (m <sup>2</sup> )	Dist. Prom. (m)	Diam. Prom. (cm)	Area Basal Prom. (m <sup>2</sup> )	Alt. Prom. (m)	Vol. Prom. (m <sup>3</sup> )	
B	1	1	13	48.08	6.93	33.09	.0860	26.11	0.8120	
		2	21	26.76	5.33	28.57	.0641	22.01	0.5086	
		3	15	41.61	6.68	26.85	.0566	24.30	0.4959	
		4	19	32.89	5.73	29.05	.0663	26.42	0.6323	
	2	1	10	62.50	7.91	32.82	.0846	26.40	0.8077	
		2	12	52.08	7.22	33.63	.0888	27.75	0.8918	
		3	17	36.76	6.06	33.38	.0875	25.88	0.8191	
		4	17	36.76	6.06	28.72	.0648	24.05	0.5621	
	3	1	18	34.72	5.89	35.81	.1007	25.58	0.9323	
		2	16	39.06	6.25	35.83	.1008	24.82	0.9055	
		3	7	89.29	9.45	50.43	.1997	27.18	1.3979	
		4	6	104.17	10.21	25.63	.0516	18.41	0.3409	
	SUMATORIA			171	604.68	83.72	393.81	1.0515	298.91	9.1061
	$\bar{X}$ /Parcela			14	50.39	6.98	32.82	0.0876	24.91	0.7588

Dependiendo de las relaciones planteadas, se obtuvieron distintos coeficientes de correlación en los distintos modelos. En el cuadro 10 se observa el modelo más ajustado para cada relación con su respectivo coeficiente de correlación y su función de probabilidad.

Si la función de probabilidad es mayor de 0.01 indica que no hay relación significativa entre

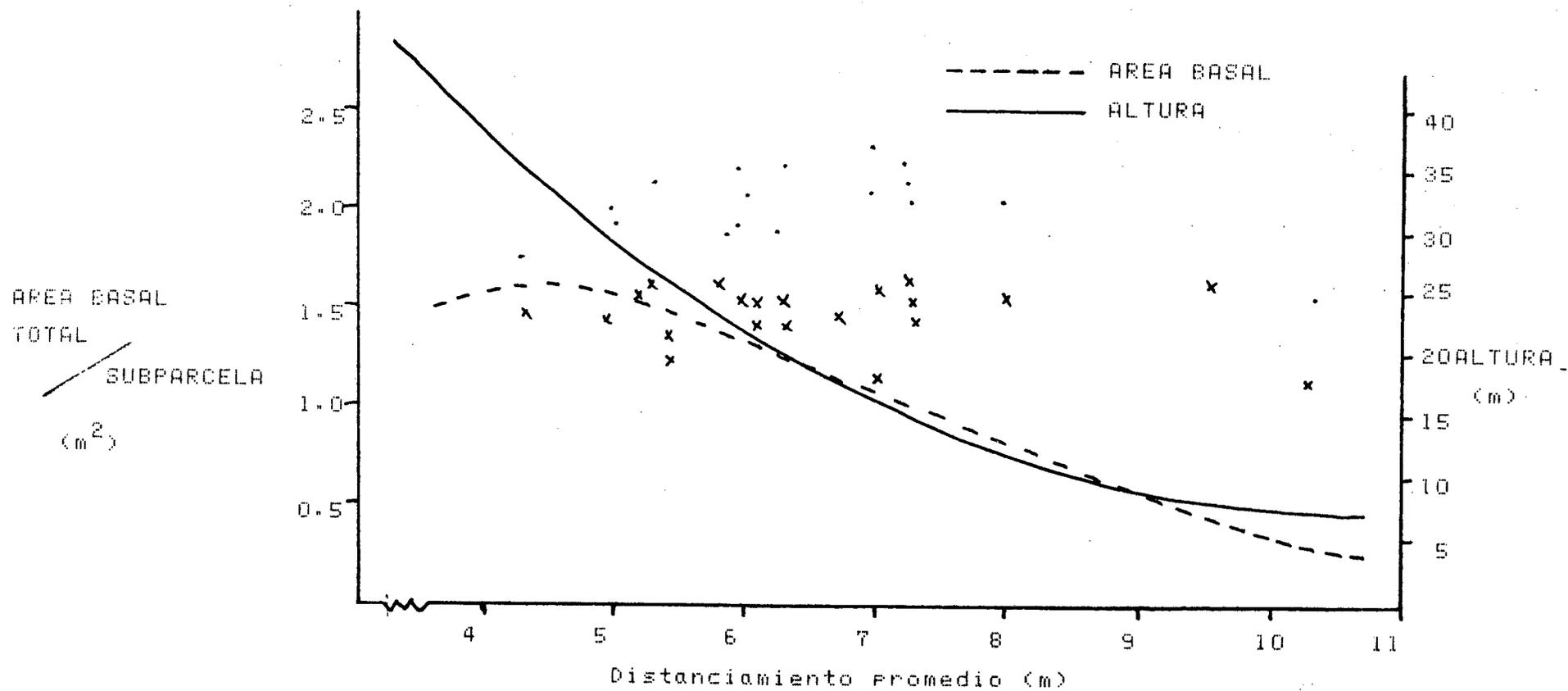


Figura 10

Relación entre el distanciamiento promedio-área basal y distanciamiento promedio-altura.

las variables analizadas. En dado caso la función de probabilidad es menor de 0.001 indica que hay relación altamente significativa entre las dos variables analizadas. En este caso no hay relación significativa entre distanciamiento promedio y volumen individual.

CUADRO 10. Modelos más ajustados a la relación individual con su coeficiente de correlación y función de probabilidad.

Relación	Modelo más ajustado	Coefficiente Correlación	Función Probabilidad
Dist. promedio - G	Geométrico	0.85209	0.000
Dist. promedio - h	Cuadrático	0.42416	0.000
Dist. promedio - v	Cuadrático	0.43300	0.360
Dist. promedio - V	Geométrico	0.81479	0.000

#### 2.1.2 Relación distanciamiento promedio-altura total:

El coeficiente de correlación es bajo (0.42) debido a que la altura de los árboles está más en función de la calidad de suelo (índice edáfico), que en función del número de árboles por unidad de superficie, siempre y cuando no sean densidades extremas.

El crecimiento en altura se basa en la calidad y cantidad de nutrimentos que posee el suelo sobre el cual se desarrolla, en el grado de pedregosidad del terreno, profundidad y demás características edáficas.

En la figura 10 se observa la poca congruencia entre la ecuación obtenida y la nube de puntos, que confirman la poca relación entre estas dos variables.

#### 2.1.3 Relación distanciamiento promedio-volumen individual:

Esta relación en ningún modelo resultó significativa, ( $F \text{ prob} > 0.01$ ) es decir, que no hay correlación entre estas dos variables. El modelo más ajustado es el cuadrático ( $r = 0.43$ ), que al realizar su gráfica en la figura 11, se observa la poca congruencia con la nube de puntos.

La razón es que el volumen está considerado como desarrollo individual y el distanciamiento está sujeto a nivel de conjunto. El crecimiento individual lleva implícito la altura, la cual no está ligada a distanciamiento entre individuos, como se deduce en el acápite anterior.

#### 2.1.4 Relación distanciamiento promedio-volumen total por sub-parcela:

El coeficiente de correlación de 0.81 en el -

modelo geométrico, indica que sí existe una dependencia entre las dos variables.

En forma similar el área basal total por subparcela, se tiene a un menor distanciamiento un mayor volumen total. Existe esta relación pues el volúmen está determinado por el área basal ( $22.77 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) y la altura. Hay un punto máximo cuando se trabaja a nivel de subparcela o parcela. En determinada densidad el aumento en volumen es mínimo y es cuando se aplican los raleos (Figura 11).

En el cuadro 11 se observan los datos productivos generales del rodal experimental, en forma de resumen.

CUADRO 11. Datos productivos generales del rodal experimental.

Variable	Tipo de árboles		
	Pino	Latifoliada	Total
Densidad promedio	67 arb/parcela 268 arb/ha	21 abr/parcela 84 arb/ha	88 arb/parcela 352 arb/ha
$\bar{d}_{apcc}$	33.2 cm.	17.93 cm.	
$\bar{g}$	0.0870 $\text{m}^2/\text{arb}$	0.0309 $\text{m}^2/\text{arb}$	
$\bar{G}$	5.6919 $\text{m}^2/\text{parc.}$ 22.7676 $\text{m}^2/\text{ha}$	3.2437 $\text{m}^2/\text{parc.}$ 12.9748 $\text{m}^2/\text{ha.}$	8.9356 $\text{m}^2/\text{parc.}$ 35.7424 $\text{m}^2/\text{ha.}$
$\bar{h}$	24.57 m.		
$\bar{h}$ dominante	27.75 m		
$\bar{v}$	0.7719 $\text{m}^3/\text{árbol}$		
$\bar{V}$	50.4462 $\text{m}^3/\text{parc.}$ 201.7848 $\text{m}^3/\text{ha.}$		

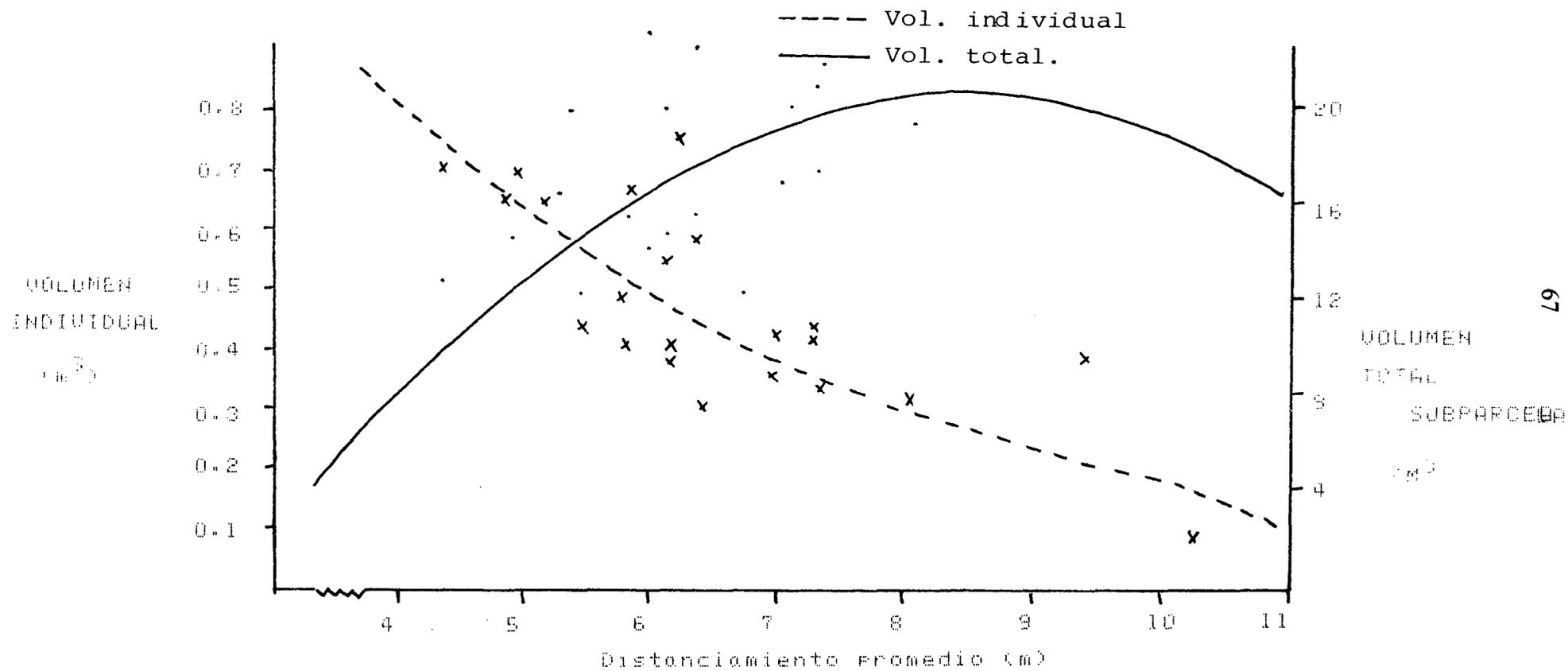


Figura 11  
 Relación entre el distanciamiento promedio-volumen individual y  
 distanciamiento promedio-volumen total/subparcela.

## 2.2 Características productivas del bosque:

Los datos de producción se basan en el análisis de las variables individuales, presentadas por parcela y por bloque.

En los cuadros 12, 13 y 14, se observan los datos básicos del rodal experimental, relacionados por -- clase diamétrica, parcela y bloque.

En la figura 12 se observa la distribución diamétrica y la distribución volumétrica, derivadas de los cuadros 12, 13 y 14.

CUADRO 12. Datos promedios de dap, área basal, altura total y volumen por parcela y por bloque.

Bloque	Parcela	f No.	dap (cm.)	$\bar{g}_2$ (m <sup>2</sup> )	$\bar{h}$ (m)	$\bar{v}$ (m <sup>3</sup> )	$\bar{G}$ (m <sup>2</sup> )	$\bar{V}$ (m <sup>3</sup> )
A	1	59	32.1	0.0809	23.99	0.7015	4.7755	41.3885
	2	89	30.5	0.0729	24.50	0.6464	6.4889	57.5296
	3	84	33.5	0.0882	24.00	0.7647	7.4081	64.2348
TOTALES		232	96.1	0.2420	72.49	2.1126	18.6725	163.1529
Media		77	32.0	0.0807	24.16	0.7042	6.2242	54.3843
B	1	68	30.6	0.0734	24.93	0.6622	4.9961	45.0297
	2	56	33.3	0.0872	25.53	0.8040	4.8859	45.0240
	3	47	38.9	0.1191	24.46	1.0526	5.5969	49.4706
TOTALES		171	102.8	0.2797	74.92	2.5188	15.4789	139.5243
Media		57	34.3	0.1000	24.97	0.8396	5.1596	46.5081
TOTALES		403	198.9	0.5217	147.41	4.6314	34.1514	302.6772
Media		67	33.2	0.0870	24.57	0.7719	5.6919	50.4462

CUADRO 13. Distribución de los volúmenes por clase diamétrica para parcelas y bloques.

Clase Diam. cm.	H (m)	Vol. (m <sup>3</sup> )	BLOQUE A						BLOQUE B					
			PARCELAS						PARCELAS					
			1		2		3		1		2		3	
			f No.	Vol. (m <sup>3</sup> )										
5-10	15.50	0.0205	00	0.0000	01	0.0205	00	0.0000	00	0.0000	00	0.0000	01	0.0205
10-15	17.85	0.0752	02	0.1504	03	0.2256	04	0.3008	07	0.5264	00	0.0000	03	0.2256
15-20	19.70	0.1679	06	1.0074	17	2.8543	07	1.1753	06	1.0074	09	1.5111	00	0.0000
20-25	21.87	0.3118	09	2.8062	09	2.8062	09	2.8062	10	3.1180	06	1.8708	03	0.9354
25-30	24.87	0.5327	06	3.1962	16	8.5232	15	18.5232	09	4.7943	07	3.7289	08	4.2616
30-35	25.77	0.7729	14	10.8206	18	13.9122	15	11.5935	17	13.2393	14	10.8206	06	4.6374
35-40	26.59	1.0634	16	17.0144	13	13.8242	17	18.0778	10	10.6340	12	12.7608	08	8.5072
40-45	27.04	1.3903	03	4.1709	06	8.3418	10	13.9030	08	11.1224	01	1.3903	05	6.9515
45-50	28.25	1.8158	01	1.8158	04	7.2632	04	7.2632	01	1.8158	05	9.0790	08	14.5264
50-55	28.07	2.2050	02	4.4100	02	4.4100	01	2.2050	00	0.0000	01	2.2050	04	8.8200
55-60	31.20	2.9414	00	0.0000	00	0.0000	00	0.0000	01	2.9414	00	0.0000	00	0.0000
-I-60	29.72	3.3109	00	0.0000	00	0.0000	01	3.3109	00	0.0000	00	0.0000	01	3.3109
Suma de Frecuencias			59		89		84		68		56		47	
Suma de volúmenes				45.3919		62.1812		69.1589		46.1576		46.3079		52.1965
Media de volumen				5.0435		6.2181		6.9159		5.7697		5.1453		4.6214

CUADRO 14. Distribución de los volúmenes por clase diamétrica en cada bloque

Clase Diam. cm.	Bloque A		Bloque B		Total		Porcentajes	
	f. No.	Vol. m <sup>3</sup>	f. No.	Vol. m <sup>3</sup>	f. No.	Vol. m <sup>3</sup>	% f.	% Vol.
5-10	01	0.0205	01	0.0205	02	0.0410	0.50	0.01
10-15	09	0.6768	10	0.7520	19	1.4288	4.71	0.44
15-20	30	5.0370	15	2.5185	45	7.5555	11.17	2.35
20-25	27	8.4186	19	5.9242	46	14.3428	11.41	4.46
25-30	38	20.2426	24	12.7848	62	33.0274	15.38	10.28
30-35	47	36.3263	37	28.5973	84	64.9236	20.84	20.20
35-40	46	48.9164	30	31.9020	76	80.8184	18.86	25.15
40-45	19	26.4157	14	19.4642	33	45.8799	8.19	14.28
45-50	09	16.3422	14	25.4212	23	41.7634	5.71	12.99
50-55	05	11.0250	05	11.0250	10	22.0500	2.48	6.86
55-60	00	0.0000	01	2.9414	01	2.9414	0.25	0.92
+ 60	01	3.3109	01	3.3109	02	6.6218	0.50	2.06
SUMATO- RIA:	232	176.7320	171	144.6620	403	321.3940	100.00	100.00
MEDIA:		16.0665		12.0552		26.7828		

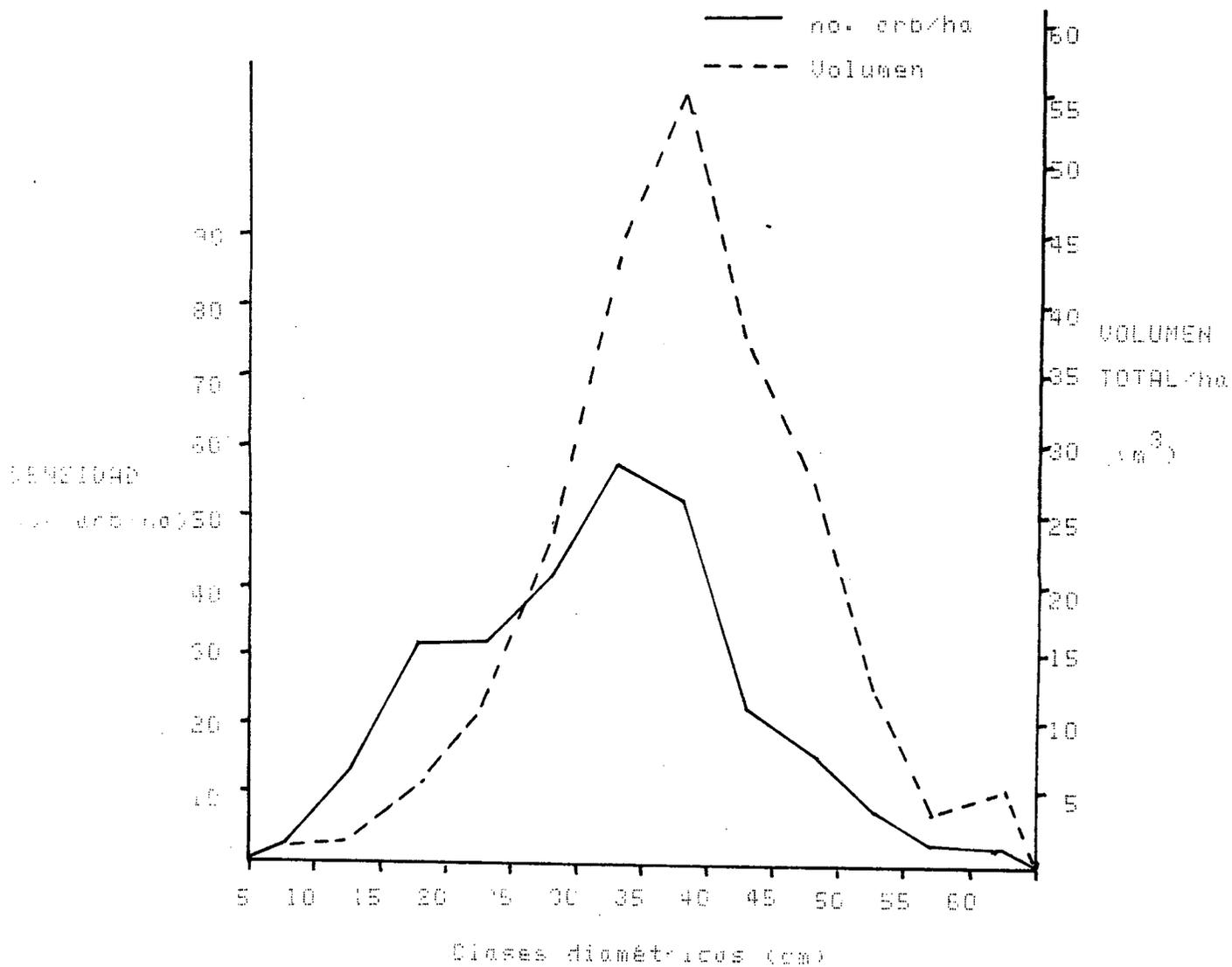


Figura 12

Distribución diamétrica y volumétrica de los árboles en el rodal experimental, según su clase diamétrica.

Del cuadro 14 se deduce que un 63% de los individuos se encuentran entre los 25 y 45 cm , contribuyendo - con un 70% del volumen total; un 9% está por encima de los 45 cm. de dap, aportando cerca del 23% del volumen total y el restante 28% de los individuos son menores de 25 cm de dap y aportan solamente el 7% - del volumen total.

La mayor concentración de volumen (25%) se encuentra en la clase diamétrica de 35-40 cm a pesar de no -- ser la clase con mayor número de individuos. La razón es que el área basal acumulada en dicha clase -- diamétrica, es mayor al área basal acumulada en cualquier otra clase, repercutiendo en el volumen total.

Tanto la distribución diamétrica, como la volumétrica, (figura 12) presentan una distribución normal y bastante amplia.

Existe un total de 12 clases diamétricas en el rodal, producto de un bosque natural sin manejo. En una -- plantación la distribución sería normal, pero no amplia, en función del manejo realizado.

Para obtener árboles de buena calidad que aprovechen adecuadamente el potencial del sitio, es deseable -- concentrar el volumen en el menor número de clases - diamétricas posibles y tratar de eliminar los árbo-- les que están dominados y no presentan un aporte representativo en el volumen actual. También los in-- crementos futuros de estos árboles dominados serán - mínimos en tanto no exista una liberación de los árboles intermedios y dominantes de sus alrededores. Datos resumen del raleo efectuado se encuentran en el apéndice.

## 2.3 Estadísticos de variables analizadas:

Los principales resultados de los estadísticos de las variables analizadas se observan en el cuadro 15.

CUADRO 15. Principales estadísticos del DAP, altura y volumen por parcela.

VARIABLE	E S T A D I S T I C O			COEFICIENTE DE VARIACION
	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION ESTANDAR	
Diámetro	33.15 cm	9.5673	3.0931	9.33%
Area basal total/parcela	5.6919 m <sup>2</sup>	1.1126	1.058	18.53%
Altura	24.57 m 23.94 m**	0.3459	0.5881	2.39%
Volumen total/parcela	50.4462 m <sup>3</sup>	76.4065	8.7411	17.33%

Para volumen: -Error estandar = 2.49%  
 -Error de muestreo = 6.40  
 -Error de porcentaje = 12.68%  
 -Límites de confianza =  $50.4462 \pm 6.4m^3$ /parcela.

\*\* Altura media calculada por regresión con el dap.

El bajo coeficiente de variación de la altura media, indica que en todas las parcelas existe poca variación en altura de los árboles. En lo referente a diámetro su coeficiente de variación es de 9.33%, lo que aún se considera bajo, representando una poca variación de DAP.

El volumen y área basal por parcela mantienen un coeficiente cercano a 18%, lo que implica una mayor variación con respecto a la altura y al diámetro.

Trabajando a nivel de todo el rodal, se obtuvo un error de muestreo de 12.68% analizando los datos a través de un diseño de bloques al azar. El límite de confianza para volumen total por parcela es de  $50.4462 \pm 6.4 \text{ m}^3/\text{parcela}$ .

Los límites de confianza para el volumen total permiten estimar un máximo volumen de  $56.85 \text{ m}^3/\text{parcela}$  y un mínimo de  $44.05 \text{ m}^3/\text{parcela}$ .

#### 2.4 Características cualitativas:

Las variables cualitativas se agrupan de la siguiente forma: rectitud del fuste, defectos de formación y anomalías en crecimiento. Los análisis de estas variables se presentan en porcentajes y dan una idea de la conformación general del bosque (Ver cuadro 16).

Existe un porcentaje total elevado de fustes sinuosos (36%), un alto porcentaje de árboles con copa asimétrica (47%) y un total de 17% de árboles quebra-

dos (con y sin recuperación). También existe un elevado porcentaje de árboles inclinados (32%).

El alto porcentaje de fustes sinuosos, anomalías y árboles con copa asimétrica es debido a la ausencia de manejo en regulación de luz y control de competencia entre individuos.

El alto porcentaje de árboles quebrados (con y sin recuperación) se debe a la mala conformación de los árboles padres dejados en el aprovechamiento anteriores.

El porcentaje de árboles inclinados (32%) se debe también a la competencia que existe y existió entre los árboles del rodal. En las partes menos densas del rodal no existe este alto porcentaje de árboles inclinados.

Analizando en conjunto las tres características, solo el 50% de los árboles se encuentran con alteraciones de formación mínimas. El otro 50% presenta más de alguno de los defectos o anomalías, lo que hace bajar la calidad comercial de la madera.

CUADRO 16  
Presentacion en porcentajes de variables cualitativas.

BLOQUE	PARCELA	FUSTE		DEFECTOS						ANOMALIAS					
		1 (%)	2 (%)	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	6 (%)	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	6 (%)
A	1	59	41	39	04	08	00	49	00	51	00	05	37	03	04
	2	75	25	33	07	17	00	43	00	56	02	07	33	02	00
	3	70	30	35	07	10	00	48	00	63	01	06	27	02	01
B	1	53	47	38	12	03	04	38	00	47	10	06	35	00	02
	2	64	36	33	05	04	02	52	02	63	01	07	23	02	04
	3	64	36	23	23	00	00	49	05	49	00	11	36	02	02
Media		64	36	34	10	07	01	47	01	55	03	07	32	01	02

FUSTE= 1. Fuste recto.  
2. Fuste sinuoso.

ANOMALIAS= 1. Arbol sano.  
2. Torcedura basal.  
3. Arbol bifurcado.  
4. Arbol inclinado.  
5. Anomalias 2 y 4 juntas.  
6. Anomalias 3 y 4 juntas.

DEFECTOS= 1. Arbol sano  
2. Tallo quebrado con recup.  
3. Tallo quebrado sin recup.  
4. Arbol sin copa.  
5. Arbol con copa asimétrica.  
6. Defectos 1 y 4 juntos.

\* Ver en apendice explicación de estos términos.

### 3. Resultados de Relaciones Individuales:

Para hallar los modelos más ajustados en estas relaciones fueron utilizados los modelos de regresión descritos anteriormente en el punto 2.

#### 3.1 Relación DAP-altura total:

En esta relación el modelo que más se ajusta es el cuadrático, el cual posee una correlación de 0.78250. Le sigue el modelo radical con un coeficiente de correlación de 0.77643. Todos los modelos son altamente significativos.

La ecuación del modelo cuadrático, con el mayor coeficiente de correlación es la siguiente:

$$Y = 4.8038 + 0.9818 * X - 0.0102 * X^2$$

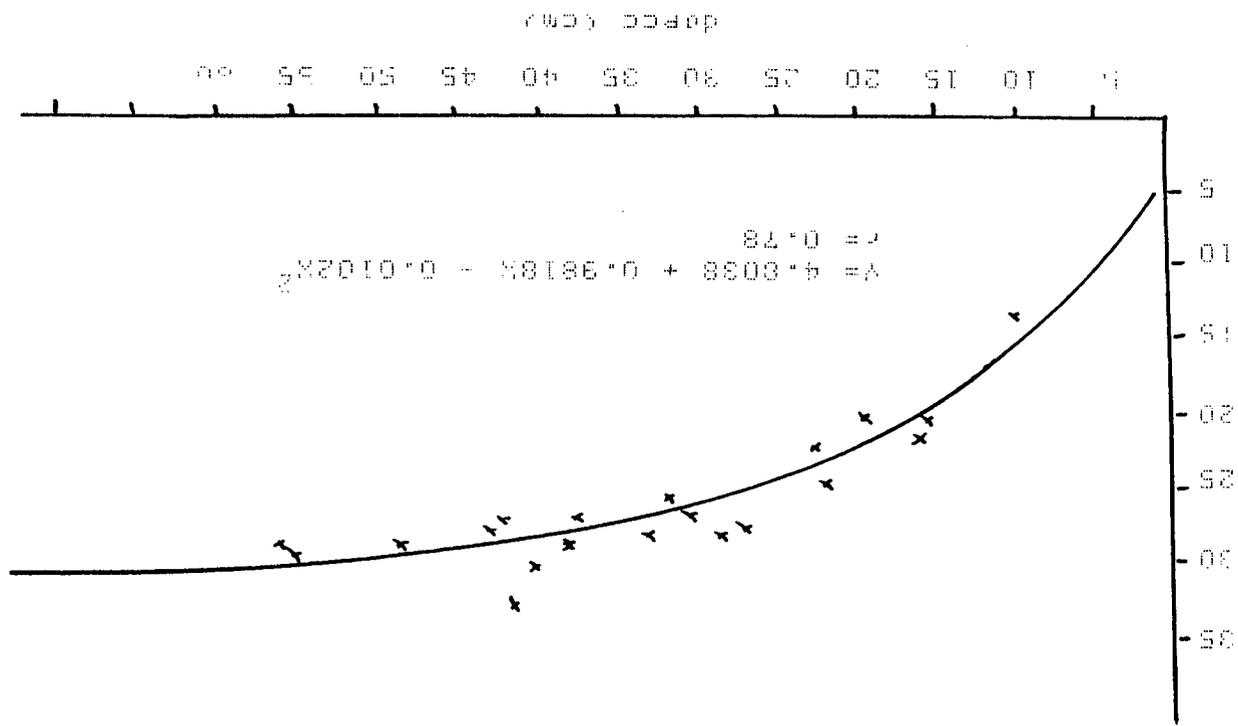
$$Y = \text{Altura total (m)} \quad X = \text{DAP (cm)}$$

En la figura 13 se observa la representación gráfica de estas dos variables.

La correlación entre DAP y altura es altamente significativa y el modelo que más se ajusta presenta una coincidencia con su respectiva nube de puntos. Es de utilidad práctica la utilización de esta ecuación, para inventarios extensos, donde es difícil o la medición detallada de un número aceptable de alturas. Es importante hacer resaltar que deben ser trabajadas sobre un rango máximo de diámetro de 65 cm a partir del cual los valores resultantes --

Relación entre dafcc-altura.

Figura 13



del modelo o de la ecuación ya no son confiables, - ni se esperará el mismo coeficiente de correlación.

### 3.2 Relación DAP-volumen real individual:

En esta relación todos los modelos analizados resultaron altamente significativos ( $F$  (prob)  $< 0.001$ ). Sin embargo, el que presenta mayor coeficiente de correlación es el modelo logarítmico con un valor de 0.98156.

La ecuación del modelo logarítmico es:

$$Y = 0.0002 * X^{2.3318}$$

En la figura 14, se observa la distribución de estas variables y la curva ajustada al modelo.

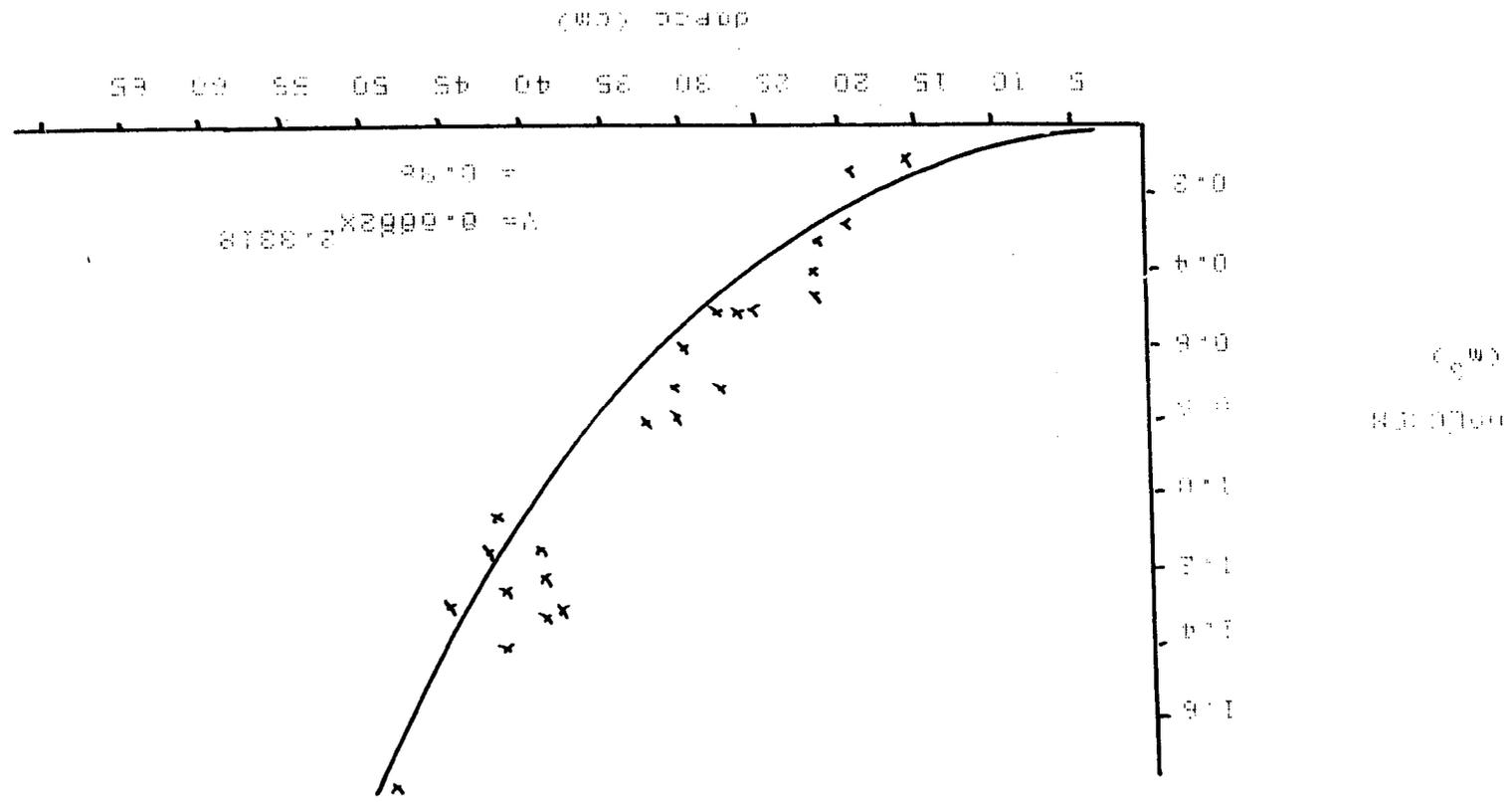
La relación entre el DAP y el volumen real es bastante significativa. Se observa en la figura 14 la distribución de los puntos y su respectiva curva del modelo logarítmico. La coincidencia de los puntos con el modelo es bastante aceptable. Con el coeficiente de correlación (0.98) tan elevado, (cercano a la unidad), la ecuación del modelo puede ser utilizada como tabla de volumen local para la finca Chichén.

### 3.3 Relación altura-volumen real:

Todos los modelos resultaron altamente significativos. El mayor coeficiente de correlación correspon

Relation entre densité volumique

Figure 14



de al modelo geométrico, con un valor de 0.8399.

La ecuación del modelo es la siguiente:

$$Y = 0.0138 * 1.1686^X$$

En la figura 15 se observa la distribución de los valores de las variables, de altura y volumen.

El coeficiente que presenta esta relación es también bastante aceptable para una relación de este tipo. Es factible la utilización del modelo en el cálculo de madera en pié. Sin embargo, no es de utilidad práctica, pues las alturas de los árboles son generalmente aproximaciones a las reales y su estimación es más dificultosa que trabajar simplemente con el DAP.

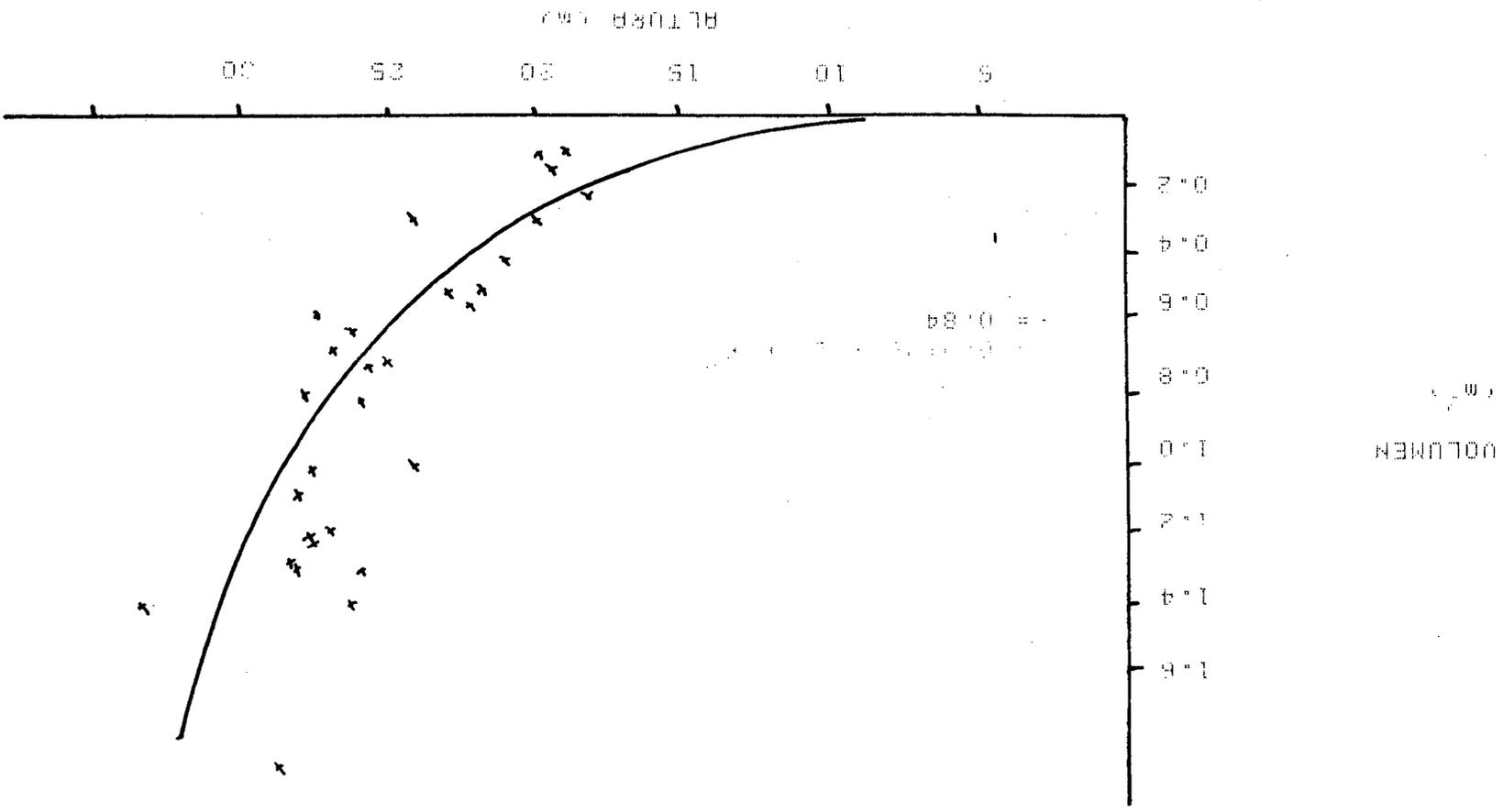
La nube de puntos se acerca bastante al modelo, lo que hace válido el uso de la ecuación.

#### 3.4 Relación área basal-altura:

El mayor coeficiente de correlación es el del modelo radical con valor de 0.78223. Todos los modelos resultaron altamente significativos, a excepción -- del modelo geométrico, que es solamente significativo. El área basal debe ser incluida en  $\text{cm}^2$  para obtener altura en metros. La ecuación del modelo radical es la siguiente:

$$Y = 4.8162 + (-0.0130) * X + 1.1071 * X^{0.5}$$

FIGURE 15  
 Relation entre  $\alpha$  et  $\beta$ -volumen.



### 3.5 Relación área basal-volumen real:

En esta relación todos los modelos son altamente - significativos, como también todos poseen un coeficiente de correlación bastante cercano a la unidad, por lo que existe una fuerte relación entre el área basal y el volumen real.

El mayor coeficiente de correlación es de 0.98148 - correspondiente al modelo logarítmico.

La ecuación del modelo es la siguiente:

$$Y = 0.0003 * X^{1.1658}$$

Las relaciones entre área basal y altura o volumen son bastante semejantes a las obtenidas con el diámetro debido a que el área basal se obtiene directamente del diámetro.

### 3.6 Tabla de volumen local:

Trabajando con regresión múltiple se llegó a determinar una ecuación que puede ser utilizada como tabla de volumen local para estimación de volúmenes - en pié.

La aplicación de esta tabla es para la región en la cual se realizaron los análisis, en este caso - para la finca Chichén, Alta Verapaz.

También hay que resaltar la utilidad con respecto a una tabla estandar, como las realizadas por FAO, las cuales poseen un coeficiente de correlación -- más bajo que las tablas locales.

La relación múltiple utilizando como variables independientes el DAP y la altura posee un coeficiente de correlación de 0.96179.

Su ecuación es la siguiente:

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1 \text{ DAP}^2 h$$

$$\text{Ecuación: } \text{Vol} = 0.04693739 + 0.00002699831 \text{ DAP}^2 h$$

La tabla de volumen se observa en el cuadro 17.

Se confirma la utilidad de la tabla local al compararla con el coeficiente de correlación de la tabla estandar realizada por FAO para la especie (20).



Relación	Coefficiente de Correlación
- Diámetro y altura-volumen	0.96179
- Diámetro y altura-volumen (FAO)	0.90700

Se observa que la relación trabajada a nivel local posee un mayor coeficiente de correlación.

La evaluación individual de los coeficientes múltiples se encuentra en el cuadro 18.

CUADRO 18. Evaluación individual de los coeficientes múltiples.

RELACION	COEFICIENTE DE CORRELACION
DAP - volumen	0.96758
Altura - volumen	0.69927

Dado ello, el DAP y la altura sí están involucrados en el producto final que es el volumen del árbol.

Relacionando esta ecuación obtenida por medio de regresión múltiple con la regresión simple presentada en 3.2, se deduce la mayor aplicabilidad de la regresión simple, en función de su mayor coeficiente

de correlación, independientemente de obtener el volumen total con el simple hecho de medir el DAP.

En el cuadro 19 se encuentran los datos resumen de las anteriores relaciones analizadas.

CUADRO 19. Resumen de los modelos, coeficientes y función de probabilidad de las relaciones individuales.

Relación Descriptor	DAP-altura	DAP-v	g-h	g-v	h-v
Modelo	Cuadrático	Logarítmico	Radical	Logarítmico	Geométrico
Coeficiente de correlación	0.7825	0.9816	0.7822	0.9815	0.8399
Coef. $b_0$	4.8038	0.0002	4.8162	0.0003	0.0138
Coef. $b_1$	0.9818	2.3318	-0.0130	1.1658	1.1686
Coef. $b_2$	-0.0102	-	1.1071	-	-
$F(\text{prob})^2$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

La función de probabilidad en todos los modelos y relaciones es menor a 0.0000 lo que implica que existe una alta significancia entre las variables analizadas.

La de mas fácil utilización es la relación entre el DAP - volumen y coincidentemente la de mayor coeficiente de correlación. Cabe mencionar que se trabaja con datos de diámetro con corteza y se obtienen datos de volumen sin corteza.

### 3.7 Edad:

La edad fue relacionada con el diámetro, área basal, altura y el volumen.

Las relaciones presentadas en el cuadro 20, poseen bajos coeficientes de correlación, debido a que el bosque trabajado posee muy poca variación en la edad total, razón por la cual las relaciones entre edad total de los árboles y diámetro, altura o volumen se concentran en un rango mínimo de medición (El 87% de los árboles se encuentran entre los 20 y 28 años de edad).

Para las relaciones estudiadas se consideró la edad total del árbol a 0.3 m, edad a la cual se suman 2 años de establecimiento de la especie. Esto fue hecho para un total de 30 árboles analizados.

- 1) Relación edad - diámetro
- 2) Relación edad - área basal
- 3) Relación edad - altura
- 4) Relación edad - volumen

CUADRO 20. Relación entre diámetro, área basal, altura y volumen con la edad como variable independiente.

Descripción \ Relación	Edad-DAP	Edad-g	Edad-h	Edad-v
Modelo	Geométrico	Geométrico	Radical	Logarítmico
Coef. de Correlación	0.66638	0.66631	0.80531	0.74476
Coef. b0	5.5400	24.1524	-152.3944	0.00001
Coef. b1	1.0718	1.1486	- 6.6332	3.9591
Coef. b2	-	-	69.0203	-
F (prob)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

En el cuadro 21, se encuentran los datos generales en los que se basaron las relaciones (edad - DAP - área basal, altura y volumen) y en las figuras 16 y 17 su representación gráfica.

CUADRO 21. Datos generales de los 30 árboles analizados

No.	Edad Total	Diam* cc	Area Basal** cc	Diam* sc	Area Basal** sc	Altura ++ Total	Volumen== FAO	Volumen Real
1	25	30.80	743	25.30	503	25.70	0.6918	0.7195
2	20	20.05	316	18.35	264	18.56	0.2087	0.2294
3	27	26.65	558	22.55	399	23.70	0.4763	0.4919
4	26	45.15	1601	39.95	1254	28.54	1.6570	1.3309
5	22	22.15	385	22.55	399	21.40	0.2954	0.4120
6	27	33.15	863	28.50	638	25.91	0.8087	0.8096
7	16	15.05	178	12.50	123	20.08	0.1255	0.1266
8	26	27.90	611	25.35	505	27.38	0.6042	0.6529
9	22	30.25	719	25.75	521	25.85	0.6711	0.6184
10	27	56.10	2472	49.40	1917	27.80	2.4941	2.4344
11	23	32.65	837	28.30	629	27.54	0.8340	0.8319
12	24	41.35	1343	36.20	1029	32.09	1.5625	1.4340
13	25	37.95	1131	33.45	879	27.81	1.1393	1.3270
14	22	27.55	596	22.00	380	24.10	0.5179	0.4916
15	18	15.15	180	12.60	125	19.45	0.1231	0.1240
16	23	21.50	363	17.90	252	23.99	0.3123	0.3297
17	20	16.00	201	14.75	171	19.50	0.1381	0.1573
18	22	38.65	1173	32.85	848	28.42	1.2080	1.2128
19	23	25.90	527	21.50	363	26.84	0.5097	0.5338
20	25	38.95	1192	33.75	895	27.41	1.1831	1.2168
21	23	38.90	1188	33.50	881	27.96	1.2038	1.1705
22	17	31.45	777	27.15	579	25.11	0.7048	0.7535
23	25	48.40	1840	43.85	1510	28.21	1.8827	1.9254
24	21	38.00	1134	33.95	905	23.53	0.9659	0.9836
25	13	18.80	278	16.20	206	8.42	0.0806	0.1277
26	23	37.05	1078	34.05	911	26.34	1.0281	1.3478
27	24	41.80	1372	37.95	1131	26.41	1.3133	1.4244
28	28	37.50	1104	32.00	804	27.69	1.1076	1.0232
29	23	42.95	1449	34.90	957	27.12	1.4242	1.2058
30	23	29.65	690	25.20	499	22.04	0.5489	0.4983
MEDIA	23	32.25	897	28.08	683	24.83	0.8607	0.8648

\* En centímetros y a 1.3 m de altura

\*\* En centímetros cuadrados

++ En metros

== En metros cúbicos sin corteza.

En las figuras 16 y 17 se observa la nube de dispersión de los datos de las relaciones entre variables estudiadas, alejadas de los valores y curva realizada por medio de la ecuación.

La relación entre edad - DAP y edad - área basal es bastante similar, debido a que el área basal se obtiene directamente del diámetro, como se discutió anteriormente.

La curva estimada de edad - volumen pasa por encima de todos los puntos de la nube de dispersión, indicando o recalificando en este sentido la poca representatividad que posee el utilizar este modelo y ecuación para predecir datos de volumen en función de la edad.

Caso contrario sucede con la curva edad - altura, - en la cual los puntos de la nube de dispersión se encuentra por arriba de los valores obtenidos por la ecuación.

La baja relación entre estas variables es debido al poco margen que existe en la variable de edad (varianza : 11.84; CV: 15.11%). Son necesarios árboles más jóvenes y más viejos para establecer relaciones más representativas.

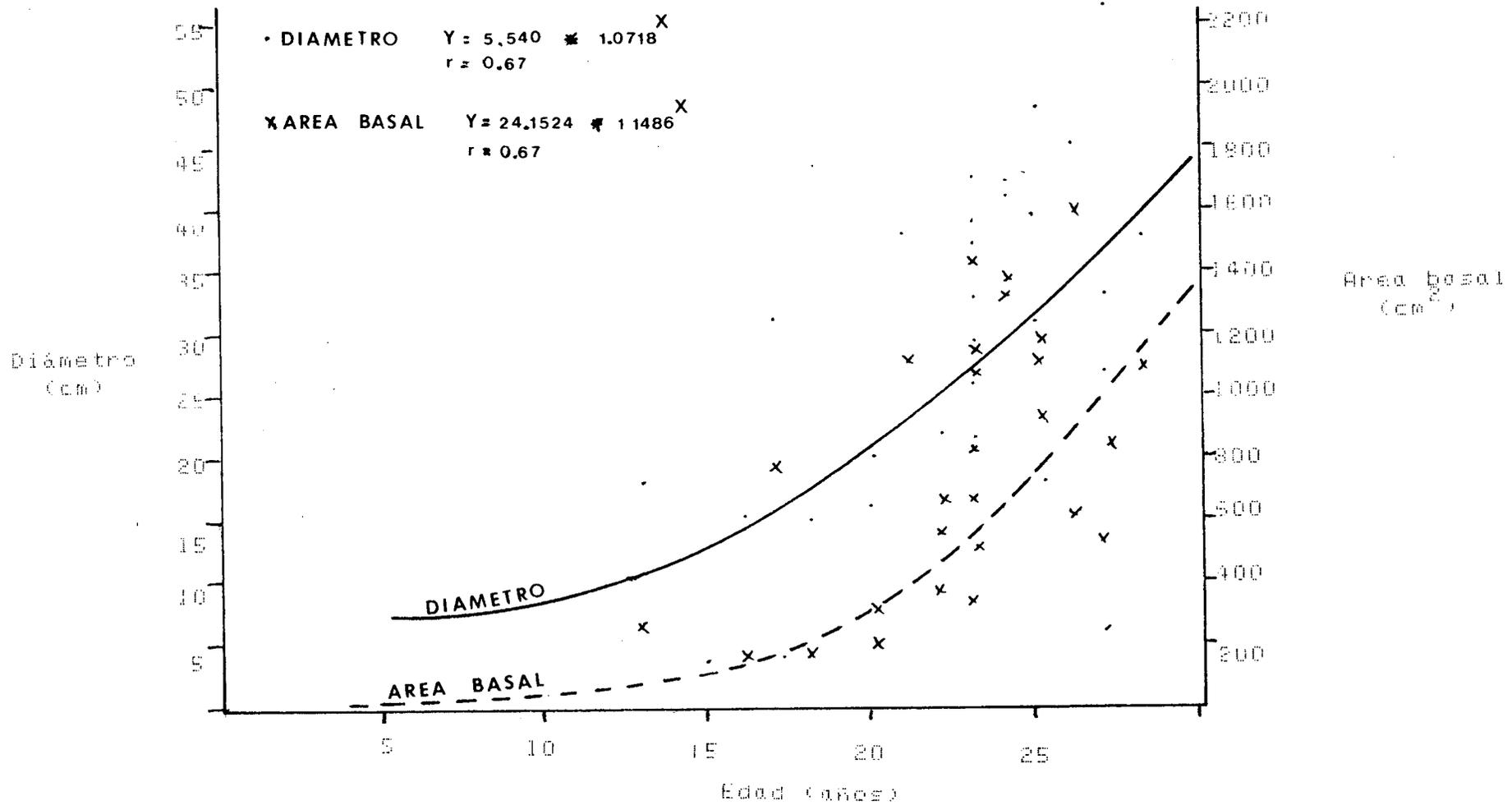


Figura 16  
 Relación entre edad-diámetro y edad-área basal.

Altura  
(cm)

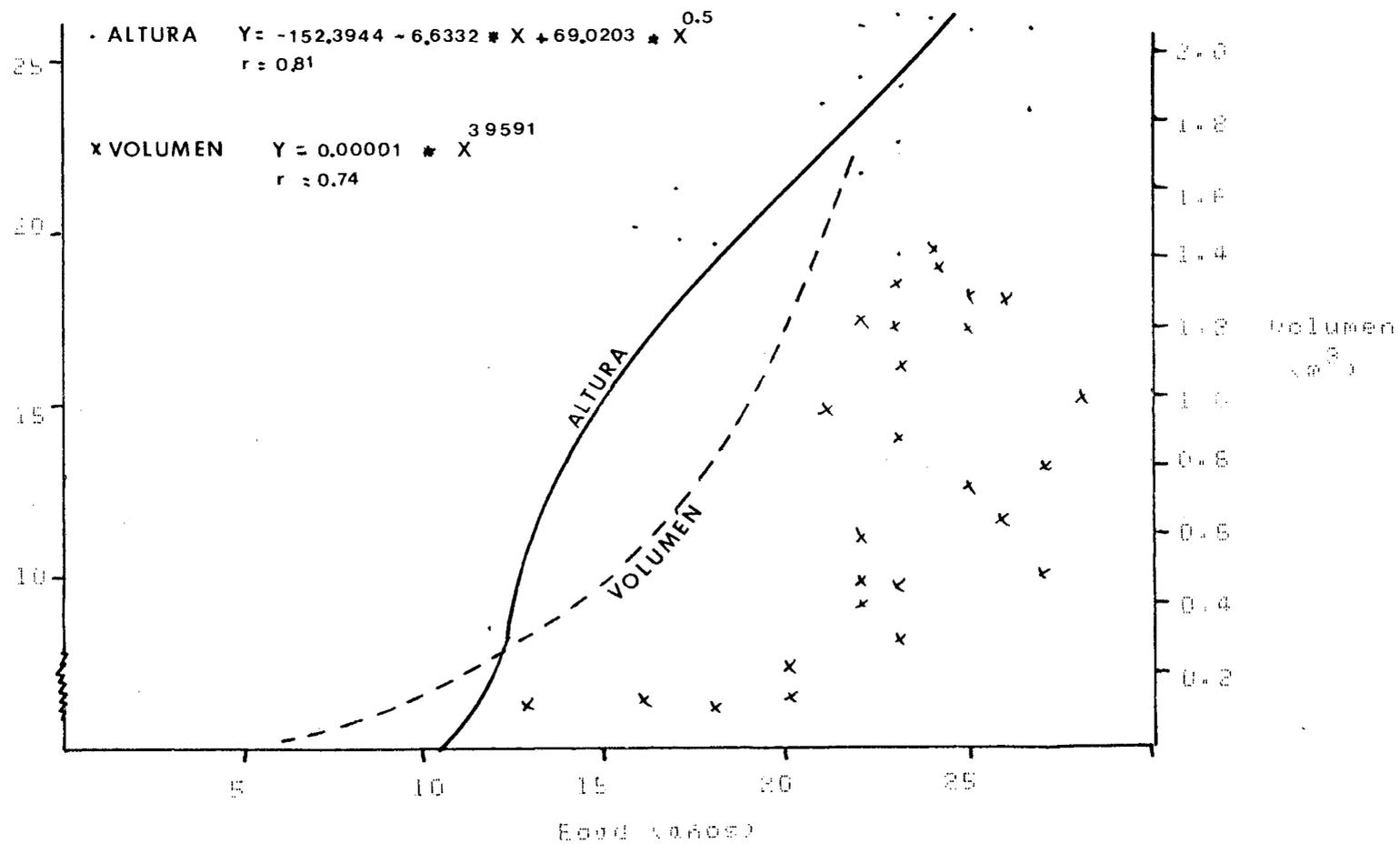


Figura 17

Relación entre edad-altura y edad-volumen.

#### 4. Análisis de Incrementos:

##### 4.1 Incremento en diámetro:

El primer incremento analizado es el incremento promedio con corteza de todas las secciones, medidos - en los 30 árboles tumbados. Este valor es de 1.8330 cm/año, que puede ser comparado con los demás incrementos en el cuadro 22.

También se presentan en dicho cuadro los resultados del análisis de los datos de incremento periódico - cada cinco años a la altura del pecho. Muestran la disminución de crecimiento en diámetro de los últimos años con relación a los primeros.

El incremento en diámetro sin corteza, promedio de toda la longitud es de 1.69 cm/año. La variación del incremento a través de la longitud total del fuste se observa en la figura 18. Con referencia al dap, se obtuvo un promedio de incremento con corteza de 1.44 cm/año y de 1.23 cm/año de incremento sin corteza.

Para obtener las gráficas de crecimiento e incremento en diámetro, se obtuvieron datos promedio de edad y diámetro de cada sección y se graficaron. Los datos básicos se encuentran en el cuadro 23 y la curva de crecimiento e incremento se observa en la figura 19. En dicha figura también se ve la oscilación decreciente del incremento a lo largo de la edad.

Comparando el incremento medio del dapcc con los datos registrados para otras especies de pino (cuadro

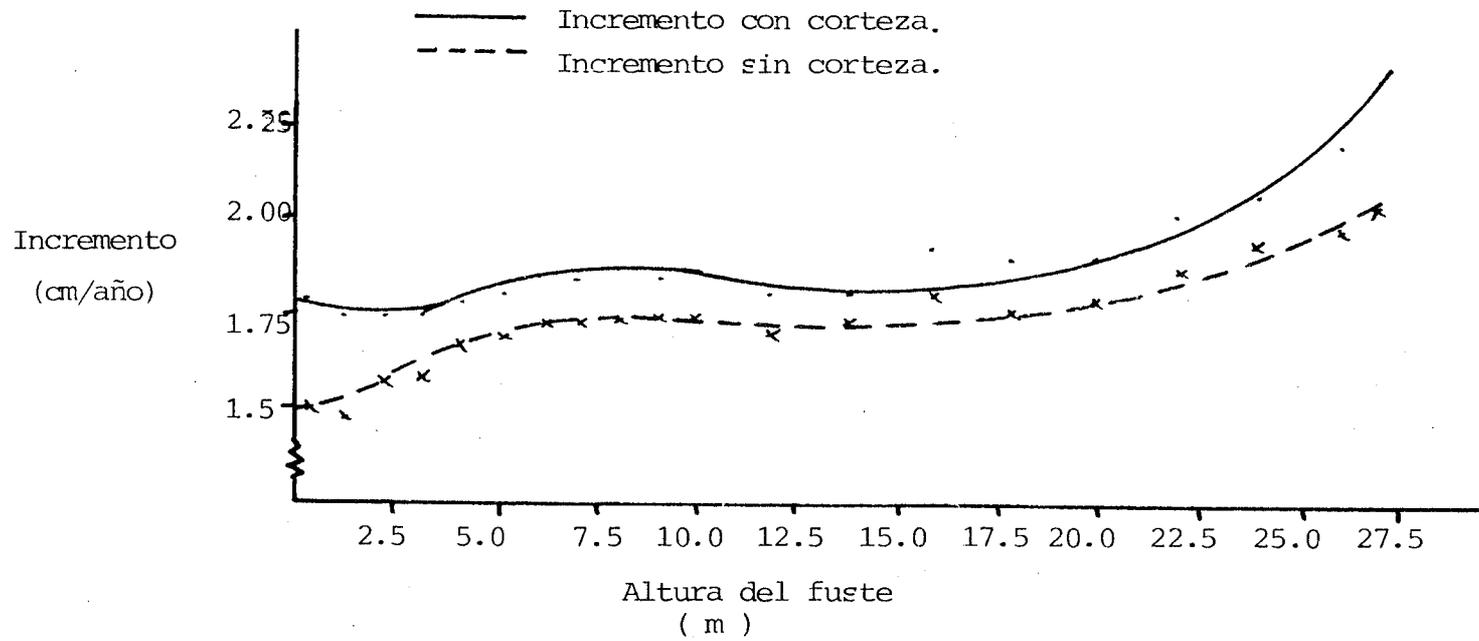


Figura 18  
Variación de el incremento en diámetro con respecto a su altura  
en el fuste.

Edad (años)	0	7	14	17	22
Diámetro (cm)	0	11.46	17	24.7	31.1
Incremento (cm/año)	0	1.64	1.20	1.20	1.20

Diámetro

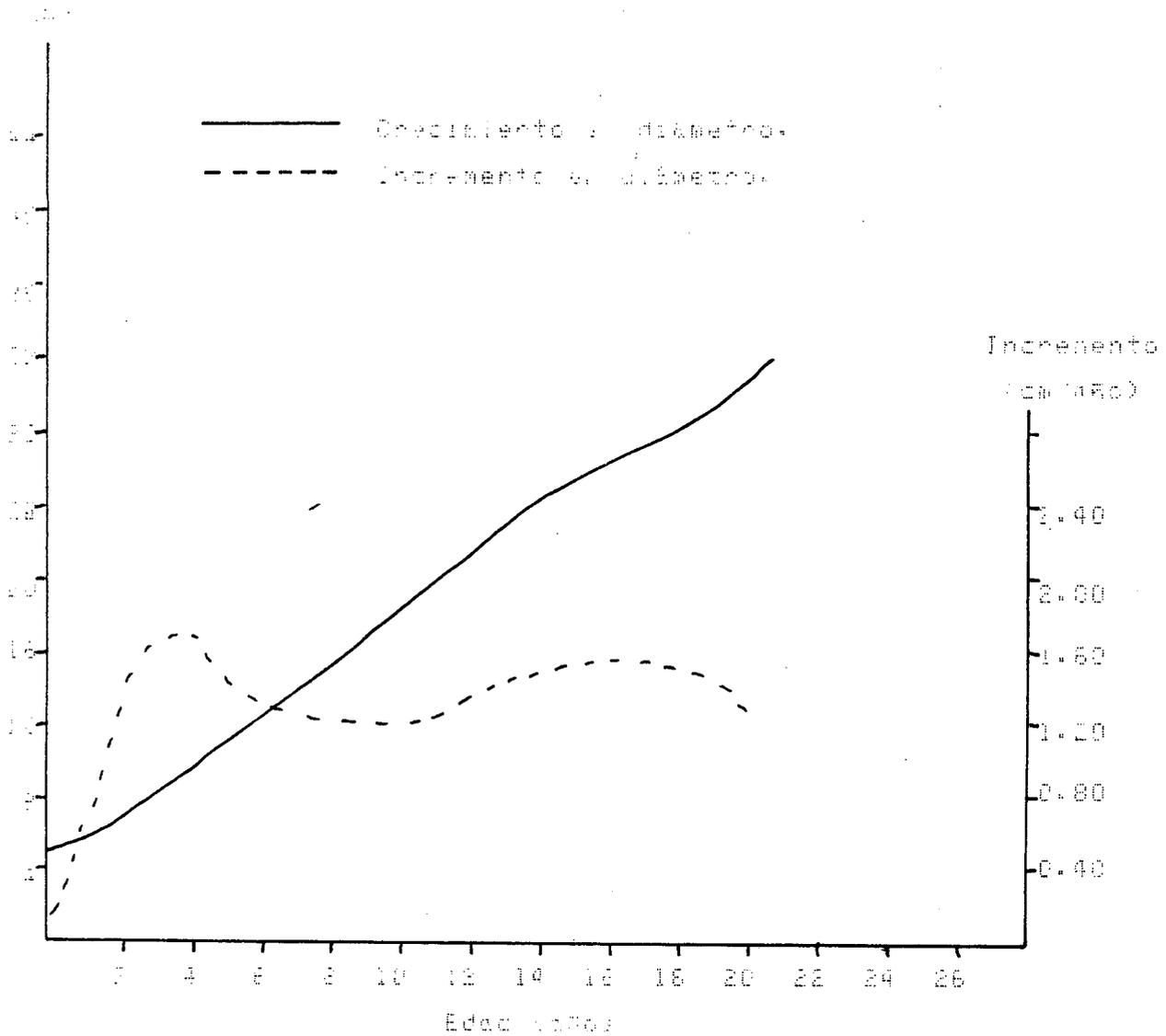


Figura 19  
Crecimiento e incremento de diámetro en Pinus maximinoi en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.

2), el valor de 1.439 cm/año es elevado; en función de la edad de este rodal (22 años), de la ausencia de manejo y por ser bosque natural.

#### 4.2 Incremento en área basal:

Este incremento está directamente relacionado con - el incremento de diámetro, con la característica de poder presentar sus resultados de incremento por unidad de superficie.

CUADRO 22. Distintos tipos de incremento en diámetro.

MODALIDAD DEL INCREMENTO	INCREMENTO cm/AÑO
- Incremento medio con corteza de todo el árbol	1.8330
- Incremento medio sin corteza de todo el árbol	1.6941
- Incremento medio con corteza del DAP	1.4390
- Incremento medio sin corteza del DAP	1.2266
- Incremento periódico sin corteza del DAP en los 5 años iniciales	2.2747
- Incremento periódico sin corteza del DAP de los 5 - 10 años	1.6062
- Incremento periódico sin corteza del DAP de los 10- 15 años	1.2150
- Incremento periódico sin corteza del DAP de los 15 - 20 años	1.1771

CUADRO 23

Promedio de edad, diámetro y volumen de todos los fustes estudiados.

Altura de la sección. (m)	Edad media actual (años)	Edad a la que se alcanza la altura de la sección (años)	Diámetro medio con corteza (cm)	Diámetro medio sin corteza (cm)	Volumen* por sección (m <sup>3</sup> )	Volumen** acumulado (m <sup>3</sup> )
0.3	20.8	2.0	37.13	31.25	0.0230	0.0230
1.3	18.4	4.4	32.25	28.08	0.0694	0.0924
2.3	17.0	5.8	30.00	26.86	0.0593	0.1517
3.3	16.3	6.5	28.66	26.09	0.0551	0.2068
4.3	15.4	7.3	27.42	25.65	0.0526	0.2594
5.3	14.8	8.0	26.83	25.18	0.0507	0.3101
6.3	14.2	8.6	26.25	24.63	0.0487	0.3588
7.3	13.7	9.1	24.96	23.52	0.0455	0.4043
8.3	13.2	9.6	24.39	22.99	0.0425	0.4468
9.3	12.6	10.2	23.94	22.75	0.0411	0.4879
10.3	12.0	10.8	22.94	21.59	0.0386	0.5265
12.3	11.3	11.4	21.13	20.01	0.0681	0.5946
14.3	9.9	12.8	18.90	17.93	0.0567	0.6513
16.3	8.6	14.2	16.93	16.01	0.0454	0.6967
18.3	7.3	15.4	15.91	14.75	0.0372	0.7339
20.3	5.8	17.0	13.11	12.32	0.0290	0.7629
22.3	4.3	18.5	10.93	10.28	0.0202	0.7831
24.3	2.4	20.4	8.39	7.81	0.0131	0.7962
26.3	1.1	21.7	6.52	5.86	0.0075	0.8037
27.3	0.9	21.9	5.77	5.19	0.0024	0.8061
					0.0014	0.8075

\* Volumen calculado en secciones de 1-2 m de los árboles derrivados.

\*\* Acumulación del volumen, inferior a la sección referida.

El incremento medio de área basal con corteza de todas las alturas o secciones del árbol es de 32.949 cm<sup>2</sup>/año. Este último incremento para datos sin corteza da un valor medio de 28.0329 cm<sup>2</sup>/año.

Al tomar en cuenta sólo las mediciones a la altura del pecho (1.3 m), se obtuvieron los siguientes resultados:

a.- Incremento medio de área basal con corteza del

dap: 38.1107 cm<sup>2</sup>/año.

b.-Incremento medio de área basal sin corteza del  
dap: 28.9867 cm<sup>2</sup>/año.

Transformando este último dato a metros cuadrados/año, se obtiene un valor de 0.00289 m<sup>2</sup>/año/árbol y multiplicándolo por una densidad promedio de 268 - arb/ha, se obtiene un resultado de incremento medio sin corteza de 0.8869 m<sup>2</sup>/ha/año.

En la figura 20 se observan las curvas de crecimiento e incremento de área basal sin corteza.

Los mayores incrementos de área basal se obtienen en el período comprendido de 10 - 15 años, a partir del cual el incremento empieza a decrecer, relacionado a este último.

El crecimiento e incremento en área basal se mantiene un poco más constante que el observado en las curvas del diámetro.

Los datos de crecimiento indican un desarrollo constante a través de los 23 años, sin embargo, la curva de incremento indica un desarrollo grande al principio una disminución en la etapa intermedia - (6 - 8 años) y una serie de oscilaciones en la última etapa. Esto es debido a los espacios libres producto de los raleos naturales del bosque.

En forma precisa se puede decir que ya existe una

Edad (años)	0	5	10	15	20
Área basal (cm <sup>2</sup> )	0	18	255	506	695
Incremento (cm <sup>2</sup> año)		19.0	31.8	49.4	39.0

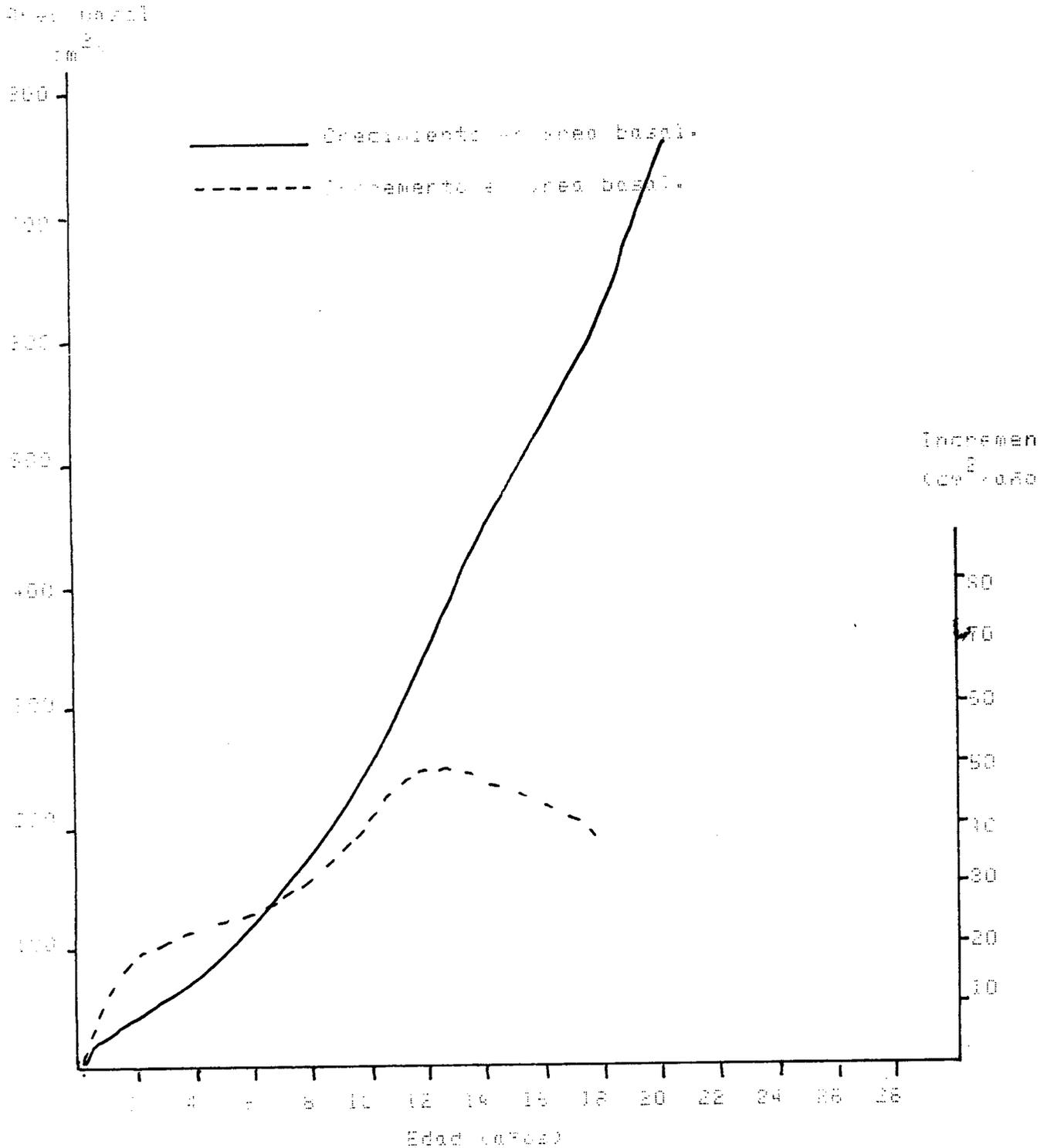


Figura 20  
Crecimiento e incremento en área basal en Pinus maximinoi en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.

disminución del incremento con relación al incremento observado en las etapas iniciales. Es de esperar un nuevo aumento de las dimensiones del incremento en las parcelas raleadas.

El comportamiento del crecimiento en área basal se mantiene constante, pero también el incremento, parece haber disminuido en relación a los años iniciales (1 - 10 años). Con el incremento máximo ( $49.4 \text{ cm}^2/\text{año}$ ) observado en el período de los 10-15 años, se puede llegar a esperar una producción de  $1.33 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ , que es bastante aceptable para bosques de coníferas.

Comparando con el incremento observado en el cuadro 2, para P. elliotii, el incremento máximo de P. maximinoi ( $1.33 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ ) es bajo debido a las siguientes razones:

- a. P. maximinoi se encuentra en un bosque natural sin ningún tipo de manejo.
- b. P. maximinoi posee mayor edad y su curva de incremento va en descenso.
- c. P. maximinoi posee en comparación menor densidad.

#### 4.3 Incremento en altura:

El incremento promedio de altura dá un valor de  $1.0911 \text{ m/año}$ . Se observa en la figura 20 que el período de mayor crecimiento en altura se verifica entre los 10 - 15 años, con un incremento de  $1.74 \text{ m/año}$ , seguido de los 5 - 10 años, con un incremento de  $1.50 \text{ m/año}$ .

La relación entre edad y altura es llamada índice de sitio, representada en este caso por la llamada curva de índice de sitio en la figura 21. Presenta una forma típicamente sigmoide, característica de todas las curvas de índice de sitio. La realización se basó en los datos que aparecen en el cuadro 23, en donde a manera general a los 5 años de edad se tendrá una altura de 1.6 m.; a los 10 años una altura de 10.9 m, a los 15 años una altura de 17.8 m., hasta alcanzar a los 23 años, una altura promedio de 24.8 m.

El crecimiento en altura todavía está en manifiesto, como se observa en la figura 21. Sin embargo, el incremento ha decrecido considerablemente con relación al incremento máximo (1.74 m/año) observado en el período de 10 - 15 años. El incremento periódico último (0.27 m/año) indica la culminación de la altura máxima de la especie.

Según datos de Aguilar (1) y Schwerdfeger (31) la especie posee una altura de 20 - 35 m. (datos de Pinus teniufolia Benth, actualmente P. maximinoi H. E. Moore.). Esto nos indica que el crecimiento máximo en altura según Schwerdfeger está por ser alcanzado (altura dominante promedio de 27.75 m.)

El incremento en altura promedio para P. maximinoi de 1.09 m/año, indica que la especie debe de ser considerada económicamente rentable en su cultivo, al crecer más de 1 m/año, según es citado por Veiga (35). Este incremento es superado por P. elliottii, P. patula, P. khasia y P. caribaea en São Paulo, --

Edades	0	5	10	15	20	23
Altura (cm)		1.6	3.1	17.6	24.0	24.8
Incremento (cm/año)		3.32	1.50	1.74	1.25	0.27

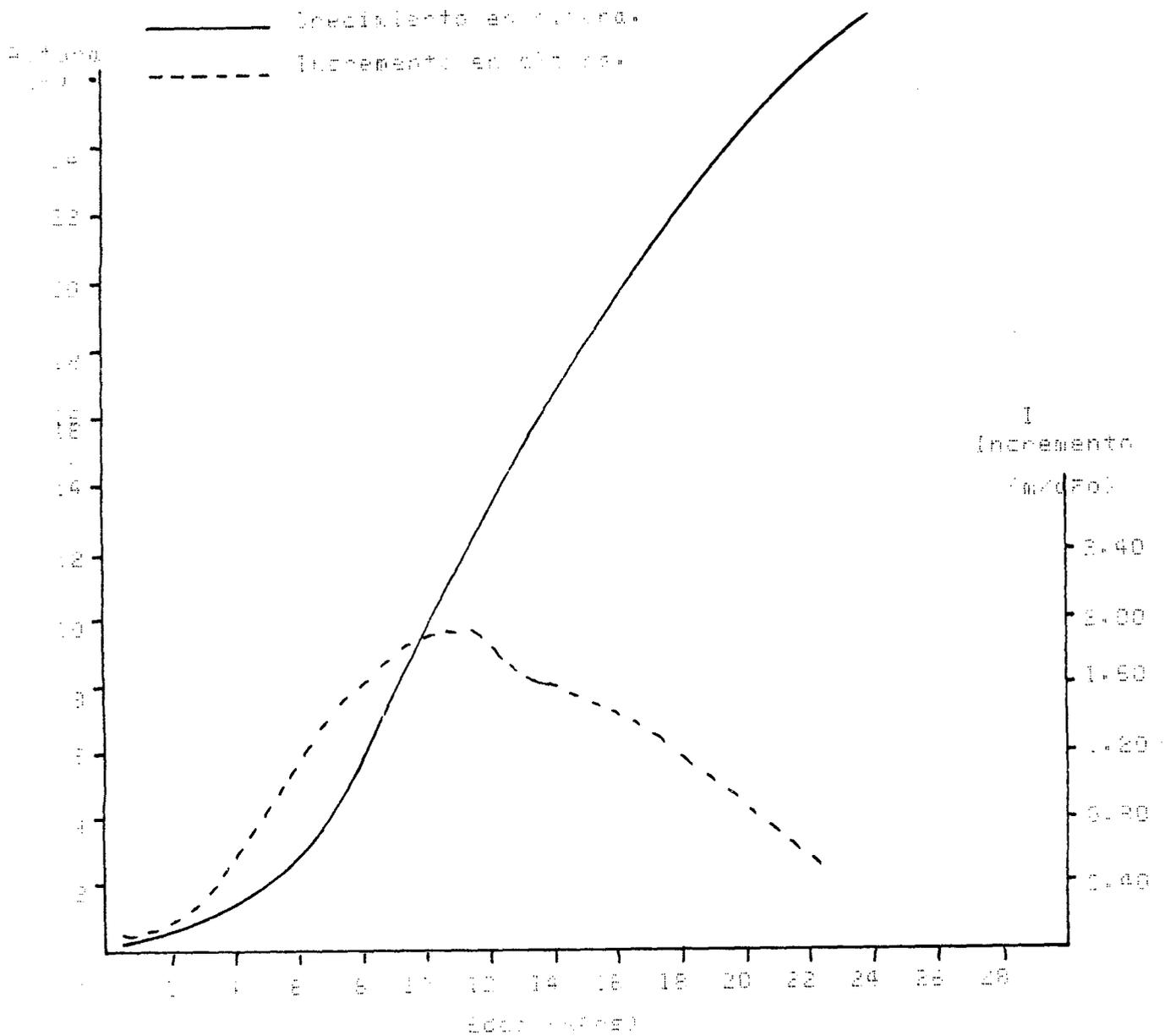


Figura 21  
Crecimiento e incremento en altura en Pinus maximinoi en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.

Brasil (35) pero con edades de 15 - 18 años, monito en el cual P. maximinoi registra incremento promedio de 1.20 m/año e incremento periódico entre los 10 - 15 años de 1.74 m/año.

#### 4.4 Incremento en volumen:

El incremento en volumen es producto del incremento en diámetro y en altura, influyendo en mayor grado el incremento en diámetro.

El incremento medio sin corteza para datos de volumen, utilizando la fórmula estandar de la FAO, es de  $0.0362 \text{ m}^3/\text{árbol/año}$ , equivalente a un incremento de  $9.7016 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ .

Utilizando el volumen real sin corteza, se tiene un incremento promedio de  $0.0365 \text{ m}^3/\text{árbol/año}$ , equivalente a  $9.7820 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ .

Según Peters (27,28) entre la edad de 15 y 20 años, principalmente entre 40 - 70 años el incremento medio anual en bosques de P. oocarpa y P. pseudostrobus varía de  $0.8 \text{ m}^3/\text{ha/año}$  en bosques ralos que crecen en suelos pobres a  $8.1 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ , en bosques -- con suelos fértiles y densidad normal ( $25 - 30 \text{ m}^2/\text{ha}$  de área basal).

Teniendo un crecimiento medio de  $5 \text{ m}^3/\text{ha/año}$  a los 50 años de edad. También indica que el incremento anual periódico para las especies del género Pinus sp. fluctúa para el tipo de coníferas entre  $3.3 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ , y  $7.7 \text{ m}^3/\text{ha/año}$  con un promedio de  $5.7 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ .

En bosques de tipo mixto entre 1.6 y 6.3 m<sup>3</sup>/ha/año, con un promedio de 3.2 m<sup>3</sup>/ha/año.

Según Klepac (23) el incremento medio anual, en los bosques comerciales de todo el mundo, es cercano a 2 m<sup>3</sup>/ha/año, en edades de 100 años, de 7.6 m<sup>3</sup>/ha/año en bosques de 50 años y de 4.0 m<sup>3</sup>/ha/año en edades de 25 años.

Con estos datos el incremento medio del bosque experimental de Chichén es normal en comparación con la producción de 7.6 m<sup>3</sup>/ha/año, a los 25 años.

En la figura 22., producto de los datos del cuadro 23, presenta la curva de crecimiento e incremento en volumen sin corteza para el bosque experimental de Chichén. Su forma es típicamente sigmoide en cuanto a crecimiento y el incremento ya está decreciendo en función de su mayor valor de 0.073 m<sup>3</sup>/árbol/año, obtenido en el período de los 5 - 10 años. De todas las curvas realizadas con los demás parámetros, la de volumen es la que más se asemeja a una curva de crecimiento sigmoide.

Manejando adecuadamente el bosque, este último valor de incremento (0.073 m<sup>3</sup>/ha/año) puede ser sostenido durante mayor tiempo, llegando a obtener valores cercanos a 20 m<sup>3</sup>/ha/año (0.073\*268 arb/ha), que es aceptable para incremento en un bosque natural de coníferas. La curva de incremento empieza a decrecer a partir de 10 años, tomando en cuenta sólo aspectos fisiológicos y ecológicos de crecimiento. Sin embargo, la conveniencia o inconveniencia de su explotación en esta etapa, esta ligada a parámetros de índole comercial, ya que los diámetros serían reducidos.

Edad (años)	0	5	10	15	20
Volumen (m <sup>3</sup> )	0	0.115	0.483	0.730	0.795
Incremento (m <sup>3</sup> /año)		0.023	0.073	0.050	0.013

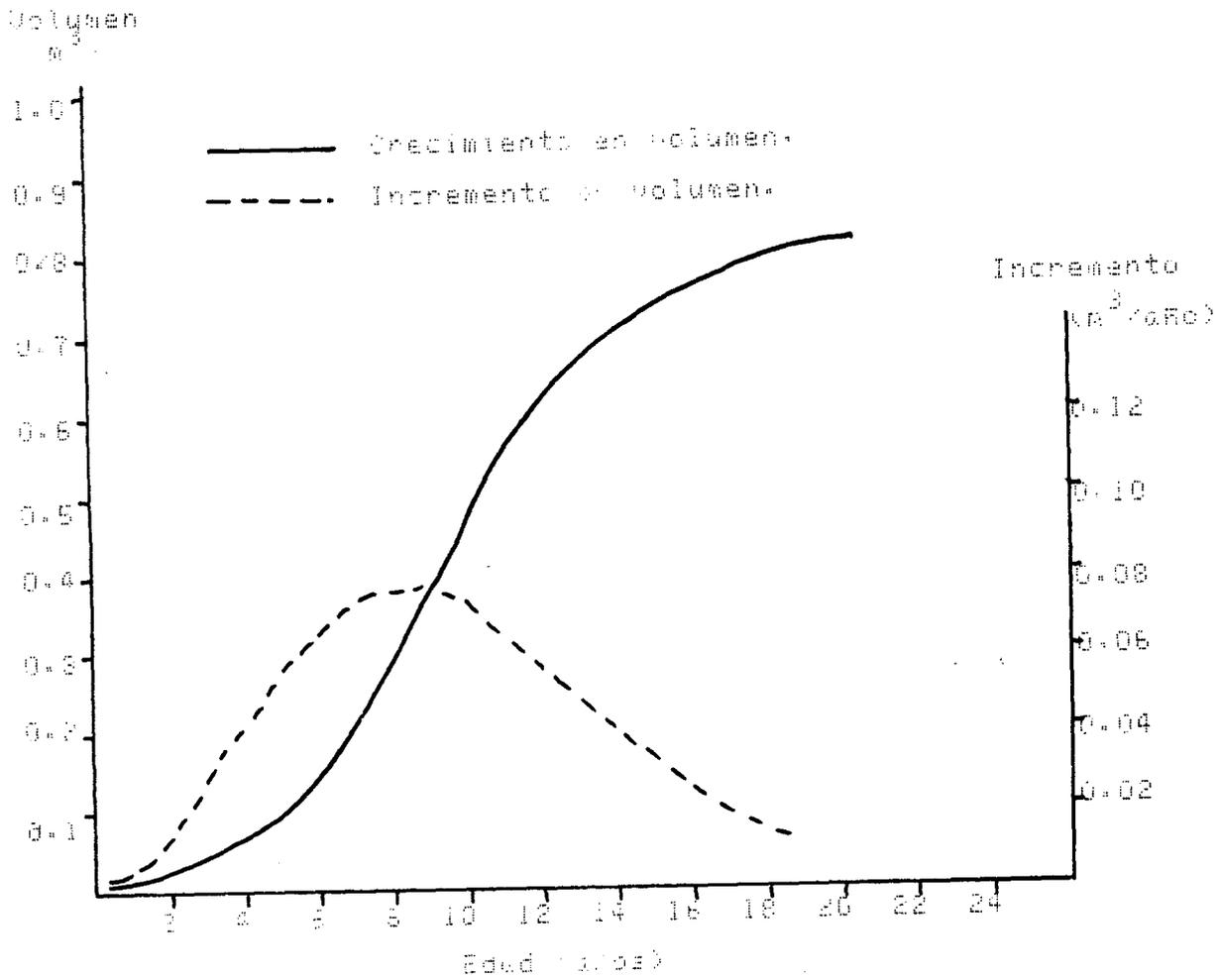


Figura 22  
Crecimiento e incremento en volumen en Pinus maximinoi en las parcelas experimentales de "Chichén", Alta Verapaz.

El dato de  $20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$  que es aceptable para bosques de coníferas, es también un dato obtenido de un bosque natural y sin ningún tipo de manejo. Definitivamente al integrarle el manejo adecuado al rodal; y posiblemente trabajarlo con mayor densidad, el incremento será mayor y podrá llamar la atención técnica para su cultivo y la utilización de las tierras forestales para dicho fin.

En dado caso se implantaran plantaciones de esta especie, los incrementos tienen que ser superiores a los  $20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ , como son obtenidos con P. elliptii ( $44 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$  en São Paulo, Brasil, con P. radiata en Colombia ( $37.9 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ ), en Chile ( $25.8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ ) y en el sur de Australia ( $32.8 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ ). (11, 15).

#### 4.5 Gráfico fustal:

El gráfico fustal es la representación gráfica de los datos básicos de crecimiento de un árbol. Para el presente caso su construcción se basó en los datos promedios de todos los árboles analizados. En el cuadro 20 aparecen estos datos y en la figura 23 aparece el gráfico fustal promedio para los árboles del bosque experimental de Chichén, Alta Verapaz.

Los datos sobre los cuales se basó la construcción del gráfico fustal poseen su rango máximo confiable para una altura de 25 m. La edad trabajada fué de 22 años como edad promedio a la altura del tocón, - el cual posee un diámetro con corteza de 37.13 cm.

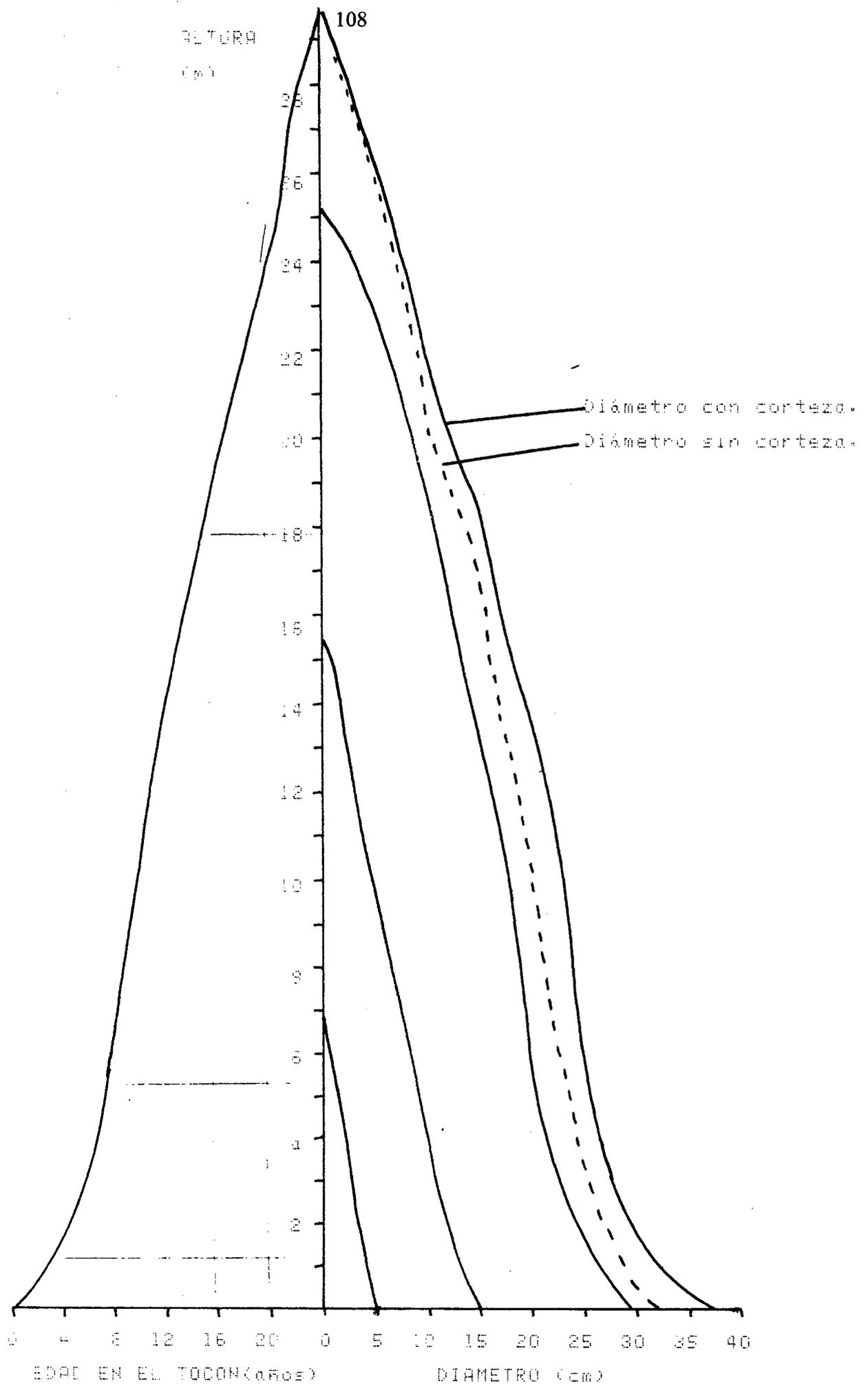


Figura 23  
Sección longitudinal del fuste promedio.

Se observa que a una edad de 4 años se tendrá una altura aproximada de 1.2 m. A la edad de 12 años una altura de 13.3 m. y así sucesivamente.

Del mismo modo se relaciona el diámetro con la altura del árbol. Así para un diámetro del tocón de 5 cm. se tiene una altura de 9.1 m.; para un diámetro de 15 cm. se obtiene una altura de 18.2 m. y así sucesivamente.

#### 4.6 Cálculo del tiempo de paso:

El tiempo de paso indica los años en que va a tardar un árbol de pasar de una clase diamétrica a la categoría diamétrica superior.

Se calculó para la altura del pecho (1.3 m.), y se obtuvo una mediana de 5 años, por lo que los árboles se tardaran 5 años en pasar de una categoría a otra superior, siempre y cuando se mantengan las condiciones actuales.

Integrando este dato con los datos de clase diamétrica que aparecen en el cuadro 11, en un período de 10 años solamente el 16% de árboles del total del rodal estarán por debajo de 30 cm. El resto (84%) estará en etapa de comercialización desde el punto de vista de aprovechamiento del rodal con fines de aserrío (diámetro mínimo aconsejable de 30 cm.).

Otro ejemplo es la integración del tiempo de paso con el porcentaje de crecimiento. En forma conjunta indican el volumen adecuado a ralear por clase diamétrica, por año, según la tasa de incremento que posee el rodal.

5. Cálculo del factor mórfico y de corteza:

## 5.1 Factor mórfico:

El factor mórfico es la relación existente entre - el volumen real del árbol y su volumen ideal representado por un cilindro.

$$\text{Factor mórfico} = \frac{0.8648}{(0.06826)(24.83)} = 0.5102$$

El dato de 0.51 indica que el volumen del árbol es de 51% del volumen de un cilindro con área basal - de 0.06826 m<sup>2</sup> en su base y altura de 24.83 m.

Se reporta una variación en el factor entre 0.364 y 0.523 para P. elliottii a los 16 años (26) y una variación entre 0.409 y 0.532 con promedio de 0.45 para P. patula a distintas edades (36). Otros datos indican un promedio de 0.50 para P. kesiya y una variación entre 0.46 y 0.57 para P. oocarpa (8)

Comparando con los datos anteriores P. maximinoi - se encuentra en posición promedio con respecto a - otros pinos.

## 5.2 Factor de corteza:

Tiene su utilidad práctica al realizar mediciones con corteza y poder transformarlas a diámetros sin corteza, área basal sin corteza y volúmenes sin -- corteza.

El cálculo del factor utilizando los datos del cuadro 18, dió los siguientes resultados:

$$K = \frac{29836.845}{34253.005} = 0.8711$$

El factor varía entre 0.87 y 0.93 para coníferas según Husch (20).

El volumen sin corteza, obtenido de elevar al cuadrado el factor y multiplicándolo por el volumen con corteza, dió un valor de 153 m<sup>3</sup>/ha.

$$\begin{aligned} V_{sc} &= 0.8711^2 V_{cc} \\ V_{sc} &= 0.8711^2 (201 \text{ m}^3/\text{ha}) \\ V_{sc} &= 153 \text{ m}^3/\text{ha} \end{aligned}$$

El porcentaje de corteza fué calculado de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ corteza} = \frac{V_{cc} - V_{sc}}{V_{cc}} \times 100$$

$$\% \text{ corteza} = \frac{201 - 153}{201} \times 100 = 23.88 \approx 24\%$$

Esto indica que del volumen total con corteza, el 24% está constituido por corteza. Este factor disminuye a medida que se eleva la sección en la cual se quiere obtener el volumen. Observando el gráfico fustal (figura 23) se tiene en las partes inferiores una mayor proporción de corteza, que en las partes superiores y jóvenes del árbol.

Caillies (6) reporta un máximo promedio de 20% de

corteza para coníferas. Datos puntuales indican hasta un 25 % de corteza y un mínimo de 12. %  
(20, 36)

## VI. CONCLUSIONES.

1. El bosque experimental es homogéneo en cuanto a especie y altura, siendo en este caso un bosque puro de coníferas. Está establecido bajo una misma calidad de sitio, debido a su poca extensión y localización sobre la misma posición fisiográfica.
2. El valor de densidad promedio obtenida es de 268 arb./ha tomando en consideración sólo el género Pinus. Al tomar en consideración las latifoliadas del estrato intermedio se eleva a un valor de 352 arb/ha.
3. Las especies arbóreas más importantes después del Pino, son Liquidambar styraciflua, Myrica cerifera, Rhus striata, Hedyosmum mexicanum, Quercus sp., y Juglans guatemalensis.
4. Los datos de área basal promedio para el género Pinus es de 22.7676 m<sup>2</sup>/ha, dato que se incrementa a 35.7424 m<sup>2</sup>/ha al considerar las especies latifoliadas.
5. La producción actual del bosque es de 201.785 m<sup>3</sup>/ha producto de un bosque natural sin manejo y originado de árboles padres de mala calidad y conformación.
6. El volumen total medio por árbol con corteza es de 0.7719 m<sup>3</sup> representando un valor de 50.44 m<sup>3</sup>/parcela de 2500 m<sup>2</sup>.

7. Existe una correlación altamente significativa entre distanciamiento promedio de los árboles y área basal o volumen total por parcela.
8. Las relaciones individuales entre las principales variables forestales son altamente significativas en su mayoría. La relación entre DAP - volumen y altura volumen son altamente significativas y con un coeficiente de correlación bastante cercano a la unidad.
9. La tabla de volumen realizada por medio de correlación múltiple posee un coeficiente de correlación de 0.96, que es más elevado que el de la tabla de volumen estandar de la FAO, siendo entonces de mayor utilidad para condiciones locales.
10. Todas las curvas de crecimiento de las variables estudiadas (diámetro, área basal, altura y volumen) presentan forma sigmoide, que indica una etapa de lento crecimiento en los inicios del desarrollo, una etapa de rápido crecimiento ( 5 - 15 años ) y un retorno a un crecimiento lento.
11. El incremento medio de diámetro es de 1.2266 cm/año, considerado como el de mínimo valor (incremento medio sin corteza del DAP). El incremento medio mayor se obtuvo al considerar la corteza y como promedio de todas las secciones analizadas de los árboles, con un valor de 1.833 cm/año.
12. El incremento medio en altura tiene un valor de 1.0911 m/año, y el incremento medio en volumen un valor de -

0.036 m<sup>3</sup>/árbol/año.

13. El incremento periódico máximo de diámetro es de 2.27 cm/año entre los 0 - 5 años. El incremento periódico máximo en altura es de 1.74 m/año entre los 10 - 15 años; el máximo en volumen es de 0.073 m<sup>3</sup>/árbol/año entre los 5 - 10 años.
14. Los datos de incrementos periódicos obtenidos indican un descenso de la producción en relación a los incrementos iniciales, a pesar de la corta edad del rodal (22 años).
15. El incremento periódico máximo por unidad de superficie con valor cercano a 20 m<sup>3</sup>/ha/año indica un potencial -- productivo excelente para crecimiento de coníferas y tomando en consideración que se trata de un bosque natural sin manejo.
16. El tiempo de paso obtenido con valor de 5 años, indica un período de 10 años a partir del actual, para que el 84% del total del bosque esté en etapa de aserrío, con diámetros mayores a 30 cm de DAP.
17. El factor mórfoico con un valor de 0.5102 indica que en un 51% el árbol se asemeja a un cilindro y representa ese volumen, con respecto al ideal del cilindro.
18. El factor de corteza con valor de 0.8711 actúa sobre el diámetro promedio con corteza, reduciéndolo en un 24%, de 201 m<sup>3</sup>/ha con corteza a 153 m<sup>3</sup>/ha sin corteza. El factor indica que el 24% del volumen total es constituido por la corteza.

## VII RECOMENDACIONES

1. Estudiar la factibilidad de poder utilizar los datos de las correlaciones realizadas, en los planes de manejo e inventario forestal de la finca Chichén, a corto plazo.
2. Establecer el grado de representatividad de las correlaciones, tanto en la misma finca, como en las fincas alejadas. Determinar su variación y realizar estandarización de ecuaciones y/o tablas para poder ser utilizadas a nivel regional.
3. Analizar conjuntamente datos de incrementos, crecimiento, factores económicos y factores comerciales, para determinar la época adecuada de extracción forestal.
4. Continuar las mediciones en el presente bosque experimental en función de las tres distintas intensidades de raleo verificadas y establecer más estudios de este tipo a nivel regional y nacional para tener parámetros de comparación.

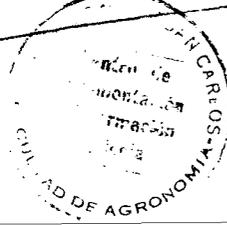
## VIII. BIBLIOGRAFIA.

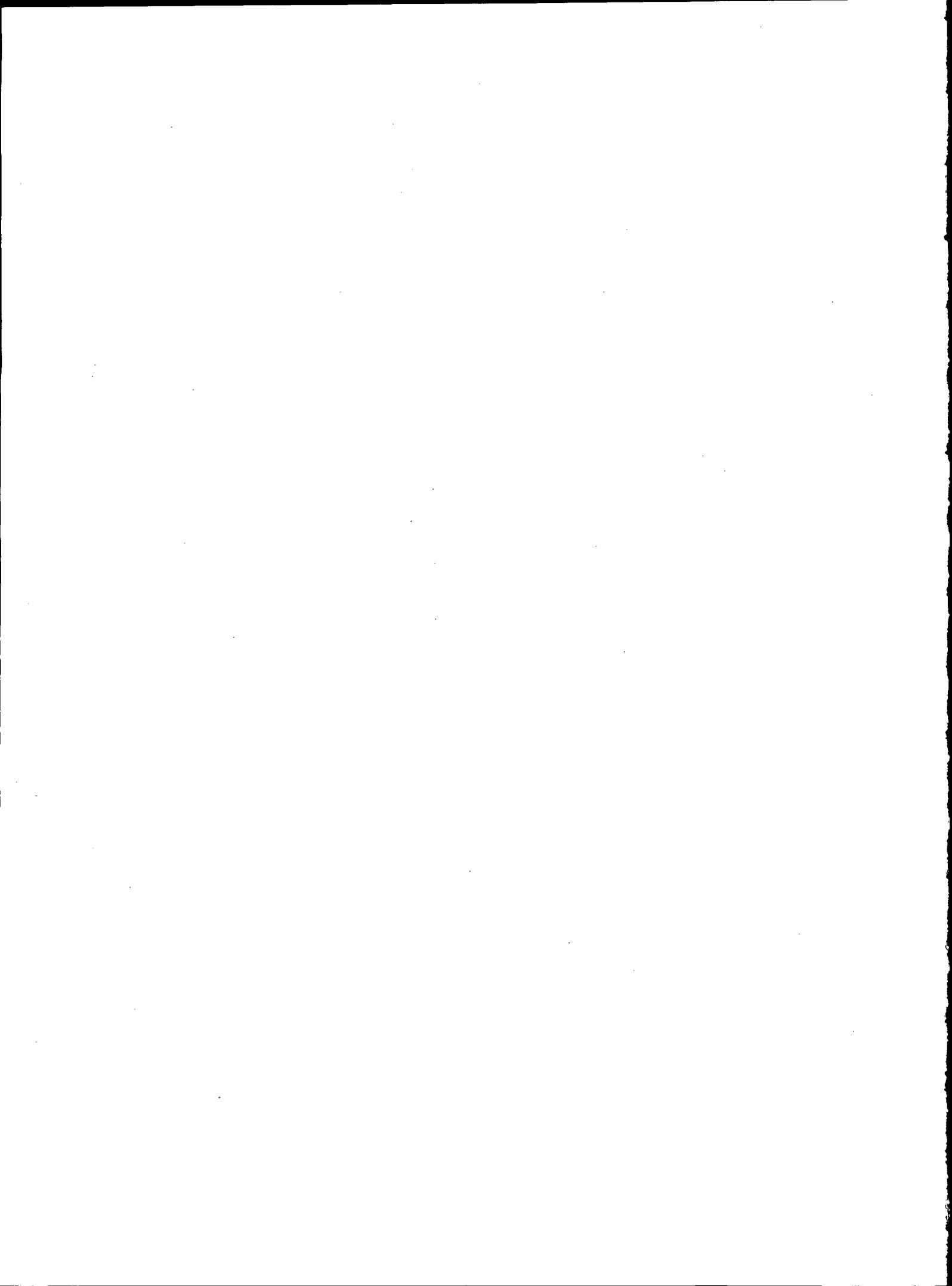
1. AGUILAR G., I. Pinos de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1958. 20 p.
2. ALDER, D. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento; predicción del rendimiento. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes 22/2. 1980. v. 2, 118 p.
3. BAKER, F. S. Principles of silviculture. New York, United States, Mc Graw Hill, s.f. pp. 48-50.
4. BORMANN, F. y BERLYN, G. Edad y tasa de crecimiento de los árboles tropicales; nuevos enfoques para la investigación. Trad. por Carmen Alicia De La Parra. Veracruz, México, CECSA, 1983. 143 p.
5. BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. Medición forestal. México, D. F., Herrero, 1965. 474 p.
6. CAILLIES, F. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento; estimación del volumen. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO: Montes 22/1. 1980. v. 1, 92 p.
7. CAMPOS, J. C. Estudos sobre indice de sitio e tabelas de volume e producao para Pinus elliottii Engelm. no Estado de Sao Paulo, Brasil. Tesis Maq. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 82 p.
8. COMBE, J. y GEWALD, N. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, Artes Gráficas de C.A., 1979. 378 p.
9. CRUZ, R. DE LA. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, 1982. pp. 23-26.
10. DANIEL, T., HELMS, J. y BAKER, F. Principios de silvicultura. Trad. de la 2 ed. inglesa por Ramón Elizondo Mata. México, Mc Graw Hill, 1982. 492 p.
11. FABER, P. et. al. Estudo sobre o crescimento e tabelas de producao preliminares de Pinus elliottii (Engelm) para o Sul do Brasil. Silvicultura em Sao Paulo (Brasil) 9:87-116. 1975.
12. FISHWICK, R. W. Determinacao de curvas de indice de sitio para Pinus elliottii. Brasilia, PRODEPEF. Comunicacao Técnica no. 6. 1977. 10 p.

13. GOITIA, E. Estudio del incremento volumétrico del Cupressus lusitanica Miller. en relación a la edad y al sitio. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1954. 58 p.
14. GONZALEZ, E. Silvicultura. 2 ed. España, Possat, 1947. pp. 180-190.
15. GONZALEZ, M. Crecimiento en volumen por hectárea de Pinus radiata en Cajamarca, Perú. Revista Forestal del Perú 5(1-2):93-98. 1971-1974.
16. GOOR, C. P. VON. Investigações sobre o crescimento de plantações jovens de Pinus elliottii no Sul do Brasil. Silvicultura em Sao Paulo (Brasil) 4-5(4):341-348. 1965-1966.
17. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Mapa de Cobán, hoja 2162 III. Guatemala, 1973. Esc. 1:50,000 Color.
18. GURGEL, O. A. Sobre o crescimento de pinheiro brasileiro. Revista de Agricultura (Brasil) 32(2):79-82. 1957.
19. HONDURAS. COORPORACION HONDUREÑA DE DESARROLLO FORESTAL. Manual de establecimiento y análisis de parcelas permanentes de rendimiento. Honduras, 1976. 28 p.
20. HUSCH, B., MILLER, C. y BEERS, T. Forest mensuration. 2 ed. United States, Wiley, 1971. 410 p.
21. ISOLAN, F. B. Estudio da qualidade de sitio para Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Barret e Golfari no cantão de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 98 p.
22. JADAN P., S. V. Sistema de clasificación de índices de sitio para Eucalyptus deolupta Bl. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 98 p.
23. KLEPAC, D. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2 ed. Chapinco, México, Universidad Autónoma Chapinco, 1983. 365 p.
24. MACKAY, E. Dasometría; teoría y técnica de la medición forestal. Madrid, España, Escuela Superior de Ingenieros de Montes, 1964. pp. 549-687.
25. MEXICO. SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA. Producción forestal. México, Trillas, 1982. 134 p. (Manuales para la Educación Agropecuaria).

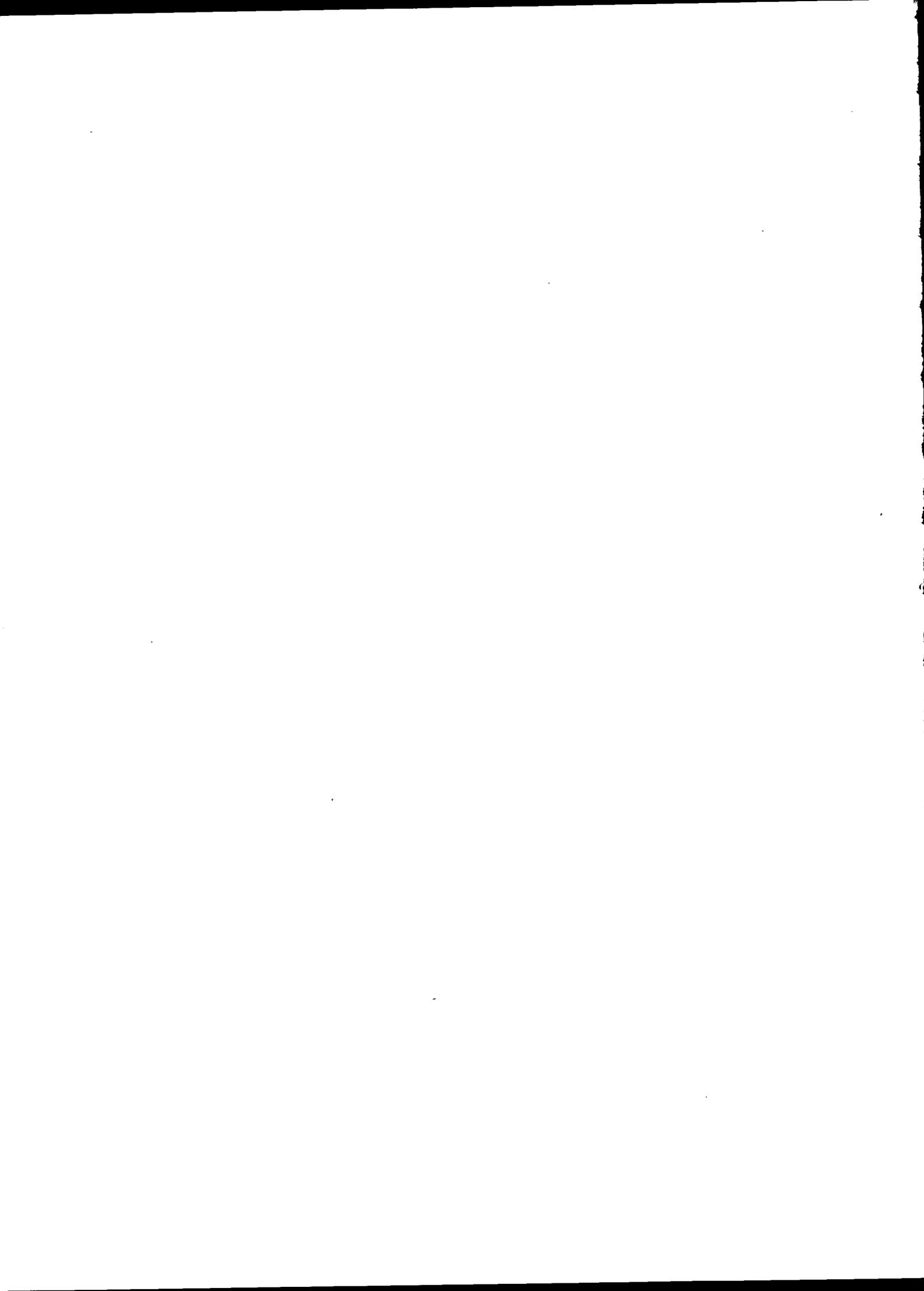
26. MONTAGNA, R., et. al. Estudio sobre o crescimento e a densidade de madeira de Pinus elliottii Engelm. var. elliottii em funcao do espacamento. Silvicultura em Sao Paulo (Brasil) 8:33-52. 1973.
27. PETERS, R. Inventario forestal intensivo para un proyecto de desarrollo industrial de la finca Nacional San Jerónimo. Guatemala, Instituta Nacional Forestal. Doc. Interno no. 5. 1975. 101 p.
28. \_\_\_\_\_. Tabla de rendimiento preliminar para el Pinus oocarpa Schiede. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. Doc. de Trabajo no. 15. 1976. 17 p.
29. \_\_\_\_\_. Tablas de volumen para las especies coníferas de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. Doc. de Trabajo no. 17. 1977. 162 p.
30. MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell soil Charts. Baltimore, Maryland, 1954. 20 p.
31. SCHERDFEGER, F. Los pinos de Guatemala; La entomología forestal de Guatemala. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Informe FAO/ETAP no. 202. 1953. v. 1, pp. 12-21.
32. SIMMONS, Ch., TARANO, J. M. y PINTO, J. H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. pp. 473-501; 680-681.
33. SPURR, S. y BARBES, B. Ecología forestal. Trad. de la 3 ed. inglesa por Carlos L. Raigorodsky. México, AGT editores, 1982. 690 p.
34. TSCHINKEL, H. La clasificación de sitios y el crecimiento del Cupressus lusitanica en Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Colombia) 27(1):3-30. 1972.
35. VEIGA, A. DE A. Pinus elliottii cresce 1 m por ano. Copecotia (Brasil) 24(211):40-41. 1967.
36. WORMALD, T. J., comp. Pinus patula. Oxford, University of Oxford. Tropical Forestry Papers. no. 7. 1975. 172 p.

16 30





IX APENDICE.



## CUADRO 24

Descripción botánica de la especie y distribución geográfica. (1, 29, 31)

Pinus maximinoi H. E. Moore.

Sinónimo de P. tenuifolia Benth.

La altura del árbol varía de 25 hasta 30 m. El tronco es derecho, raras veces algo encorvado.

La corteza del tronco es a veces moreno rojiza, de ordinario gris blanquecina, a menudo bastante oscura. Moreno rojizo en las grietas profundas de la corteza. En la parte superior del tronco y en los troncos jóvenes es lisa o un poco escamosa; en los troncos adultos se presenta dividida abajo en placas gruesas y longitudinales. La corteza de las ramas es asimismo de color gris blanquecina hasta moreno grisáceo, a veces moreno rojizo, de ordinario lisa, raramente algo áspera; las cicatrices de las hojas separadas y poco pronunciadas. La corteza de los más jóvenes renuevos es de color moreno violado.

El ramaje es primero fino, volviéndose pronto bastante áspero. Las ramas son derechas, a veces encorvadas, de ordinario ascendentes, en la edad adulta también horizontales o colgantes y espaciosas.

La copa es en la juventud simétrica, presenta largos renuevos anuales y verticilación simétrica; es cerrada, coniforme, achatada o acuminada, en la edad madura también redondeada, densa o bastante densa. Con relativa frecuencia se encuentra renuevos finales largos, en forma de lanza, sin ramificación.

El follaje consiste de 2, o más raramente de 3 años; los renuevos cubiertos de hojas son bastante largos. Las hojas son triangulares, dentadas, verde claras, brillantes. El número de hojas por fascículo es casi exclusivamente de 5. La longitud de las hojas es de 16 hasta 32 cm., predominantemente de 20 hasta 28 cm.; su espesor de 0.5 hasta 0.7 mm.; son por consiguiente largas y finas, más finas que las de otras especies. El número de hileras de estomas en las caras externas de las hojas es casi siempre 2, en las internas predominantemente 2.

Las vainas de las hojas son persistentes, de 12 hasta 18 mm. de largo, de 1.3 hasta 1.7 mm. de espesor y morenas.

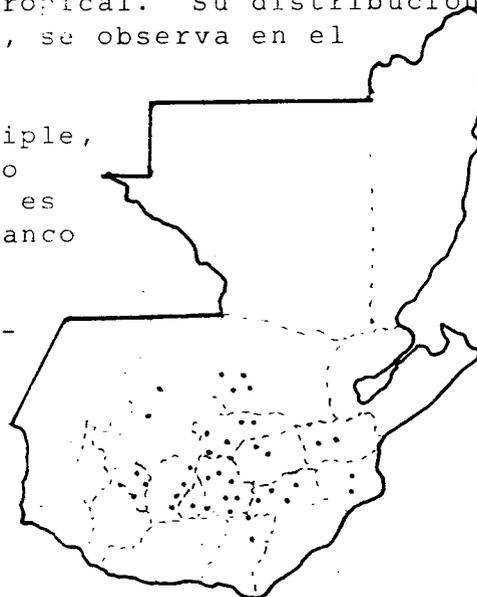
Los conos se presentan por lo general en número reducido, predominantemente aislados, pero también en grupos de 2 a 3. Son pronto caedizos. Cuando están cerrados tienen forma oblonga-ovoide, son alargados, estrechos, atenuándose hacia los dos extremos, encorvados. Son de color moreno rojizo, a veces bastante brillantes. Su longitud es de 4 a 11 cm. por regla general de 6 a 8 cm. Cuando están abiertos la relación entre la longitud y la anchura es como 1:0.7. El pedúnculo es algo áspero, de 10 a 15 mm. de largo, lateralmente articulado, quedando adherido al cono cuando este se cae. Las escamas son delgadas, flexibles, tienen 25 mm' de largo y 10 mm de ancho; su extremidad es redondeada o irregularmente angulosa; la apófisis achatada, tiene aproximadamente la forma de un rombo; la cúspide es oscura cicatrizada, aplanada, elevándose apenas sobre la superficie de la apófisis; lleva a veces una espina pequeña. En algunos ejemplares, y de ordinario en un sólo lado del cono, la apófisis presenta una clara textura piramidal o tiene el aspecto de una protuberancia que se destaca empinada.

El *P. maximinoi* vegeta en altitudes relativamente bajas (1100 a 2400 msnm). Al parecer exige temperaturas calientes y necesita alguna humedad. Esta especie forma bosques hasta cierto punto densos y puros o se halla mezclado con latifoliadas como el Liquidambar y el Encino, en sitios bastante secos se encuentra con *P. oocarpa* y *P. montezumae*. Las regeneraciones naturales se presentan al parecer con facilidad en lugares donde la sombra de los pinares no es muy densa. Se reporta fundamentalmente en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Subtropical (frío).

Su principal distribución natural la encontramos en Alta Verapaz, Quiché y en sitios con buen suelo y precipitación abundante y clima sub-tropical. Su distribución en Guatemala es bastante amplia, se observa en el mapa.

El uso de la especie es múltiple, tanto en la construcción como en la carpintería. La madera es liviana, blanda, de color blanco amarillento.

Esta especie requiere buenos y profundos suelos con precipitación mayor de 900 mm por año.



## CUADRO 25

## Características cualitativas de los árboles.

Arbol sano: Arbol que no presenta ningún ataque de plagas, enfermedades y su conformación es recta, sin anomalías.

Arbol sinuoso: que su fuste no es recto.

Tallo quebrado con recuperación: La porción apical del árbol esta rota o quebrada y las ramas subapicales tomaron el papel de la porción apical en otorgar el crecimiento en altura.

Tallo quebrado sin recuperación: Ninguna de las ramas subapicales lograron desarrollarse, ni tomar el papel de la porción apical.

Arbol sin copa: Generalmente árbol muerto, sólo queda en pie una porción de su fuste.

Arbol con copa asimétrica: Arbol cuya forma de copa no es de forma circular. Es irregular.

Torcedura basal: Arboles que presentan cierto grado de curvatura en las porciones inferiores del fuste.

Arbol bifurcado: Que posee dos ramas apicales.

Arbol inclinado: Que la conformación del fuste no es completamente vertical.





Cont. CUADRO 27  
Descripción de sitios.

Sitio numero													
2.1.8. Temperatura máxima absoluta mensual (°C x 10)													
Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.		
2.1.9. Temperatura mínima absoluta mensual (°C x 10)													
Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.		
2.1.10. Distancia a la est.meteor.más cercana(km x 10)													
Diferencia en elevación (m)													
Estación nombre										Código			
2.2. Suelos													
2.2.1. Pedregosidad (%)													
2.2.2. Peligro de inundaciones: alta <sup>1</sup> media <sup>2</sup> baja <sup>3</sup>													
2.2.3. Tipo de suelo: residual <sup>1</sup> coluvial <sup>2</sup> aluvial <sup>3</sup> playa <sup>4</sup> otros <sup>5</sup>													
2.2.4. Textura: 3 profundidades 0-5; 5-20; 20-40 x 4 tipos de materia (%)													
Arena	Limo	Arcilla	m.o.	Arena	Limo	Arcilla	m.o.	Arena	Limo	Arcilla	m.o.		
2.2.5. pH x 10 del suelo superficial													
2.2.6. Horizont. presentes													
2.2.7. Cada horiz. X - X - X - X - X -													
2.2.8. Color cada horiz.													
2.2.9. Drenaje externo: libre <sup>1</sup> impedido <sup>2</sup>													
2.2.10. Tipos de erosión: sin o muy leve <sup>1</sup> moderada <sup>2</sup> severa <sup>3</sup> muy severa <sup>4</sup>													
2.2.11. Roca madre: caliza <sup>1</sup> arenosa <sup>2</sup> granito <sup>3</sup> volcánico <sup>4</sup> otras <sup>5</sup>													
2.3. Vegetación													
2.3.1. Zona de vida según Holdridge													
2.3.2. Vegetación actual aledana a la plantación													
2.3.3. Vegetación anterior a la siembra: bosque virgen; b.explotado selectivar. X													
b.secundario; pastos; cultivos anuales; cultivos <sup>6</sup> perennes; otros <sup>7</sup>													
2.3.4. Tiempo que duró en uso de la tierra (años)													
2.3.5. Total de parcelas en el sitio													

CUADRO 28  
Descripción promedio del perfil de suelos.

		HORIZONTE	O	A	AB	B	C
CARACT. GENERALES.	PROFUNDIDAD (cm)		5 - 10	23 - 40	33 - 51	61 - 111	81 - 151
	TEXTURA		Franco	Franco Franco-limoso	Franco Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso
COLOR	SECO		10yR 3/3 Pardo grisáceo muy oscu.	10yR 3/2-3/3 2.5 y 3/3 Pardo grisáceo muy oscu.	10yR 4/3-3/4 2.5 y 3/2 Pardo amarillento oscuro.	10yR 5/4 2.5 y 4/3-3/6 Pardo amarillento.	2.5 y 3/2
	HUMEDO		2.5 y 2/0	10yR 2/1-3/1 Negro	10yR 3/2-2/2 7.5yR 3/4 Pardo muy oscuro.	10yR 3/4-3/3 Pardo amarillento oscuro	10yR 3/1 Gris oscuro
ESTRUCTURA	CLASE		Granular	Granular	Granular Bloques	Granular Bloques	Granular
	TIPO		Fina-Med.grue	Fina-Med.grue.	Fina-Med.grue.	Med.grue-Grue.	Med.gruesa
	GRADO		Def-Med.def.	Def-Med.def.	Def-Med.def.	Def-Med.def.	Med.definido
CONSISTENCIA	HUMEDO		Firme	Firme-friable	Med.fir-Firme	Med.fir-Friab.	Med. firme
	MOJADO		Lig.adhesivo	Lig.adhesivo Adhesivo	Lig.adhesivo Adhesivo	Lig.adhesivo Adhesivo	Med. adhesivo
	SATURADO		Lig.plástico	Lig.plástico Plástico	Lig.plástico Plástico	Med.plástico Plástico	Plástico
RAICES			Abundantes	Comun Abundantes	Comun	Pocas Comun	Pocas
pH			4.91 - 5.6	4.33 - 5.6	5.02 - 5.7	4.94 - 5.7	5.23
Microgrm/ml	Fósforo		2.06	0.54	0.00	0.00	
	Potasio		30 - 33	15 - 50	15 - 18	15	
Meq/100 ml.	Calcio		0.75 - 5.53	0.75 - 7.47	1.26 - 2.73	0.75 - 0.99	
	Magenesio		0.17 - 0.99	0.17 - 1.08	0.17 - 0.49	0.17	
TENSION EN ATMOSFERAS	1/3		76.45	70.2 - 83.47	51.33 - 63.43	45.26 - 61.34	55.49
	15		60.68	61.51 - 66.22	42.40 - 53.81	42.61 - 48.09	45.91
% DE MATERIA ORGANICA			+ 6.81	+ 6.81	+ 6.81	+ 6.81	+ 6.81
DENSIDAD			0.4944	0.4423-0.5095	0.4488-0.5472	0.5720-0.6587	0.5571
LIMITES	NITIDEZ			Neto	Neto	Neto Gradual	Neto
	FORMA			Plana Ondulado	Plana Ondulado	Plana Ondulado	Ondulado

## CUADRO 29

## Mediciones en parcelas.

Anotaciones						
1.0. Sitio número						
1.1 Parcela número						
1.2. Nombre científico						
1.3. Fecha de Plantación (día,mes,año)						
1.4. Fecha de medición (día,mes,año)						
1.5. Area de la parcela (m <sup>2</sup> )						
Arbol No.	D.A.P. mm	Altura dm	Rectitud del fuste 1/	Defectos 2/	Anomalías 3/	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

1/ 1: Recto; 2: Sinuoso

2/ 1: Tallo quebrado con recuperación; 2: Tallo quebrado sin recuperación

3/ 1: Sin copa; 4: Copa asimétrica; 5: Enfermo; 6: Sano

4/ 1: Torcedura basal; 2: Bifurcado; 3: Inclinado; 4: Cola de zorro



CUADRO 31  
 Datos resumen del raleo efectuado.

BLOQUE	PARCELA	DENSIDAD INICIAL	G inicial ( m <sup>2</sup> )	V inicial ( m <sup>3</sup> )	G raleado ( m <sup>2</sup> )	V raleado ( m <sup>3</sup> )	DENSIDAD ACTUAL
A	1	59	4.7755	41.3885	2.4361 (50%)	23.7879	27
	2	89	6.4889	57.5296	0.0000 (00%)	0.0000	89
	3	84	7.4081	64.2348	2.2447 (30%)	21.1805	54
B	1	68	4.9961	45.0297	0.0000 (00%)	0.0000	68
	2	56	4.8859	45.0240	2.3442 (50%)	21.8591	22
	3	47	5.5969	49.4706	1.6029 (30%)	14.9612	25
TOTALES		403	34.1514	302.6762	8.6259	81.7887	285
MEDIA		67	5.6919	50.4462	-----	-----	---

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....

Asunto .....

I M P R I M A S E

ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.  
D E C A N O



**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC**  
**DEPOSITO LEGAL**  
**PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**