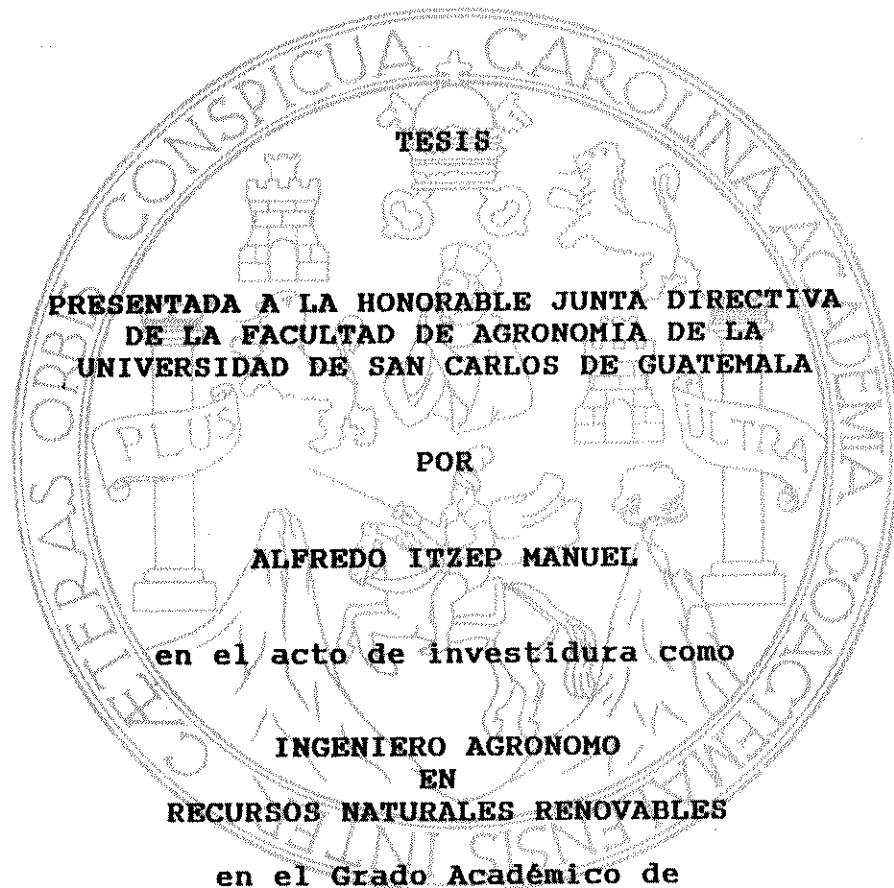


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

INDICES DE SITIO Y DESARROLLO DE UN MODELO  
PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA Pinus oocarpa Schiede EN LAS  
FINCAS SANTA ROSALIA, GUALAN, ZACAPA Y  
SALAMA I, SALAMA, BAJA VERAPAZ



TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ALFREDO ITZEP MANUEL

en el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO  
EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

en el Grado Académico de

LICENCIADO

Guatemala, julio de 1995.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO
VOCAL I	Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT
VOCAL II	Ing. Agr. WALDEMAR NUFIO REYES
VOCAL III	Ing. Agr. CARLOS ROBERTO MOTA DE PAZ
VOCAL IV	Profesor GABRIEL AMADO ROSALES
VOCAL V	Bachiller AUGUSTO SAUL GUERRA GUTIERREZ
SECRETARIO a. i.	Ing. Agr. GUILLERMO MENDEZ BETETA

PRONIA

Biblioteca Central

Guatemala, julio de 1995.

Miembros de Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo titulado: "INDICES DE SITIO Y DESARROLLO DE UN MODELO PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA Pinus oocarpa Schiede EN LAS FINCAS SANTA ROSALIA, GUALAN, ZACAPA Y SALAMA I, SALAMA, BAJA VERAPAZ". Presentado como requisito, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Sin otro particular, esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo.

Atentamente;



---

Alfredo Itzep Manuel

## ACTO QUE DEDICO

### AL HACEDOR DEL UNIVERSO

- A: MI MADRE FRANCISCA MANUEL  
Como un reconocimiento a sus  
gigantescos esfuerzos.
- A: LOS HEROES Y MARTIRES DE  
de Rabinal, producto de un  
pueblo que lucha por su  
liberación.
- A: LOS PUEBLOS MAYAS DE  
GUATEMALA, que luchan por  
su igualdad social y  
económica.
- A: A LA FACULTAD DE AGRONOMIA,  
que trabaja por una  
agricultura para las  
grandes mayorías.
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS, por sus históricos  
aportes, en pro de una  
mejor sociedad.
- A: LOS HOMBRES Y MUJERES,  
que luchan por el cambio y  
la justicia social y  
económica.
- A: LOS HOMBRES HONESTOS Y  
SINCEROS, BASE DE UNA  
NUEVA GUATEMALA.
- A: MIS HERMANOS CARNALES  
Y ESPIRITUALES.
- A: TODAS LAS PERSONAS QUE HAN  
CONTRIBUIDO EN EL ALCANCE  
DE ESTE MOMENTO PERSONAL.

## TESIS QUE DEDICO

- A: AL CAMPESINADO GUATEMALTECO.
- A: A LA HOY ESCUELA NACIONAL  
CENTRAL DE AGRICULTURA.
- A: LAS SUBAREAS DE MANEJO Y  
MEJORAMIENTO DE PLANTAS Y  
FILOSOFIA Y CIENCIAS SOCIALES  
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA.
- A: SECTOR FORESTAL PROGRESISTA.  
Y RESPONSABLE.
- A: MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.
- A: MI FAMILIA EN GENERAL.

## AGRADECIMIENTOS SINCEROS

- A: PROYECTO MADELEÑA-3, GUATEMALA, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE-, por el apoyo económico en el desarrollo de la presente tesis, en especial a PROCAFOR-1.
- A: ARQUITECTO JOSE LEWALD C., por sus importantes aportes en el trabajo de campo.
- A: EMPRESA FORESA, Especialmente al Ing. Alfredo Santos, por su valioso apoyo.
- A: Ing. Agr. Oscar Núñez Saravia  
Ing. Agr. Mario Alberto Méndez  
Ing. Agr. Rolando Zanotti  
Ing. Agr. Juan González
- Por su desinteresada colaboración en la planificación y ejecución del presente trabajo.
- A: Los habitantes de las aldeas El Conacaste y Mal Paso, Gualán, Zacapa, por el apoyo en el trabajo de campo.

## CONTENIDO

	PAGINA
Indice de cuadros	iii
Indice de gráficas	v
Indice de apéndices	vi
Resumen	vii
1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA . . . . .	3
3. MARCO TEORICO . . . . .	5
3.1 Marco Conceptual . . . . .	5
3.1.1 Crecimiento y Rendimiento de Masas Forestales . . . . .	5
A. Factores relacionados . . . . .	5
3.1.2 Calidad de sitio . . . . .	8
A. Evaluación . . . . .	9
B. Análisis de regresión y correlación . . . . .	14
C. Parcelas Temporales . . . . .	16
3.1.3 Tablas de rendimiento . . . . .	17
A. Construcción de las tablas de rendimiento . . . . .	18
3.2 Marco Referencial . . . . .	21
3.2.1. Ubicación de las plantaciones . . . . .	21
A. Santa Rosalía . . . . .	21
B. Salamá I . . . . .	22
3.2.2. Características de las plantaciones . . . . .	23
4. OBJETIVOS . . . . .	29
4.1 Objetivo general . . . . .	29
4.2. Objetivos específicos . . . . .	30
5. METODOLOGIA . . . . .	30
5.1 Delimitación de las áreas de estudio . . . . .	30
5.2 Reconocimiento de las áreas de estudio . . . . .	31
5.3 Delimitación de las parcelas temporales . . . . .	31
5.3.1 Características de las parcelas . . . . .	31
5.4. Actividades dentro de la parcelas . . . . .	31
5.4.1 Descripción de la parcela . . . . .	31
5.4.2 Marqueo de los árboles . . . . .	31
5.4.3 Análisis fustal . . . . .	32
5.4.6 Tablas de Volumen . . . . .	32
5.4.7 Características del suelo por parcela . . . . .	32
5.5 Actividades en cada sitio de estudio . . . . .	33
5.5.1 Descripción del sitio . . . . .	33
5.5.2 Muestreo de suelo . . . . .	33
5.6 Análisis de la información . . . . .	33
5.6.1 Desarrollo de curvas de índice de sitio . . . . .	33
5.6.2 Tabla de Rendimiento . . . . .	34
5.6.3 Tabla de Volumen . . . . .	36

5.6.4	Comparaciones de curvas de índice de sitio . . . . .	37
5.6.5	Características edafoclimáticas . . . . .	37
5.7	Integración de la Información . . . . .	38
6.	RESULTADOS . . . . .	39
6.1	Homogeneidad en altura dominante . . . . .	39
6.2	Crecimiento e Incremento . . . . .	41
6.2.1	Análisis Fustal . . . . .	41
6.3	Determinación de índices de sitio . . . . .	45
6.4	Tablas locales de volumen . . . . .	50
6.4.1	Tabla Local para Santa Rosalía . . . . .	51
6.4.2	Tabla de Volumen local para Salamá I . . . . .	52
6.5	Tablas preliminares de rendimiento . . . . .	52
6.6	Relaciones entre modelos . . . . .	54
6.7	Análisis de Crecimiento e incremento . . . . .	56
6.7.1	Análisis de altura dominante . . . . .	56
A.	Incremento en altura . . . . .	58
6.7.2	Análisis Diamétrico . . . . .	60
6.7.3	Relaciones individuales . . . . .	61
A.	Relación DAP-altura total . . . . .	61
B.	Area Basal-Altura . . . . .	62
C.	Relación Altura-Volumen real . . . . .	63
D.	Relación Area Basal- Volumen real . . . . .	64
6.8	Factor mórfico y de corteza . . . . .	66
6.9	Características edáficas y climáticas . . . . .	68
6.9.1	Características edáficas . . . . .	68
A.	Descripción de los suelos . . . . .	68
B.	Características químicas . . . . .	71
6.9.2	Características Climáticas . . . . .	74
A.	Santa Rosalía . . . . .	74
B.	Salamá I . . . . .	76
7.	CONCLUSIONES . . . . .	78
8.	RECOMENDACIONES . . . . .	79
9.	BIBLIOGRAFIA . . . . .	80
10.	APENDICES . . . . .	84



## INDICE DE CUADROS

No.	Página
1. Resumen de los datos obtenidos en las parcelas de medición para los árboles dominantes en las plantaciones bajo estudio	39
2. Datos relativos a la altura media (m) de las plantaciones y de los árboles dominantes en las plantaciones bajo estudio	40
3. Promedio de edad, diámetro y volumen de los fustes estudiados en la localidad de Santa Rosalía, Gualán, Zacapa	41
4. Promedio de edad, diámetro y volumen de los fustes estudiados en la localidad de Salamá I, Salamá, Baja Verapaz	41
5. Resumen de los datos obtenidos del análisis de regresión del modelo de pendiente común y término independiente común, para desarrollar las curvas de edad-altura dominante	45
6. Prueba de medias de las alturas dominantes de los sitios de Santa Rosalía, Gualán, y Salamá I, Salamá, B. V.	49
7. Tabla de volumen local en el sitio Santa Rosalía	50
8. Tabla de volumen local en el sitio Salamá I	51
9. Tabla de rendimiento Preliminar para <u>Pinus oocarpa</u> Schiede en el sitio de Santa Rosalía, Gualán, Zacapa, hasta un diámetro mínimo superior de 10 cm.	52
10. Tabla de rendimiento Preliminar para <u>Pinus oocarpa</u> Schiede en el sitio de Salamá I, Salamá, Baja Verapaz, hasta un diámetro mínimo superior de 10 cm.	53
11. Volúmenes estimados según FAO y la tabla local en Santa Rosalía, Gualán, Zacapa	54
12. Prueba de medias para el volumen ( $m^3$ ) para el volumen generado por FAO (1976) y el volumen real calculado	54
13. Edad y altura de los árboles en las plantaciones Santa Rosalía y Salamá I	55
14. Incremento en altura en las plantaciones Santa Rosalía y Salamá I	57
15. Incremento periódico anual de las plantaciones Santa Rosalía, Gualá y Salamá I, Salamá	59
16. Coeficiente mórfico y de corteza de los sitios Santa Rosalía, Gualán, Zacapa y Salamá I, Salamá, B. V.	65

17. Análisis físico-químico de los suelos de Santa Rosalía,  
Gualán, Zacapa 71
18. Análisis físico-químico de los suelos de Salamá I,  
Salamá, B. V. 71
19. Resumen de los datos de temperatura media mensual, humedad  
relativa y precipitación media mensual de la estaciones  
meteorológicas El Tipucal, Gualán y La Unión, Río Hondo, Zacapa,  
en el periodo 1980-1989. 74
20. Resumen de los datos de temperatura media mensual, humedad  
relativa y precipitación media mensual de la estación  
meteorológicas San Jerónimo, B. V., en el periodo 1980-1989. 75

## INDICE DE GRAFICAS

No.	Página
1. Curvas de índice de sitio para <u>Pinus oocarpa</u> Schiede desarrolladas en Honduras	11
2. Esquema fustal para <u>Pinus oocarpa</u> Schiede en el sitio Santa Rosalía, Gualán, Zacapa	42
3. Esquema fustal para <u>Pinus oocarpa</u> Schiede en el sitio Salamá I, Salamá, B. V.	43
4. Curvas de índice de sitio para la finca Santa Rosalía, Gualán, Zacapa, producidas por el método de regresión jerárquica de Bailey y clutter, usando la ecuación de Schumacher	47
5. Curvas de índice de sitio para la finca Salamá I, Salamá B.V., producidas por el método de regresión jerárquica de Bailey y clutter, usando la ecuación de Schumacher	48
6. Análisis en altura (m) de los árboles en los sitios estudiados	56
7. Incremento en altura de los árboles en los sitios Santa Rosalía y Salamá	58
8. Análisis diamétrico de los árboles estudiados en los sitios Santa Rosalía y Salamá I.	60
9. Relación DAP y altura total de los árboles en los sitios estudiados	61
10. Relación área basal-altura de los árboles en los sitios estudiados	62
11. Relación altura-volumen de los árboles estudiados en cada sitio evaluado	63
12. Relación área basal-volumen de los árboles estudiados en los sitios forestales	64
13. Curvas de fijación de fósforo para los sitios Santa Rosalía, Gualán, Zacapa y Salamá I, Salamá, V. B.	72
14. Climadiagrama correspondiente a la finca Santa Rosalía, Gualán, Zacapa	74
15. Climadiagrama de la finca Salamá I, Salamá B. V.	75

## INDICE DE APENDICES

No.	Página
1. Ubicación de la plantación Santa Rosalía.	85
2. Ubicación de la plantación Salamá I.	86
3. Descripción de parcela.	87
4. Medición de árboles en pie.	88
5. Formato utilizado para el análisis fustal en las fincas Santa Rosalía, Gualán, Zacapa y Salamá I, Salamá B. V.	89
6. Formulario para medición de árboles en secciones para elaborar tablas de volumen.	90
7. Características del suelo por parcela.	92
8. Descripción del sitio.	94
9. Descripción del perfil del suelo.	97
10. Características del suelo por horizonte.	99
11. Información meteorológica.	99

INDICES DE SITIO Y DESARROLLO DE UN MODELO  
PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA Pinus oocarpa Schiede EN LAS  
FINCAS SANTA ROSALIA, GUALAN, ZACAPA Y  
SALAMA I, SALAMA, BAJA VERAPAZ.

SITE INDEX AND DEVELOPMENT OF A YIELD PRELIMINARY  
MODEL FOR Pinus oocarpa Schiede IN THE FOREST  
FARMS SANTA ROSALIA, GUALAN, ZACAPA AND  
SALAMA I, SALAMA, BAJA VERAPAZ.

RESUMEN

El estudio del crecimiento y rendimiento de árboles y masas forestales es un aspecto imprescindible en la ordenación y planificación de la producción del recurso forestal nacional.

En este contexto, la especie forestal Pinus oocarpa Schiede es económicamente importante al poseer cualidades productivas, una amplia distribución en el territorio nacional, su capacidad de adaptación a condiciones climáticas y edáficas críticas. Sumando a esto la demanda de la población de sus productos, como madera de aserrio, resinas y otros subproductos derivados de esta especie.

Un criterio para evaluar el crecimiento y productividad de las plantaciones forestales es el índice de sitio, considerado como un indicador que evalúa el potencial productivo de determinado sitio. Teóricamente el índice de sitio se expresa como la máxima altura dominante que alcanza una especie en condiciones poblacionales y ambientales dadas a una edad determinada.

El presente estudio se desarrolló en dos plantaciones (sitios) de Pinus oocarpa Schiede. Los sitios evaluados fueron Santa Rosalía, Gualán, Zacapa y Salamá I, Salamá, Baja Verapaz.

El período de desarrollo del estudio comprendió de enero de 1994 a abril de 1995. Los objetivos fueron determinar índices de sitio y determinar un modelo preliminar de rendimiento para Pinus oocarpa Schiede en las localidades mencionadas; específicamente se determinaron los valores de índices de sitio para cada lugar, se produjeron tablas de volúmenes y de rendimiento, también se determinaron las principales características

edáficas y climáticas para los sitios en mención y se relacionaron los modelos preliminares de crecimiento y rendimiento con otros modelos desarrollados con carácter local y general para la especie en Guatemala.

Dentro de la metodología planteada se establecieron parcelas temporales de muestreo en cada sitio. En cada uno de los sitios se conocieron las variables: diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles, altura total. Se realizaron análisis de los fustes para recuperar el historial de crecimiento de los árboles. Se determinaron los principales componentes climáticos de la regiones y se realizaron calicatas para efectuar los análisis físicos y químico de los suelo de cada lugar.

Los principales resultados son: Cada sitio de estudio se presenta como un sitio homogéneo en el crecimiento en altura dominante. El valor de índice de sitio determinado para Santa Rosalía fue de 19.77 m a la edad de 23 años; para Salamá I, 9.95 m a la edad de 12 años. Según el análisis estadístico, los sitios analizados corresponden a un mismo sitio hasta los 12 años de edad. Las tablas locales de volumen no presentan diferencias significativas en la estimación del volumen total sin corteza con las producidas por FAO en 1,976. El rendimiento se presenta en forma similar en ambos sitios.

Las condiciones de cada sitio muestran bajos contenidos de materia orgánica, condición por la cual se consideran suelos poco desarrollados y potencialmente bajos en fertilidad. Los componentes edáficos (físicos y químicos) presentan cierta grado de similitud en las dos localidades, aún cuando el sitio de Salamá presentó diferencias en los niveles disponibles de fósforo. En el aspecto climático se presenta similares condiciones de temperatura y humedad relativa; no así la precipitación anual, donde el sitio Santa Rosalía es mayor respecto a Salamá I. Esta podría considerarse factor determinante en un mejor rendimiento de Pinus oocarpa Schiede en esta localidad.

Se recomienda ampliar la cobertura de este tipo de investigación en rodales de esta especie, a través de parcelas permanentes de muestreo, ya que Pinus oocarpa Schiede, es socioeconómicamente importante.

## 1. INTRODUCCION

Guatemala posee un área de vocación forestal de aproximadamente 70% en relación al territorio nacional (6). Esta situación representa un reto para el desarrollo productivo del país. En este contexto, el sector forestal se encuentra en sus etapas incipientes de desarrollo, al mismo tiempo interrelacionado a una serie de factores económicos, políticos y sociales que inciden directamente en su estado actual.

Existen políticas forestales nacionales, pero en realidad no existe una planificación nacional para el recurso forestal del país (4).

El estudio silvicultural básico relacionado al aspecto de planificación y ordenación del recurso forestal, es escaso en el país; esta causa aunada a otras más, han hecho que el recurso forestal sea objeto de un aprovechamiento irracional lo que ha llevado a la disminución de la masa forestal en las últimas décadas.

Para la planificación y toma de decisiones a nivel nacional o regional, es indispensable la información básica de rendimiento y crecimiento de los bosques. También la planeación efectiva de plantaciones forestales a escala comercial, requiere información sobre el rendimiento de las especies en cuestión en diferentes condiciones de sitios.

El conocimiento de la capacidad productiva en cada lugar es una herramienta fundamental para la confección de modelos y tablas de rendimiento, indispensables para una planificación efectiva.

Los índices de sitio son de gran utilidad en la estimación de la producción futura a un tiempo determinado. La desventaja es el espacio de aplicabilidad reducida. En este sentido, la predicción del rendimiento de plantaciones sobre varias calidades de sitios es la base para cualquier manejo intensivo y de la planificación de las inversiones.

La presente investigación se desarrolló como parte del proyecto "Crecimiento y Rendimiento de árboles y masas forestales de Guatemala", que impulsa el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El trabajo presenta diferentes índices de sitio, desarrolla y compara curvas de índice de sitio, modelos y tablas de rendimiento. También comparó los datos obtenidos con las tablas establecidas por Peters en 1,976. Además determinó las características edafoclimáticas de dos localidades: Santa Rosalía Gualán, Zacapa y Salamá I, Baja Verapaz.

En el análisis se emplearon básicamente los principios de regresión desarrollados en la fórmula de Schumacher (1). Para determinar el índice de sitio se utilizó el método de Bailey y Clutter (1). Además se determinaron las principales características edáficas y climáticas, físicas y químicas de los horizontes del suelo en cada localidad estudiada; Para lograr esto se emplearon métodos analíticos en los laboratorios de Manejo de suelo y agua de la Facultad de Agronomía y laboratorios Agri-lab de Guatemala. Se recopiló la información meteorológica prevaleciente.

La investigación se desarrolló en diez parcelas temporales, de 1000 metros cuadrados cada una y sobre las base de análisis fustal de 35 árboles en cada una de las plantaciones.

Se recomienda ampliar la cobertura de este tipo de investigación en rodales de esta especie, a través de parcelas permanentes de muestreo, debido a la importancia socioeconómica de especie de conífera Pinus oocarpa Schiede.



## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para propósitos de manejo forestal es imprescindible conocer las respuestas de crecimiento y rendimiento de los árboles y masa forestal a las condiciones del medio. Este conocimiento es posible si se determina el índice de sitio, el cual constituye un indicador de la productividad del terreno forestal en la que la silvicultura se basa.

El índice de sitio es un método que mide indirectamente la calidad del sitio, relacionando los factores ambientales con el crecimiento. En Guatemala no existe suficiente información de este tipo, necesaria para impulsar en una forma adecuada el desarrollo forestal del país.

El índice de sitio es importante para la aplicación de prácticas silviculturales, también sirve de base para la clasificación de las tierras forestales de acuerdo a la productividad, que va íntimamente relacionado con las inversiones económicas a efectuar.

Entre los diversos métodos para determinar índices de sitio, está el que relaciona la altura dominante o codominante con las edades. Las ecuaciones que resultan del análisis de índices de sitio junto con variables como la densidad, y métodos estadísticos de predicción pueden ser usados para estimar el rendimiento del sitio. Dicho de otra manera, la determinación del índice de sitio indicará en qué sitio una especie, a una edad, tendrá un mayor potencial productivo.

Un problema que existe en el manejo de masas forestales es la dificultad en estimar la productividad de las mismas. Esta dificultad se debe a que se desconocen indicadores, como climáticos, edáficos, respuesta de la especie. Si se conocen estas condiciones se cuenta con mejores bases para efectuar un adecuado manejo forestal. Debido a esta problemática se ha recurrido a utilizar el índice de sitio, ya que la altura dominante de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador productivo de ese bosque en ese sitio en particular.

Una de las técnicas para estimar el crecimiento futuro, es la del uso de "tablas de Rendimiento", las cuales expresan varios parámetros del rodal, como volúmenes, área basal, el número de árboles, en función de tres relaciones fundamentales: a) altura en función de la edad, b) índice de

sitio e c) índice de densidad del rodal. Una tabla de rendimiento sirve como guía en el manejo de plantaciones y en la planificación de proyectos de reforestación.

La presente investigación se desarrolló en las fincas Santa Rosalía Gualán, Zacapa y Salamá I, Salamá, Baja Verapaz, durante los meses de enero de 1994 a abril de 1995.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 Marco Conceptual

##### 3.1.1 Crecimiento y Rendimiento de Masas Forestales

Se considera imprescindible conocer el comportamiento del crecimiento y rendimiento en el manejo de las masas forestales del país.

###### A. Factores relacionados

La capacidad de un árbol en un bosque depende de la capacidad de adaptarse y expresar su potencial genético en el medio ambiente a que está expuesto (B).

Según Baker (10), "el crecimiento de los árboles depende de la especie, edad, calidad de sitio y las prácticas silviculturales".

###### I. El crecimiento y sus expresiones (B):

Es necesario conocer el significado de algunos conceptos forestales en el desarrollo de este tipo de investigaciones.

- a) Crecimiento: Es el fenómeno de desarrollo de un árbol o de una masa forestal, observados en esto íntegramente, representado por su respectivo desarrollo.
- b) Rendimiento: Es el crecimiento de un árbol o masa forestal por unidad de superficie en un período de tiempo determinado.
- c) Incremento: Es el crecimiento de un árbol o masa forestal en un período de tiempo determinado.
- d) Incremento total: Es el crecimiento de un árbol o una masa forestal durante el resto de su vida.
- e) Incremento Corriente Anual (ICA): Es el crecimiento que logra un árbol o una masa forestal en el curso de un año determinado.
- f) Incremento Medio Anual: Es el promedio anual del incremento total. Se obtiene dividiendo las dimensiones totales del árbol o masa forestal por la edad total.
- g) Incremento Periódico: Es el crecimiento de un árbol o masa forestal

en un período de tiempo determinado.

II. Algunas fórmulas de utilidad para estimar volumen(3)

a) Fórmula de Smalian: Expresa el volumen de un cilindroide relacionado con su longitud y con las superficie de sus extremos y es:

$V = (A + a)/2 * L$ , V es el volumen, A, la superficie del extremo mayor; a, la superficie del extremo menor y L, la longitud.

b) El volumen de un paraboloides truncado puede obtenerse también en la longitud y una sola medida de diámetro, tomado a la mitad, por medio de la fórmula de Huber, que es la siguiente:  $V = A_{1/2} * L$ ; donde  $A_{1/2}$  es la superficie de la sección transversal intermedia; V y L tienen el mismo significado que la fórmula anterior.

c) El factor de corteza es la relación entre el diámetro con corteza y el diámetro sin corteza:

$k = (DAP * dapsc) / DAP^2$ ; donde DAP Diámetro a la altura del pecho (1.30 m) dapsc diámetro sin corteza.  $dapsc = K * dapcc$

d) El factor mórfico es la relación: Volumen del árbol/ área basal \* altura.

e) Coeficiente mórfico

Se determina a través de la fórmula:

$f = \text{Volumen real} / \text{Volumen aparente}$

f) Volumen real:

Cuando el árbol está tumbado, se tomaron diámetros a intervalos regulares y con la fórmula de Smalian:

$V_r = (A + b)/2 * L$

En donde:  $V_r$ , es el volumen real; A, la superficie del extremo mayor; a, la superficie del extremo menor y L, la longitud del árbol.

El volumen real será:

$$V_r = (0.7854 (D)^2 + 0.7854 (d)^2)/2 * L + \dots$$

Entonces, el volumen real será:  $V_r = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n$ .

donde :  $V_r$ , volumen real;  $v_n$ , volumen de una sección "n";  $D$ , extremo mayor de la sección;  $d$ , extremo menor de la sección;  $L$  longitud de cada sección y  $0.7854$ , es el cociente de  $\pi/4$ .

g) Volumen aparente

El volumen aparente se toma a partir del diámetro a la altura del pecho DAP (1.3 m) y la altura estimada en el campo; se determina a través de la fórmula:

$$V_a = 0.7854 * (d)^2 * H_t$$

En donde  $V_a$ , es el volumen aparente,  $d$ , diámetro a la altura del pecho y  $H_t$ , la altura total del individuo.

h) Volumen sin corteza (VSC)

$$VSC = K^2 * VCC$$

Donde  $VSC$ , es el volumen sin corteza;  $VCC$ , el volumen con corteza y  $K^2$ , el factor de corteza elevado al cuadrado.

i) Porcentaje de corteza en el volumen total:

Se determina a través de la fórmula:

$$\% = (VCC - VSC/VCC) * 100$$

De donde  $\%$ , es el porcentaje de corteza;  $VCC$ , el volumen con corteza;  $VSC$ , el volumen sin corteza

j) Area Basal (AB)

Se conoce por medio de la fórmula:

$$AB = d^2 * 0.7854 \text{ en donde } AB \text{ es el área basal; } d^2, \text{ el diámetro (en cm) elevado al cuadrado}$$

### 3.1.2 Calidad de sitio

"La calidad de sitio es la suma de los factores siguientes: la profundidad del suelo, su textura, las características de sus perfiles, su composición mineral, lo pronunciado de las pendientes, la exposición, el microclima, las especies que viven en él y otros más". (10)

Según Vásquez (37), "el rendimiento tanto para forestería como para agricultura depende, en parte de la capacidad productiva del sitio".

Coile (8), Salas (31), Vincent (38), y Carmean (5) coinciden en que el sitio es un complejo de factores bióticos y abióticos y que la calidad del mismo es el resultado de la interacción de estos factores y de la vegetación existente.

Carmean (5) "considera que la ventaja de concentrar el manejo intensivo sobre los sitios más productivos se traduce en: 1) mayor y mejor rendimiento, 2) reducción en el turno de rotación y 3) mejor respuesta a tratamientos silvícolas".

Para Hagglud (19), "la productividad de los terrenos forestales se define en gran parte por la calidad de sitio, que se estima mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produce en un tiempo determinado.

#### A. Evaluación

Para evaluar los sitios forestales existen métodos que consideran algunos componentes. Entre éstos se encuentran:

##### I. Métodos de evaluación

Los métodos de evaluación de los sitios o clasificación de los mismos se han dividido en directos e indirectos.

##### I.I Directos

Consiste en el establecimiento de plantaciones forestales en sitios definidos por tiempos definidos con una especie determinada (10)  
Por otra parte Carmean (5) considera que la calidad de sitio es estimada en función de los datos históricos de rendimiento en volumen, crecimiento en altura dominante o en base en el crecimiento de los entre nudos.

## 1.2 Indirectos

En el caso de Guatemala, esta forma tiene mayor aplicabilidad, debido a que no se cuentan con parcelas permanentes de muestreo (PMP). Dentro de éstos se encuentran:

1. Índice de sitio
2. Método ambiental
3. Método de la vegetación.

Según Alder (1), "el método indirecto utilizado con más frecuencia en la actualidad es el índice de sitio, debido a la sencillez de toma de datos y su relación con tablas de rendimiento".

### 1.2.1 Índice de sitio.

El índice de sitio es la expresión potencial productivo de la localidad forestal a una edad determinada (1).

Se expresa el índice de terreno como la altura de un árbol dominante que tiene un cierto diámetro". (10)

Daniels, Helms y Baker (10) consideran que "el índice de sitio es un indicador más sensible de la calidad de sitio que las expresiones de las tablas de rendimiento o volumen debido a que la altura del árbol dominante en una edad particular, representa tan sólo el volumen promedio que se encontró en ese período, para muchos rodales con un índice de sitio particular del sitio".

Para la clasificación de la calidad del sitio con base en la Evolución de la altura dominante, Carmean (5) y Hagglud (19), consideran que ésta se basa en el crecimiento de la altura dominante o máxima.

Los países templados del Norte fijan una edad de 50 años para determinar el sitio, pero para los trópicos no se ve la razón para seguir con esta determinación. (36)

Según Vincent (38), "se puede efectuar estudios de sitio con plantaciones

jóvenes (cerca de 10 años de edad), debido a que la tasa de crecimiento es elevadísima".

"La altura de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador del potencial productivo de ese tipo de bosque en ese sitio en particular. Por eso, la construcción de curvas altura/edad para diferentes clases de sitio, es el primer paso en la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento. Sin embargo, la altura promedio de un rodal es usualmente sensitiva no solo a la edad y a la clase de sitio, sino también a la densidad del rodal. Por consiguiente, se usa normalmente la altura dominante en la definición de la altura del rodal. La altura dominante es casi insensible a diferencias de densidades de los rodales" (1).

"La altura dominante puede definirse de varias maneras, pero la definición más ampliamente aceptada, es la de la altura promedio de los 100 árboles más gruesos por hectárea".(1)

## 1.2.2 Construcción de curvas de índices de sitio

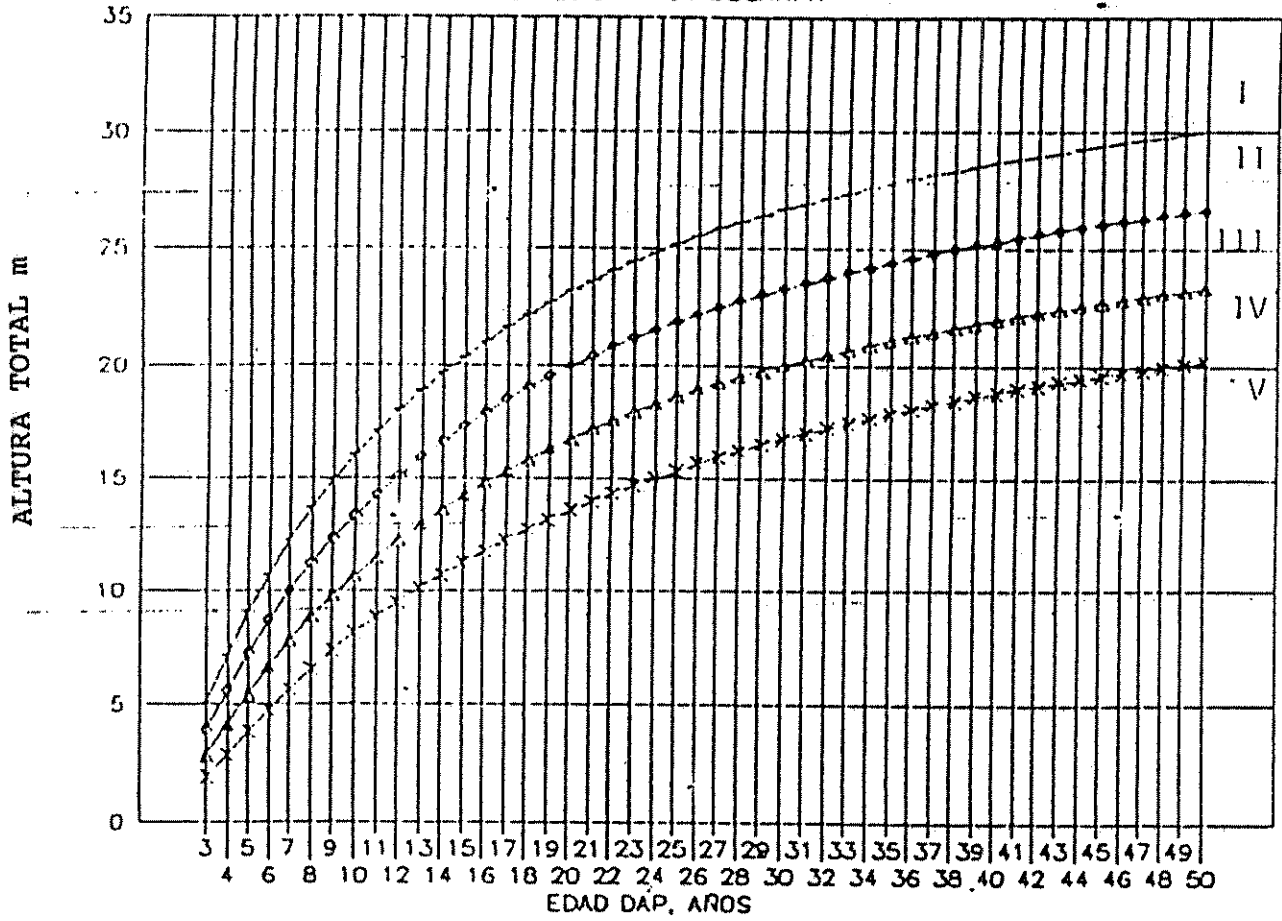
La construcción de curvas de índice de sitio pueden realizarse por métodos gráficos o por análisis de regresión (1). Para los métodos gráficos de construcción, se sigue el ploteo de los datos disponibles de edad-altura de los rodales de la especie en mención; luego se dibujan tres curvas a mano, estas curvas deben seguir los bordes superiores e inferiores de la masa de datos, como la tendencia central de los mismos. También pueden interpolarse dos curvas adicionales entre las curva superior y central y entre las curvas inferior y central. Esta forma de construir las curvas de índice de sitio no es tan precisa, aunque es de fácil construcción.

Una representación de la construcción de curvas de índice de sitio se encuentra en la gráfica 1.



# CALIDAD DE SITIO

ESPECIE: PINUS OCCARPA



Gráfica 1. Curvas de índices de sitio para Pinus oocarpa Schiede desarrolladas en Honduras (27).

En la figura anterior se presentan cuatro diferentes curvas de índices de sitio (anotadas por I, II, III y IV)., donde I, se considera de mayor productividad respecto a II.

Según Alder (1), los métodos por análisis de regresión se clasifican de la siguiente manera:

1. Datos de parcelas temporales (curvas proporcionales, método del mínimo o máximo)
2. Datos de parcelas permanentes (regresión jerárquica sin índice de sitio, regresión múltiple con índice de sitio a priori). (1)

La construcción, utilidad y limitaciones de las curvas de índices de sitio han sido discutidas por Bruce y Schumacher (3) y han sido confeccionadas para numerosas especies. Básicamente su construcción requiere la medición de las alturas de los árboles dominantes de numerosas parcelas, cuya edad se conoce y el cálculo de la regresión entre la edad y la altura. Para facilitar los cálculos Bruce y Schumacher (3) proponen el método para convertir esta relación curvilínea en una relación lineal, transformando la altura en su logaritmo y la edad en su recíproca".

Alder (1), indica que los cuatro métodos por análisis de regresión enunciados anteriormente pueden referirse a un modelo de crecimiento de altura, con la ecuación de Schumacher, que se define de la forma siguiente:

$$H_0 = H_{\max} \exp(b/Ak), \quad (\text{ecuación 1})$$

donde,  $H_0$  es la altura dominante,  $H_{\max}$  es un parámetro a ser ajustado que representa la máxima altura que la especie podría alcanzar,  $\exp( )$  es la anotación matemática para indicar que la expresión dentro del paréntesis es el exponente de la constante  $e = 2.71828$ ,  $b$  y  $k$  son parámetros a ser ajustados y  $A$  es la edad del total del rodal.

Utilizando logaritmos de base  $e(\ln)$  en ambos lados de la ecuación se

consigue:

$$\ln H_o = \ln H_{max} + b/A_k \quad (\text{ecuación 2})$$

Si se hace  $a = \ln H_{max}$ , entonces  $a$  y  $b$  pueden ajustarse por regresión lineal siempre que  $k$  sea conocido. Para la mayor parte de las especies los valores de  $k$  varían entre 0.2 y 2. Para muchas especies, un valor asumido de  $k = 1$  suministrará un ajuste satisfactorio.

Para curvas proporcionales se ajusta la ecuación 2 al conjunto global de datos de las parcelas de muestreo temporales por regresión lineal, siendo la variable dependiente  $Y$ , el  $\ln H_o$  y la variable predictoría  $X$ , la expresión  $1/A_k$ .

Una vez que la curva de crecimiento de la altura promedio ha sido ajustada, pueden trazarse curvas de la misma forma que pasen por diferentes valores del índice de sitio. Si el índice de sitio  $S$  se define como la altura dominante del rodal a una edad índice  $A_i$ , el parámetro "a" de la curva que pase por este índice de sitio  $a_i$  estará dado por:

$$a_i = \ln S - b/A_i^k$$

donde:  $b$  y  $k$  provienen de la curva promedio.

Los métodos de regresión jerárquica abarcan al método propuesto por primera vez por Bailey y Clutter (1), e implican el uso de estimadores de pendiente común y de término de independiente común, del análisis de covarianza.

El modelo de regresión de pendiente común está representado por la ecuación (1):

$$Y = a_i + bx$$

Donde  $a_i$  es diferente para cada parcela, pero  $b$  (la pendiente es la misma para todas las parcelas).

El modelo del término independiente común, se representa por la ecuación:

$$Y = a + b_1 x$$

Donde la interacción o término independiente común es el mismo para todas las parcelas, pero la  $b_1$  difieren.

### 1.2.3 Análisis de regresión y correlación

Es una técnica que trata de la relación entre dos variables: dependiente e independiente. Pueden ser simple y múltiple.

Simple: Involucra 2 variables, 1 dependiente y 1 independiente.

Múltiple: Involucra más de dos variables: 1 dependiente varias independientes.

El análisis de regresión lineal que estudia la relación lineal es la más simple de las matemáticas. Muchos fenómenos no se comportan de manera lineal, pero es posible linealizarlos.

Los ejemplos siguientes son modelos de regresión simple:

Lineal:  $Y = b_0 + b_1X$

Geométrico:  $Y = b_0 \cdot b_1^x$

Logarítmico:  $Y = b_0 \cdot X^{b_1}$

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

Raíz cuadrada:  $Y = b_0 + b_1X + b_2/X$

Gama:  $Y = b_0 (e^{-b_1 X}) (X^{b_2})$

### B. Selección de los rodales identificados para el estudio

Ortiz (25), considera que para seleccionar el lugar para la ubicación de las parcelas de muestreo para estudio de crecimiento y rendimiento de especies forestales, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Presencia de un bosque adecuado. Que el bosque natural o artificial no haya sido intervenido, ni esté siendo resinado. En el caso de estudios

de coníferas, el bosque debe estar conformado por este tipo de especies o asociado con otras especies latifoliadas, pero correspondiendo más del 70 % del área basal a las coníferas. Ser lo más denso para la región. Los árboles deben presentar un rango estrecho de variación de edad. De preferencia se selecciona bosques puros o plantaciones.

2. Propiedad de la Tierra. Un vez seleccionado el bosque, se determina la propiedad de los terrenos en donde se ubica el mismo, pues debe procurarse cierta garantía de que el área que incluye las parcelas y sus bordes no serán disturbadas.

3. Delimitación del área en fotografías aéreas y mapas. La fotointerpretación sirve para estratificar la zona de estudio, lo que permitirá subdividirla en áreas homogéneas en cuanto a relieve y estructura de la vegetación. Servirá para determinar las vías de acceso.

4. Prueba de Homogeneidad. Esta homogeneidad debe relacionarse con la especie y con el sitio para garantizar que se trata de un solo sitio el que se está evaluando.

5. Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo. Según Alder (1), muchos forestales consideran los datos obtenidos de parcelas permanentes como la contribución más importante para los modelos de crecimiento y rendimiento. Para Ortiz (25), las parcelas de muestreo consisten en pequeñas áreas delimitadas donde se realizarán mediciones periódicas de las distintas variables del rodal.

#### C. Parcelas Temporales

"La parcela temporal es una unidad de investigación que se establece en forma ocasional y se evalúa solo una vez" (32).

El tamaño de la parcela temporal puede ser de 16, 25 a 36 árboles, dejando un borde de una o dos líneas. La forma puede ser cuadrada o rectangular" (32).

## I. Parcela de aprovechamiento (32)

"Es necesario entender que hay diferencia en el sistema de cuantificar biomasa o productos específicos, entre árboles de porte alto (pino o teca) o árboles de porte bajo (Leucaena sp). Estas diferencias están básicamente en las dimensiones de los árboles" (32).

"En caso de árboles maderables de porte alto, se recomienda en lugar de establecer una o varias parcelas, hacer un muestreo por clase diamétrica. Primero se determina el diámetro mínimo y máximo de la población; luego se determina el rango entre los dos extremos; posteriormente el rango se divide en clases diamétricas. La amplitud de cada clase depende del grado de precisión que se quiera. Una vez definido el número de clases y su amplitud, se define cuántos árboles se desea muestrear. Usualmente se distribuyen de ocho a diez por clase. Este número también depende del grado de precisión deseado y los recursos disponibles"(32).

"En términos generales se podría sugerir establecer entre cinco y ocho clases diamétricas, y entre ocho y diez árboles por cada clase; o sea una muestra entre 40 y 69 árboles, que son suficientes para definir curvas, rendimiento en volumen y desarrollar modelos de predicción" (32).

"Si en la región existen varias plantaciones, es conveniente muestrear de igual forma las que sean más representativas de cada sitio. Con esta información podrán desarrollarse las ecuaciones necesarias para construir los distintos tipos de tablas de volumen y tablas de rendimiento" (32).

## II. Número de Parcelas

Alder (1), menciona que no es posible determinar el número de parcelas requeridas desde el punto de vista estadístico; la precisión de un modelo dependerá de la localización de las parcelas, de la duración de posibles mediciones posteriores, así como de la covarianza de las diferentes variables predictoras y coeficientes en el modelo ajustado.

### 3.1.3 Tablas de rendimiento

Una tabla de rendimiento es usualmente una tabla que muestra el volumen o rendimiento por hectárea y datos de rodales de árboles creciendo en áreas de bosque de diferentes capacidades productivas (7).

Los datos fundamentales para un estudio de crecimiento de plantíos deberán consistir en una serie de mediciones tomadas en masas de diversas edades. Los resultados se llaman tablas de rendimiento (7).

Las tablas de rendimiento de una especie que característicamente crece en plantíos o masas, de la misma edad, es una relación tabular del volumen por hectárea de plantíos plenamente poblados en sitios y a edades determinados (3).

Una tabla de rendimiento es en esencia una presentación tabulada de valores volumétricos por unidad de superficie en función de la edad y otras variables específicas (28).

Existen dos tipos de tablas de rendimiento (28): Normales y empíricas.

#### a) Normales

Las tablas de rendimiento normal es el resultante de una masa plenamente poblada (7), o aquella que muestra la producción potencial en sitios de bosque cuando la capacidad normal del sitio es totalmente utilizada por rodales de la misma edad, con árboles en crecimiento (7).

#### b) Empíricas

Las tablas empíricas se construyen considerando todas las posibles variaciones que presentan las existencias volumétricas de los rodales de una especie en el momento de medir las muestras de campo. Se usan en rodales sin tratamiento silvícola y casi siempre en forma temporal, porque no reflejan las múltiples variaciones que puedan producirse en el transcurso del tiempo. (28).

## A. Construcción de las tablas de rendimiento (2B)

Antecedentes necesarios.

Peters en 1,976 (2B), al determinar el rendimiento de un bosque de Pinus oocarpa Schiede, dispuso de los siguientes parámetros:

edad promedio del rodal, altura total promedio, número de árboles por hectárea y diámetro medio del rodal.

a) Edad del rodal: La edad de un rodal puede determinarse conociendo el año de plantación o, si no hay antecedentes, mediante taladro de incremento.

b) Altura promedio del rodal: se determina midiendo la altura total promedio de una muestra de árboles dominantes y codominantes.

Con la edad y altura total es posible establecer el índice de sitio del rodal.

c) Número de árboles por hectárea:

El número de árboles por hectárea se puede determinar estableciendo parcelas de tipo convencional.

El recuento debe hacerse de los árboles de diámetro superior a 7.5 cm.

d) Diámetro medio del rodal.

El diámetro medio del rodal puede calcularse dividiendo el área basal, si se conoce, por el número de árboles o bien haciendo una distribución de frecuencias de número de árboles por clase de diámetro y luego calculando el promedio ponderado.

Con el diámetro promedio del rodal y el número de árboles por hectárea se obtiene el índice de densidad del rodal.

e) Relación altura-edad:

El juego de curvas de índice de sitio se prepara a partir del promedio de



las observaciones.

La relación general de altura-edad, se obtiene de la ecuación:

$$\text{Log } h = A_0 + A_1 \cdot 1/E \quad (\text{ecuación 3})$$

en la cual  $h$  : altura total en metros  
 $E$  : edad en años.

En la preparación de las curvas de índice de sitio se usa una edad clave o edad base. En este sentido Vázquez (36), considera que la edad base es la edad más próxima al turno de rotación alcanzada por la mayoría de las parcelas de medición. Por su parte Oliva (24), considera que debe ser la edad promedio alcanzada en la mayoría de las parcelas estudiadas.

Peters (27), utilizó una edad clave de 50 años y la ecuación:

$$\text{Log } h = \log IS + A_1 (1/E - 1/E_c) \quad (\text{ecuación 4})$$

Donde  $IS$  : Clase de índice de sitio

$E_c$  : Edad clave en años

$A_1$  : Coeficiente de regresión calculado en la ecuación 1.

f) Relación volumen, área basal y altura total.

Para la estimación de los volúmenes se emplea la siguiente ecuación:

$$\frac{V}{G} = b_0 + b_1 h + b_2 h^2 \quad (\text{ecuación 5})$$

Donde :

$V$  = Volumen por hectárea en metros cúbicos.

$G$  = Área basal del rodal en metros cuadrados por hectárea.

$h$  = Altura total en metros.

$b_0$  y  $b_1$  son los coeficientes a determinarse en la ecuación

Se simplifica el cálculo con esta ecuación de la forma:

$$V = G (b_0 + b_1 h + b_2 h^2) \quad (\text{ecuación 6})$$

g) Relación área basal; edad, índice de sitio e índice de densidad de rodal.

#### h) Area basal de los rodales

Se expresa en función de tres variables : edad, índice de sitio e índice de densidad de rodal.

$$\log G = C_0 + C_1 1/E + C_2 IS + C_3 IDR \text{ (ecuación 7)}$$

Donde:

G = Area basal del rodal en metros cuadrados por hectárea.

E = Edad en años

IS = Índice de sitio en metros

IDR = Índice de densidad de rodal en número de árboles.

C<sub>1</sub> = los coeficientes a determinarse.

La solución de esta ecuación implica la preparación de un gráfico de índice de densidad del rodal, en el cual una serie de curvas representan las relaciones entre el número de árboles por hectárea y el diámetro promedio de un rodal para diversos niveles de densidad.

El gráfico se construye trazando una curva que representa el promedio de las observaciones (curva guía) y luego se disponen las otras a su alrededor en forma proporcional. El índice base para definir el índice de densidad promedio en el estudio en cuestión (28) fue de 20 cm.

Una vez efectuado el análisis de regresión para cada una de la ecuaciones y correspondientes pruebas estadísticas, se derivan las tablas de rendimiento, estas representan las clases de sitio más frecuente en el bosque.

Peters (28), usó en la preparación de las tablas de rendimiento los resultados de los cálculos efectuados en cada parcela de 0.05 hectáreas presentados a continuación.

- a) Altura total promedio de los árboles dominantes y codominantes.
- b) Edad promedio de los árboles dominantes y codominantes.
- c) Area basal por hectárea determinada con diámetro superior a 7.5 cm
- d) Diámetro medio del rodal
- e) Volumen cúbico hasta un índice de utilización variable de 10 cm en los árboles de diámetro superior a 7.5 cm.

## 3.2 Marco Referencial

### 3.2.1. Ubicación de las plantaciones

#### A. Santa Rosalía

La plantación se encuentra en la Finca Santa Rosalía en el municipio de Gualán, departamento de Zacapa (ver figura 1). Se localiza entre las coordenadas geográficas  $15^{\circ} 10' 05''$  y  $15^{\circ} 12' 10''$  Latitud Norte y  $89^{\circ} 20' 38'' - 89^{\circ} 21' 45''$  Longitud Oeste (ver apéndice 1), a una altitud de 1000 msnm.

#### B. Salamá I.

La plantación Salamá I se encuentra asentada sobre terrenos propiedad de la municipalidad de la ciudad de Salamá, Baja Verapaz. (figura 1). Se localiza entre las siguientes coordenadas geográficas:  $15^{\circ} 03'50''$  y  $15^{\circ}04'50''$  Latitud Norte y  $90^{\circ}18'40''-90^{\circ}20'05''$  Longitud Oeste, a una altitud de 1200 msnm (ver apéndice 2).

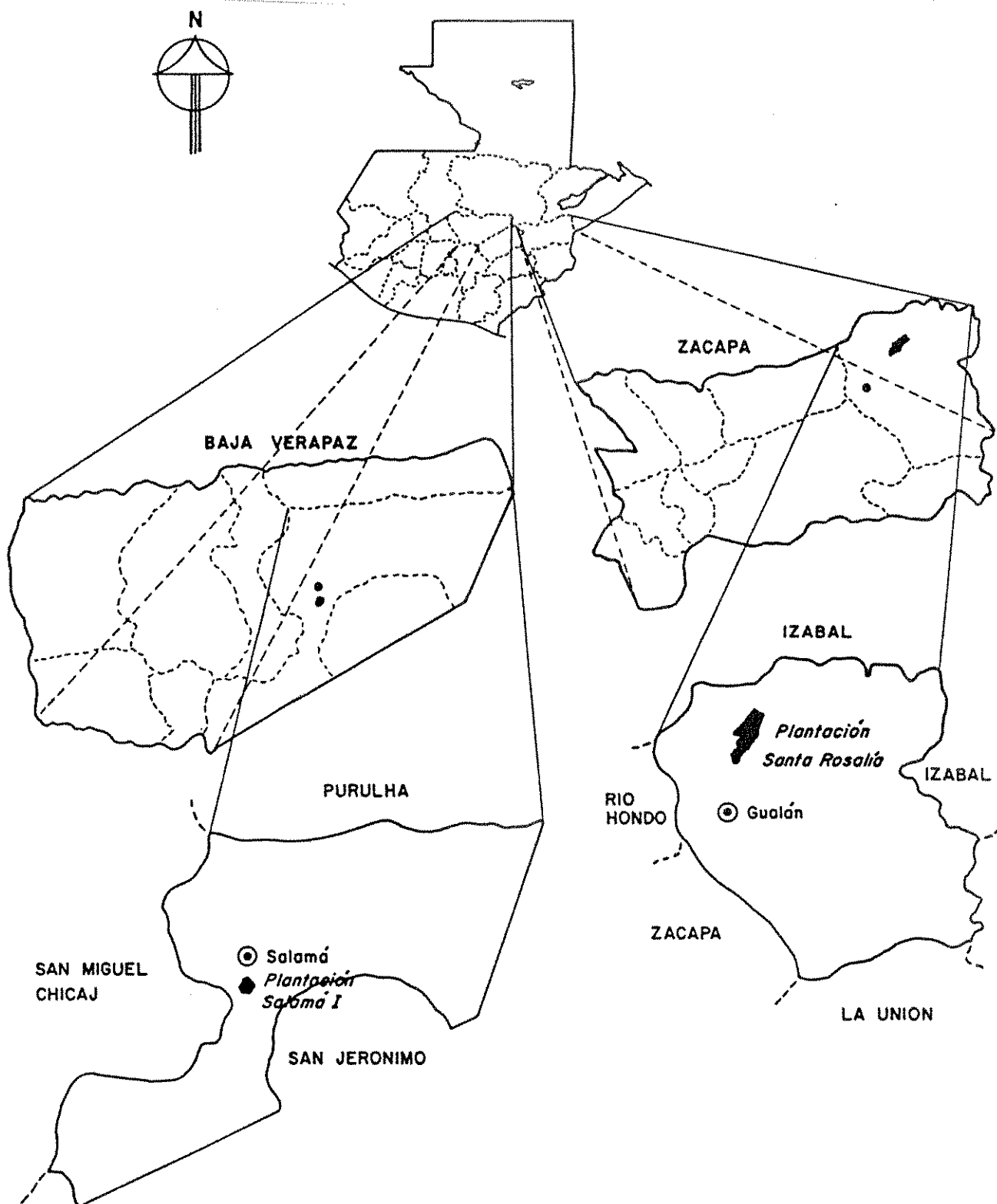


Figura 1. Ubicación de las fincas Santa Rosalía y Salamá I.

### 3.2.2. Características de las plantaciones

#### A. Santa Rosalía

##### I. Edad y extensión

Posee una extensión 10 has (figura 3)  
y una edad de 23 años (12)

##### II. Accesibilidad

De la capital de la república, se toma la ruta CA-9, al atlántico, se recorren 169 kilómetros. Después de la aldea Mayuelas se toma un rumbo noroeste y se recorren 7 km. en camino de terracería. Se llega a la aldea Mal Paso. Algunas áreas aledañas de esta aldea forman parte de la denominada finca (13).

##### III. Fisiografía

La Finca se localiza en la región fisiográfica tierras altas cristalinas. Serpentinias grises metamórficas dominan esta región, apareciendo algunas pequeñas áreas de material , plutónico, principalmente granito, que forma una región distinta, tanto de los estratos sedimentarios del norte como de las regiones volcánicas del sur (14).

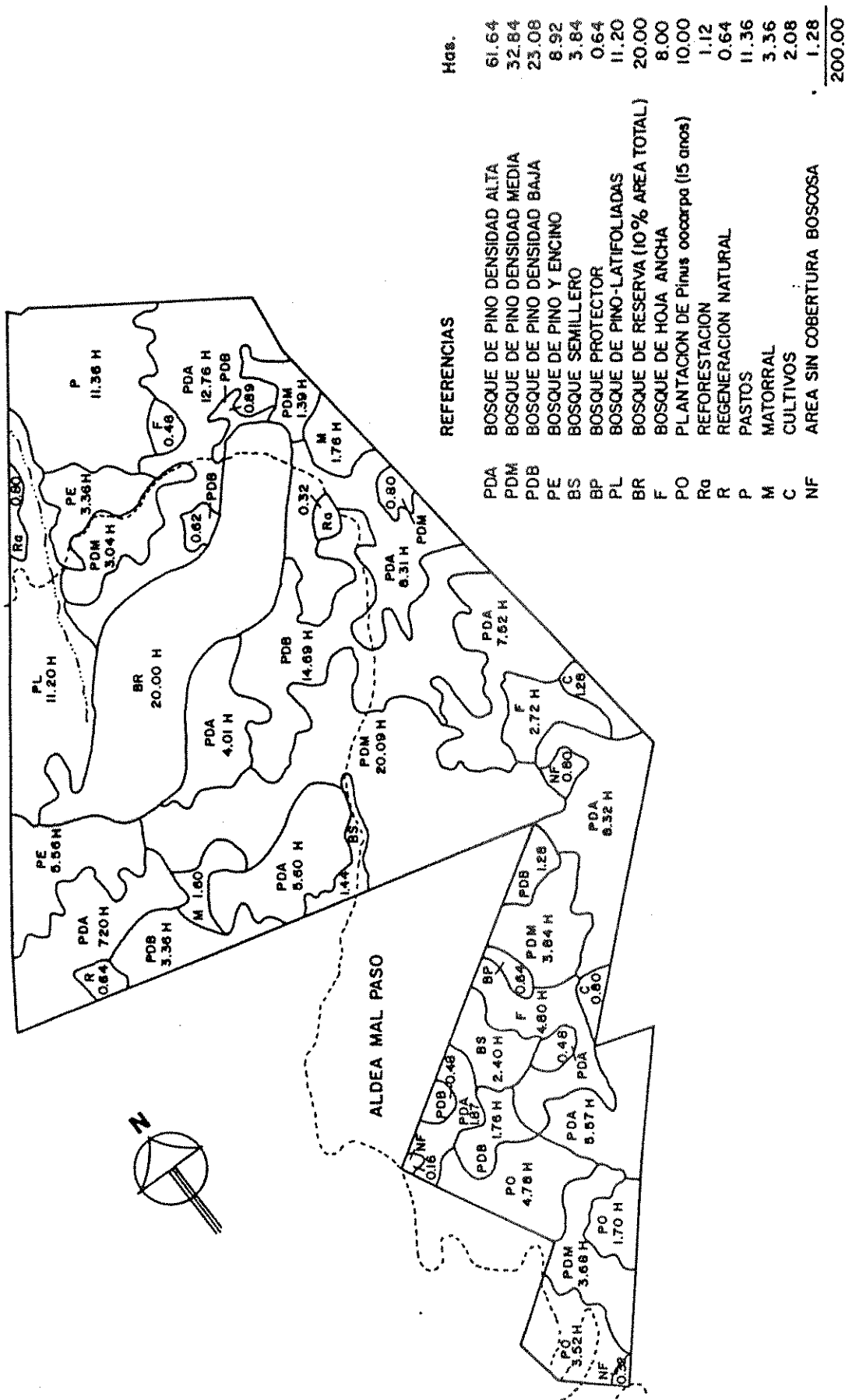


FIG. 2. MAPA DE USO ACTUAL DE LA FINCA SANTA ROSALIA, GUALAN, ZACAPA.

#### IV. Clima

El mapa climatológico de Guatemala basado en el Sistema de Thornthwaite (23), muestra que la localidad posee un clima cálido con invierno benigno y sin estación seca bien definida B'b Br (23).

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica . El Tipucal (precipitación media), situada a 16 kilómetros de la finca Santa Rosalía y la Unión (temperatura y humedad relativa media), a 20 kilómetros de la misma (15, 16). Posee una temperatura media de 21.5 °C y precipitación anual de 1992 mm.

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, (22), la finca Santa Rosalía se encuentra ubicada dentro de la zona de vida Bosque húmedo Subtropical (templado) Bh S(t). En esta zona de vida el promedio de precipitación pluvial total por año varía entre 1000 y 2000 mm, con biotemperatura entre 12 y 22°C y una relación de evapotranspiración potencial entre 0.5 y 1 mm/día (22).

#### V. Suelos

De acuerdo con Simmons, Tárano y Pinto (35), los suelos de la finca Santa Rosalía están desarrollados sobre materiales sedimentarios y metamórficos y corresponden a la serie Zarzal. Estos suelos están bien drenados, son poco profundos y están desarrollados sobre esquistos arcillosos de color marrón. Se desarrollan en un clima cálido y seco a húmedo seco y ocupan relieves de inclinados a elevaciones altas, los cuales ocupan el este de Guatemala.

El subsuelo, a una profundidad alrededor de 35 cm es arcilloso, friable, café oscuro. La estructura es cúbica. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, con un pH alrededor de 6.0.

## B. Plantación Salamá I.

### I. Edad y extensión

Posee una extensión de 325 has. la plantación tiene una edad promedio de 12 años. (ver figura 3)

### II. Accesibilidad

Partiendo de la ciudad capital, se recorre sobre la carretera CA-17 que conduce a la ciudad de Salamá. De aquí y tomando un rumbo sur-oeste sobre la carretera de terracería que conduce a la aldea San Ignacio, aproximadamente a 3.5 kilómetros de la ciudad, se desvía hacia la derecha (figura 3). Se recorre 1 kilómetro y se ingresa a la plantación directamente (13).

### III. Fisiografía

La plantación se ubica en la región fisiográfica tierras altas cristalinas. (14)



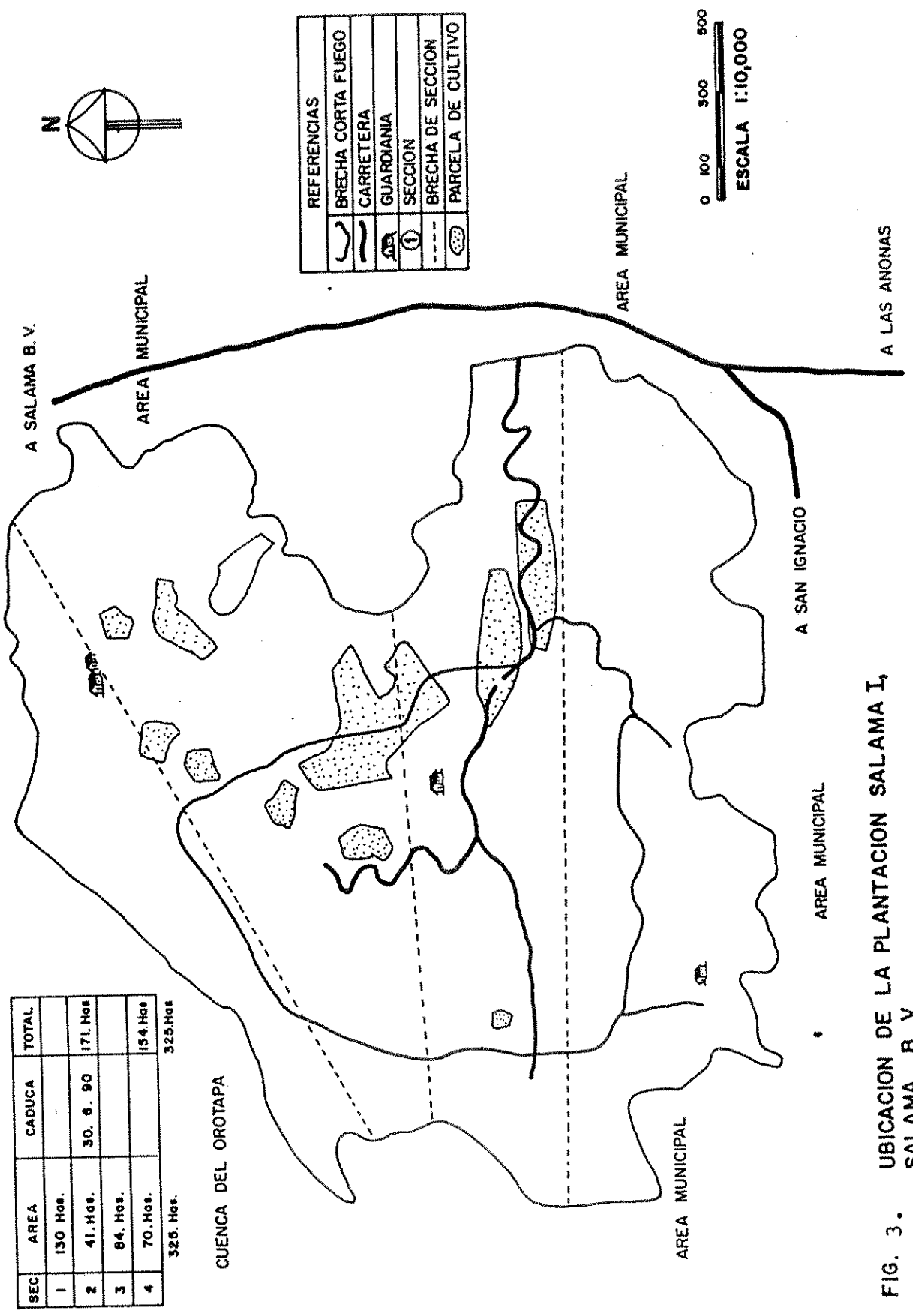


FIG. 3. UBICACION DE LA PLANTACION SALAMA I, SALAMA, B. V.

#### IV. Clima

Thornthwaite presenta a esta zona con el clima semicálido, con invierno benigno, semiseco e invierno semiseco (23).

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica tipo A de San Jerónimo, ubicada a 15 Km del lugar de estudio (18). Posee una temperatura media de 21.1 °C y precipitación anual de 985 mm.

En el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge modificado por De la Cruz (9), la plantación Salamá I se ubica en la zona de vida Bosque húmedo subtropical templado (Bh S(t)).

#### V. Suelos

Según Simmons, Tárano y Pinto (35), los suelos de la plantación corresponden a la Serie de Suelos Chol, ubicados en la división fisiográfica Suelos de la Altiplanicie Central. Son suelos poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre esquistos sobre un clima seco húmedo seco. Ocupan relieves inclinados a elevaciones medianas en la parte central de Guatemala. El suelo superficial a una profundidad de 10 centímetros es de franco arenoso graboso a franco arcilloso-arenoso, friable, de color café grisáceo o café rojizo. La reacción es muy fuertemente ácida, con un pH de 4.5 a 5.0.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Determinar índices de sitio y desarrollar un modelo preliminar de rendimiento para Pinus oocarpa Schiede en las plantaciones de las fincas Santa Rosalía, Gualán, Zacapa y Salamá I, Salamá, Baja Verapaz.

### 4.2. Objetivos específicos

- 4.2.1 Determinar índices de sitio de las plantaciones Santa Rosalía, Gualán y finca Salamá I, Salamá.
- 4.2.2 Desarrollar tablas locales de rendimiento y de volumen de Pinus oocarpa Schiede para las plantaciones Santa Rosalía, Gualán y Salamá I, Salamá.
- 4.2.3 Determinar las principales características edáficas y climáticas de las plantaciones Santa Rosalía, Gualán y Salamá I, Salamá.
- 4.2.4 Establecer relaciones entre los modelos preliminares de crecimiento y rendimiento para Pinus oocarpa Schiede de las plantaciones Santa Rosalía, Gualán y Salamá I, Salamá, a desarrollar, con otros modelos relativos a la especie desarrollados con carácter local y general en Guatemala.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Delimitación de las áreas de estudio

Se utilizaron fotografías aéreas y mapas topográficos para la delimitación de las regiones de estudio. Estas fueron necesarias para estratificar las zonas, lo que permitió subdividirla en áreas homogéneas.

### 5.2 Reconocimiento de las áreas de estudio

En el reconocimiento se determinó: presencia de un bosque adecuado, presencia de una plantación, que no hubiera sido sujeta de aprovechamiento selectivo, ni resinada y con edad superior a cinco años.

### 5.3 Delimitación de las parcelas temporales y marcado de árboles

Una vez determinado el rodal, las parcelas fueron marcadas con pintura amarilla en tres árboles en cada esquina y los árboles a medir fueron numerados con placas de metal.

#### 5.3.1 Características de las parcelas

- a. Posición: Largo de la parcela a favor de la pendiente
- b. Forma: Todas fueron rectangulares, de 50 m \* 20 m
- c. Tamaño: 1,000 metros cuadrados.
- d. Número de parcelas: 5 en cada plantación estudiada

### 5.4. Actividades dentro de la parcelas

#### 5.4.1 Descripción de la parcela

Se utilizó el formulario 6 CATIE, PFAF, MIRA, el cual describe las características de las parcelas, que incluye código del país, código de proyecto o unidad, código de especie, fecha de plantación, número serial de parcela en la base de datos, número de lote dentro del sitio, números de árboles originales dentro de la parcela, espaciamiento, área de la

parcela, pendiente media en porcentaje, código del aspecto de la parcela, código del viento, código de drenaje externo, código de inundación, código de drenaje externo, código de erosión, y código de pedregosidad superficial. (Anexo 3)

#### 5.4.2 Marqueo de los árboles.

- A. Numeración de árboles con diámetros superiores de 10 cm.
- B. Medición del diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) de los árboles vivos dentro de la parcela con más de 10 cm de d.a.p. En base a las mediciones del diámetros, se localizaron los 10 árboles más gruesos por parcela (0.1 ha), a estos árboles se les midió la altura total. El promedio de las alturas medidas en esta forma correspondió a la altura dominante (28).

Para la medición de la altura se empleó el relascopio de Bitterlich, y cinta diamétrica para medir el d.a.p.

También se anotaron algunas características del árbol, como la forma del fuste, defectos y cola de zorro. Se empleó para el registro de esta información el formulario 15/CATIE, PFAF, MIRA, presentada en el apéndice 4.

#### 5.4.3 Análisis fustal:

En cada parcela se tumbaron dos árboles y se efectuó el análisis fustal. Para este análisis se cortaron a una altura de 0.3 m, luego fueron seccionados a cada metro, hasta llegar a un diámetro sin corteza de 10 cm. En cada punto indicado se procedió a cortar una sección de 0.1 m de grosor, en la cual se realizó el conteo de anillos de crecimiento y su distancia al centro sobre dos diámetros perpendiculares. También se anotó el diámetro con corteza y el diámetro sin corteza. Los datos se anotaron resumidamente en la boleta del apéndice 5.

#### 5.4.6 Tablas de Volumen

Se determinó el diámetro mínimo y máximo de la población en cada sitio, con el objeto de establecer las clases diamétricas existentes. Luego se

determinó el rango entre los dos extremos. Se definieron cinco clases diamétricas y siete árboles por cada clase en cada sitio. Para cuantificar el volumen se tumbaron 35 árboles distribuidos en las diferentes clases diamétricas, presentadas en el formulario 18 CATIE/DNR (según apéndices 6a y 6b).

#### 5.4.7 Características del suelo por parcela

Se anotaron las características siguientes: Código del país, código del proyecto o lugar, número de perfil del suelo relacionado con esta parcela, código de textura del primer horizonte, código de compactación de la capa superior del suelo, profundidad efectiva del suelo, presencia de capa dura o capa de piedra, profundidad de la capa dura, código de profundidad superficial. Formulario 9, CATIE/FPAF, MIRA (según el apéndice 7).

### 5.5 Actividades en cada sitio de estudio

#### 5.5.1 Descripción del sitio

Se anotó el código del país número de sitio, nombre del sitio, nombre del dueño, clasificación del dueño, dirección y distancia en Km del sitio al pueblo más cercano, localización del sitio, zona de vida, latitudes en grados, longitud en grados, tipo del suelo según el mapa edáfico, fuente de información, elevación, código del paisaje, código de fuego, código de la estación meteorológica, código de la estación meteorológica para temperatura, según apéndice 8. Formulario 7, CATIE/FPAF, MIRA

#### 5.5.2 Muestreo de suelo

En cada sitio de estudio se abrió una calicata, donde se realizó la descripción de los perfiles presentes, según la boleta presentada en el apéndice 9. Al mismo tiempo se tomaron las muestras de suelo de los diferentes horizontes.

En el campo se midieron en las parcelas las características físicas y fisiográficas presentadas en el en el registro del formulario 10,

CATIE/FPAF, MIRA (apéndice 10).

## 5.6 Análisis de la información

### 5.6.1 Desarrollo de curvas de índice de sitio

Se procedió de la siguiente manera:

- Con los datos de alturas dominantes y edad de cada parcela, en cada sitio de estudio, se aplicó el método de regresión jerárquica para ajustar las curvas de índice de sitio, descrito por Bailey y Clutter (1).

$$\ln H_0 = \ln H_{\max} + b/A^k \quad (\text{ecuación 2})$$

Se hizo  $a = \ln H_{\max}$ , entonces  $a$  y  $b$  se ajustaron por regresión lineal, siempre que  $k$  fue conocido. Para la mayor parte de las especies los valores de  $k$  varían entre 0.2 y 2. Para muchas especies, un valor asumido de  $k = 1$  suministra un ajuste satisfactorio.

Esta ecuación fue ajustada a las edades bases de 23 y 12 años, en Santa Rosalía y Salamá I, respectivamente. En este sentido Vásquez, (36) considera que la edad base es la edad más próxima al turno de rotación alcanzada por la mayoría de las parcelas de medición. Por otra parte Oliva (24), considera que debe ser la edad promedio alcanzada en la mayoría de las parcelas estudiadas.

- En primer lugar se probó y luego se desarrolló un modelo para estimar la curva de índice de sitio, como se muestra en la gráfica 1 (curvas de índice de sitio para Pinus oocarpa); luego se calculó el índice de sitio para cada parcela. Se analizaron los siguientes modelos matemáticos:

Modelo lineal	$Y = a + b \cdot X$
Modelo cuadrático	$Y = b_0 + b_1 \cdot X + b_2 \cdot X^2$
Modelo logarítmico	$Y = b_0 + b^{b_1}$
Modelo exponencial	$Y = a \cdot e^{b \cdot X}$
Modelo Raíz cuadrada	$Y = a + b_0 \cdot X + b_1 \cdot X^{0.5}$

Donde:

$X$  es la altura,  $Y$  es la edad y  $a$ ,  $b$ ,  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  son los coeficientes.

### 5.6.2 Tabla de Rendimiento

Para la elaboración de la tabla preliminar de rendimiento se utilizó el estudio generado por la FAO (28) en 1976 para Pinus oocarpa Schiede en Guatemala , considerando que dicho estudio se realizó en diferentes sitios y a diferente edades.

En la elaboración se utilizaron los siguiente cálculos:

- a) La edad del rodal se determinó basado en el año de plantación de los bosques en estudio.
  - b) La altura promedio del rodal se determinó midiendo la altura total promedio de una muestra de 10 árboles dominantes y codominantes por parcela. Con la edad y altura total se estableció la clase de sitio del rodal.
  - c) El número de árboles por hectárea, se determinó por medio de las parcelas temporales. El recuento se hizo con los árboles de diámetro a la altura del pecho superior a 10 cm.
  - d) El diámetro medio del rodal se calculó dividiendo el área basal por el número de árboles.
  - e) Con el diámetro promedio del rodal y el número de árboles por hectárea se obtuvo el índice de densidad del rodal.
  - f) Volumen cúbico hasta un índice de utilización de 10 cm en los árboles de diámetro superiores a 10 cm..  
Se consideró el índice de utilización el diámetro menor que será tomado en el análisis de los fustes.
- A. Desarrollo de la relación volumen, área basal y altura total. Para la estimación de los volúmenes por sitio, se determinó según la fórmula:



$$V/G = b_0 + b_1h + b_2h^2$$

Donde:

V = Volumen por hectárea en metros cúbicos

G = Area basal del rodal en metros cuadrados por hectárea

h = Altura total en metros

a. Area Basal

Se determinó la relación área basal, edad, índice de sitio e índice de densidad del rodal para cada sitio

Se llevó a cabo a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Log } G = c_0 + c_1.1/E + c_2 \text{ IS} + c_3 \text{ IDR}$$

donde:

G = área basal del rodal en metros cuadrados por hectárea

E = Edad en años

IS = Índice de sitio en metros

IDR = Índice de densidad del rodal en número de árboles

b. Volumen real

Para el cálculo del volumen sin corteza (en m<sup>3</sup>/ha), se utilizó la fórmula:

$$V = AB/ha * N * h * f * k$$

Donde:

AB/ha = área basal por hectárea

N = Número de árboles por hectárea

h = altura (en m)

f = Factor mórfico

k = Coeficiente de corteza

### 5.6.3 Tabla de Volumen

Para elaborar una tabla de volumen se procedió de la siguiente forma:  
(11)

Con los 35 árboles tumbados, distribuidos en las clases diamétricas por sitio, se calculó el volumen.

Se definió el volumen total sin corteza de los árboles, a partir de la altura del tocón (0.30 m).

El volumen se determinó utilizando la fórmula de Smalian

$$V_r = (AB_1 + AB_2)/2 * L$$

En donde:  $V_r$ , es el volumen real en metros cúbicos de la sección;  $AB_1$ , el área basal en metros cuadrados del diámetro  $D_1$ ;  $AB_2$ , el área basal en metros cuadrados del diámetro  $D_2$  y  $L$ , la longitud del árbol en metros. El volumen de la última troza se determinó mediante la fórmula de un cono. Los volúmenes de las trozas se sumaron para obtener el volumen total.

Se ajustaron los datos de  $D^2H$  (Dap al cuadrado por altura) y volumen de los árboles a diferentes modelos de ecuación con la de las variables combinadas

$$V = a + b D^2H$$

Se presentaron tablas de volumen total sin corteza para madera aserrable. Debido al número pequeño de árboles para en cada sitio no se efectuó el cálculo de la volumetría a índices variables de utilización.

### 5.6.4 Comparaciones de curvas de índice de sitio

Para las comparaciones se tomaron las curvas de índice de sitio determinadas de Pinus oocarpa Schiede de las localidades, se relacionaron con los valores de cada índice de sitio. Además se discutieron sobre los valores de las tablas de rendimiento de cada sitio. Se compararon los datos obtenidos en las tablas de volumen con los datos generados por Peters en 1,976 (28).

### 5.6.5 Características edafoclimáticas

Se determinaron las características del suelo por horizonte (según el apéndice 8, 9 y 10)

Se recopiló la información del suelo de cada lugar estudiado. También se colectó la información meteorológica existente, respecto a cada sitio estudiado (Ver apéndice 11).

Las muestras de suelos fueron analizadas los laboratorios de la Subárea de Manejo de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía y los laboratorios agrícolas Agri-lab de Guatemala. Para los análisis granulométricos (textura) se utilizó el método de Bouyoucus (2). En la determinación del porcentaje de humedad a 1/3 bar y 15 bars se utilizó el método de Plato de cerámica a alta presión (34).

La información anterior fue útil para la recolección de datos generales de suelos forestales del país a través del tiempo. Esto permitirá obtener una red de datos de índices de sitio para Pinus oocarpa Schiede a nivel nacional y establecer un mejor manejo de este recurso.

Para el análisis de P, Fe, K, Zn, Cu, Y Mn, se utilizó una solución extractora de Olsen modificada, con una relación de suelo 1:10 (2). El análisis de P se efectuó colorimétricamente con azul de molibdeno en un espectrofotómetro (33).

El K, Fe, Zn, Cu Y Mn se determinaron utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica.

El Ca, Mg,  $\text{NH}^4$  (nitrógeno amoniacal) y la acidez intercambiable se determinaron por absorción atómica y la acidez intercambiable se determinó con NaOH 0.01 N (33).

El pH en agua se conoció utilizando un potenciómetro y agua destilada en relación 1:2.5 (2).

El contenido de materia orgánica se determinó por el método de digestión dicromato ácido y valoración con  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (2).

Con los resultados se calculó la capacidad de intercambio efectiva como la

suma de bases (Ca, Mg y K), más la acidez intercambiable. El porcentaje de saturación de acidez se estimó mediante la relación de acidez intercambiable sobre la capacidad de intercambio efectiva.

### 5.7 Integración de la Información

Con los resultados finales, se formuló un resumen de las características fisiográficas, físicas y químicas promedio para cada una de las localidades estudiadas. Luego se plotearon la curvas de los índices de sitio. Se presentó el resumen del análisis de regresión por clase de sitio para estimar la altura total en función del diámetro.

Se presentaron también las principales características dasométricas por clase de sitio, se resumieron las funciones de rendimiento para Pinus oocarpa Schiede . Finalmente se estimó el volumen en función de los índices de sitio y se construyeron las tablas de rendimiento y de volumen por clase de sitio conocido.

## 6. RESULTADOS

Se presentan los resultados de acuerdo con los objetivos que se persiguieron en el presente trabajo de investigación. También se anotan algunas experiencias de campo obtenidas en este tipo de estudio.

### 6.1 Homogeneidad en altura dominante

Se efectuó la medición de los diámetros de los árboles en las parcelas. A los árboles que presentaron los diez mayores diámetros, se les tomó la altura, haciendo uso del relascopio de Bitterlich. Luego se comparó la altura dominante entre parcelas en cada lugar (Prueba de "t" al 0.01 de significancia). Los datos referentes a los árboles dominantes en cada plantación se presentan en el cuadro 1

Cuadro 1. Resumen de los datos obtenidos en las parcelas de medición para los árboles dominantes en las plantaciones bajo estudio.

P L A N T A C I O N	E D A D O S (a)	P A R C E L A S (n)	DATOS DASOMETRICOS DE ARBOLES DOMINANTES	
			ALTURA DOMINANTE (m)	DIAMETRO (cm)
SANTA ROSALIA	23	1	20.47	35.56
		2	18.68	27.54
		3	19.47 19.77	31.64 32.74
		4	20.64	36.2
		5	19.60	32.73
SALAMA I	12	1	9.80	17.87
		2	9.20	16.93
		3	8.89 9.95	16.24 17.14
		4	9.98	17
		5	11.88	17.68

Los resultados respecto a la altura dominante de las parcelas en cada sitio de estudio, muestran que no hay diferencia significativa. Se considera que cada sitio, en las fincas respectivas, presentan condiciones homogéneas de crecimiento respecto a la altura dominante, concluyendo que cada una de las plantaciones se presentan como un mismo sitio.

En el cuadro 2, se presentan los datos estadísticos obtenidos para cada plantación referente a la altura media y dominante, expresada en metros.

Cuadro 2. Datos relativos a la altura media (m) de las plantaciones y de los árboles dominantes en las plantaciones bajo estudio.

P L A N T	E D A D (a)	MEDIA ARITMETICA		DESVIACION ESTANDAR		COEFICIENTE DE VARIACION	
		Planta_ ción	Domi_ nante	Planta_ ción	Domi_ nante	Planta_ ción	Domi_ nante
S.R.	23	16.54	19.77	2.56	1.57	15.45	8.0
S.I.	12	7.35	9.95	0.81	0.94	11.04	11.22

S. R. Santa Rosalía

S. I. Salamá I

## 6.2 Crecimiento e Incremento.

### 6.2.1 Análisis Fustal.

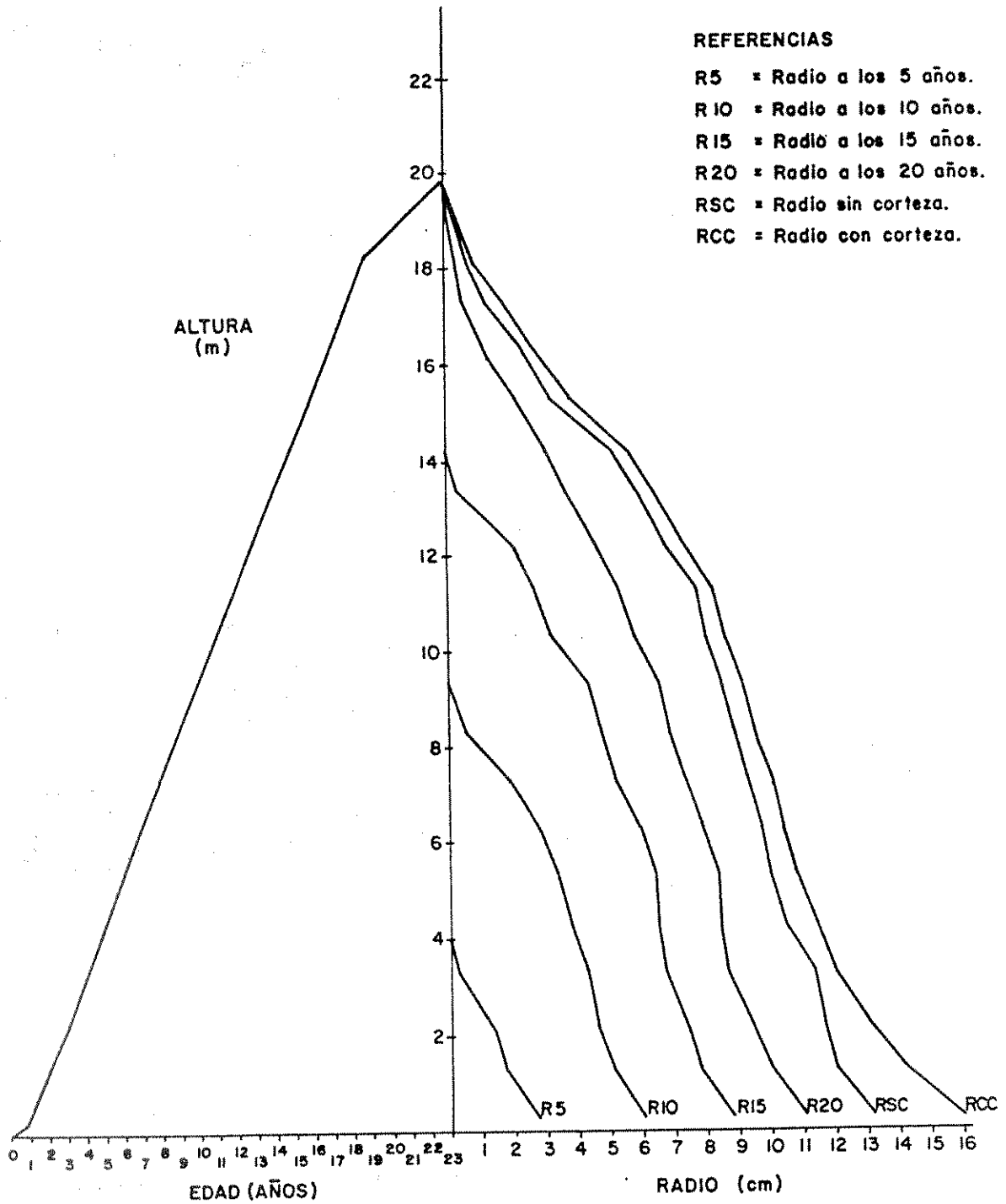
Una vez considerada que cada plantación representaba sitios homogéneos, se realizó el análisis fustal correspondiente. Este análisis se realizó en base a los datos obtenidos de dos árboles dominantes promedio, tumbados en cada parcela de medición en su respectiva plantación. Los datos fueron analizados y promediados y anotados en los cuadros 3 y 4. Para una mejor comprensión, los datos que fueron obtenidos en el campo se resumieron en el formato del apéndice 5. Con esta información se graficaron los análisis fustales, (presentados en las gráficas 2 y 3).

Cuadro 3. Promedio de edad, diámetro y volumen de los fustes estudiados en la localidad de Santa Rosalía, Gualán, Zacapa.

Altura de corte (n)	Edad promedio (años)	Edad a la que se alcanza la altura	Diámetro con corteza (cm)	Diámetro sin corteza (cm)	Volumen de la sección (m <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )
0.3	22	1	32.10	26.3	0.016	0.016
1.3	21	2	28.45	24.0	0.050	0.066
2.3	20	3	26.20	23.40	0.044	0.110
3.3	19	4	24.00	22.40	0.041	0.152
4.3	18	5	23.00	21.00	0.037	0.188
5.3	17	6	21.70	20.00	0.033	0.221
6.3	16	7	20.90	19.60	0.031	0.252
7.3	15	8	20.00	18.60	0.029	0.281
8.3	14	9	19.20	18.00	0.026	0.31
9.3	13	10	18.50	17.10	0.024	0.331
10.3	12	11	17.30	16.20	0.022	0.353
11.3	11	12	16.70	15.50	0.020	0.373
12.3	10	13	14.60	13.60	0.017	0.39
13.3	9	14	13.00	12.00	0.013	0.403
14.3	8	15	11.50	10.50	0.010	0.413
15.3	7	16	8.00	7.40	0.006	0.42
16.3	6	17	5.50	5.00	0.003	0.422
17.3	5	18	2.80	2.60	0.001	0.423
18.3	4	19	1.50	1.40	0.003	0.424
19.77	0	23	0.00	0.00	0.0007	0.424

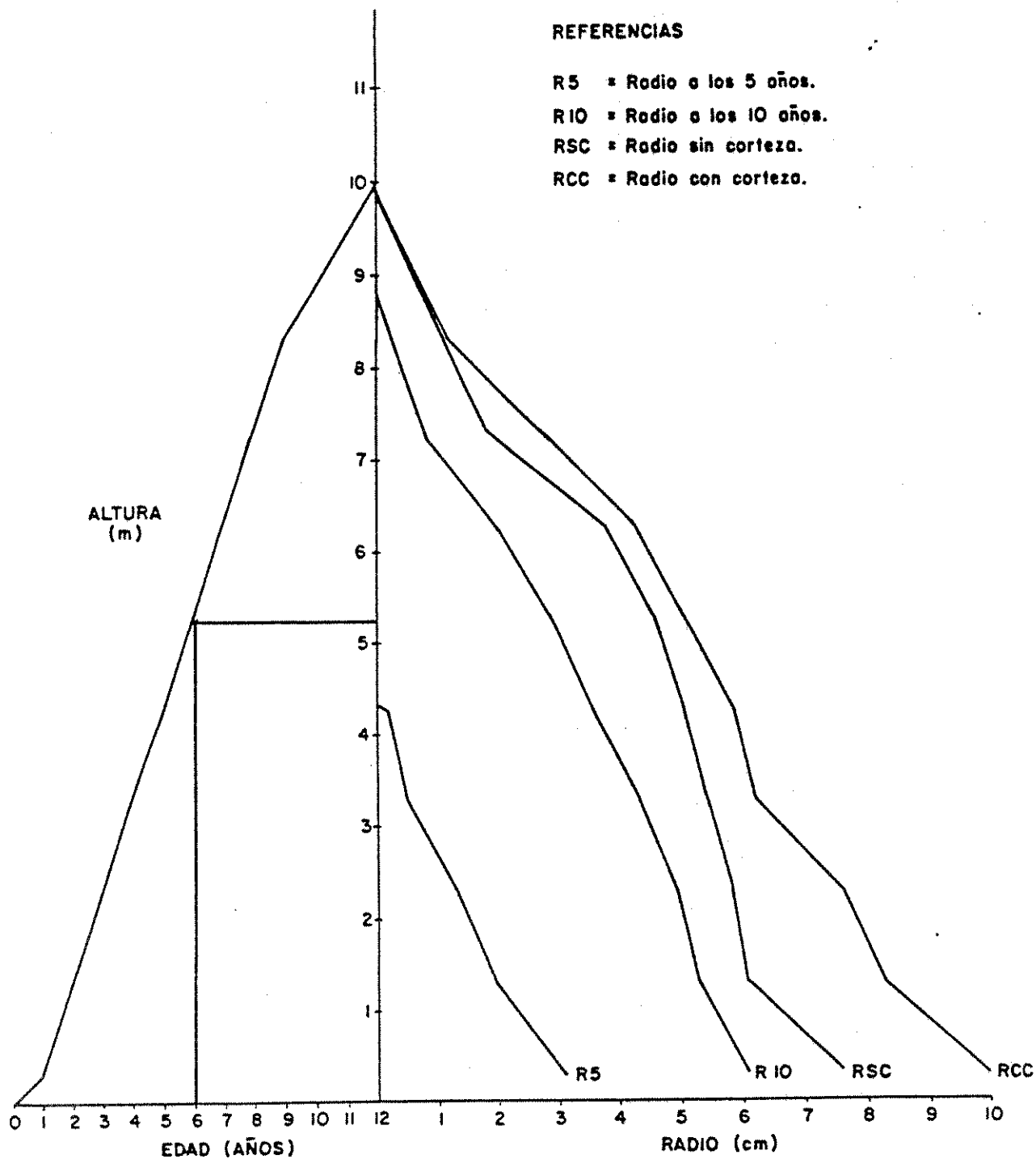
Cuadro 4. Promedio de edad, diámetro y volumen de los fustes estudiados en la localidad de Salamá I, Salamá, Baja Verapaz.

Altura de corte (n)	Edad promedio (años)	Edad a la que se alcanza la altura	Diámetro con corteza (cm)	Diámetro sin corteza (cm)	Volumen de la sección (m <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )
0.3	11	1	20.00	15.10	0.005	0.005
1.3	10	2	16.50	12.30	0.015	0.020
2.3	9	3	15.30	12.00	0.011	0.031
3.3	8	4	12.40	11.00	0.010	0.041
4.3	7	5	11.70	10.20	0.009	0.051
5.3	6	6	10.20	9.20	0.007	0.058
6.3	5	7	8.60	7.60	0.006	0.064
7.3	4	8	3.80	3.50	0.003	0.066
8.3	3	9	1.40	1.20	0.0005	0.067
9.95	0	12	0.00	0.00	0.00006	0.067



Gráfica 2. Esquema fustal para Pinus oocarpa Schiede en el sitio Santa Rosalía, Gualán, Zacapa.





Gráfica 3. Esquema fustal para Pinus oocarpa Schiede en el sitio Salamá I, Salamá, B. V.

Según Klepac (22), a la altura del tocón deben añadirse determinado número de anillos de crecimiento para obtener la edad exacta del árbol. En un suelo considerado fértil debe agregarse un anillo, si el suelo es regularmente fértil dos anillos y en un suelo poco fértil tres anillos.

Como se observa en los cuadros 3 y 4, a la edad promedio a la altura del tocón, este autor determinó según los archivos de fecha de plantación, necesario adicionar 1 anillo de crecimiento en cada uno de los sitios de estudio.

Esta gráficas son de relevancia en el análisis, ya que permite el la reconstrucción de la vida y el conocimiento de diferentes características del individuo a una edad determinada. Se conocen de esta manera las variables más importantes del crecimientos como la diámetro y altura respecto a la edad.

Otra utilidad que presenta es la facilidad para determinar la altura que presentó el árbol a una edad. Esta ventaja se muestra en la gráfica 3, donde se establece la altura del árbol a los 6 años de edad.

### 6.3 Determinación de índices de sitio

La altura de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador del potencial productivo de ese tipo de bosque en ese sitio en particular. Por eso, la construcción de curvas altura/edad para diferentes clases de sitio, es el primer paso en la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento. Sin embargo, la altura promedio de un rodal es usualmente sensitiva no solo a la edad y a la clase de sitio, sino también a la densidad del rodal. Por consiguiente, se usa normalmente la altura dominante en la definición de la altura del rodal. La altura dominante es casi insensible a diferencias de densidades de los rodales.

Para la determinación de índices de sitio es necesario conocer la edad de los rodales. En Guatemala las plantaciones de coníferas son escasas. La mayoría de los rodales de Pinus oocarpa Schiede se encuentran en su estado natural. Por esta razón, una forma de conocer la edad de las parcelas evaluadas es el análisis fustal de los árboles dominantes.

La altura dominante puede definirse de varias maneras, pero la definición más ampliamente aceptada, es la de la altura promedio de los 100 árboles más gruesos por hectárea (1).

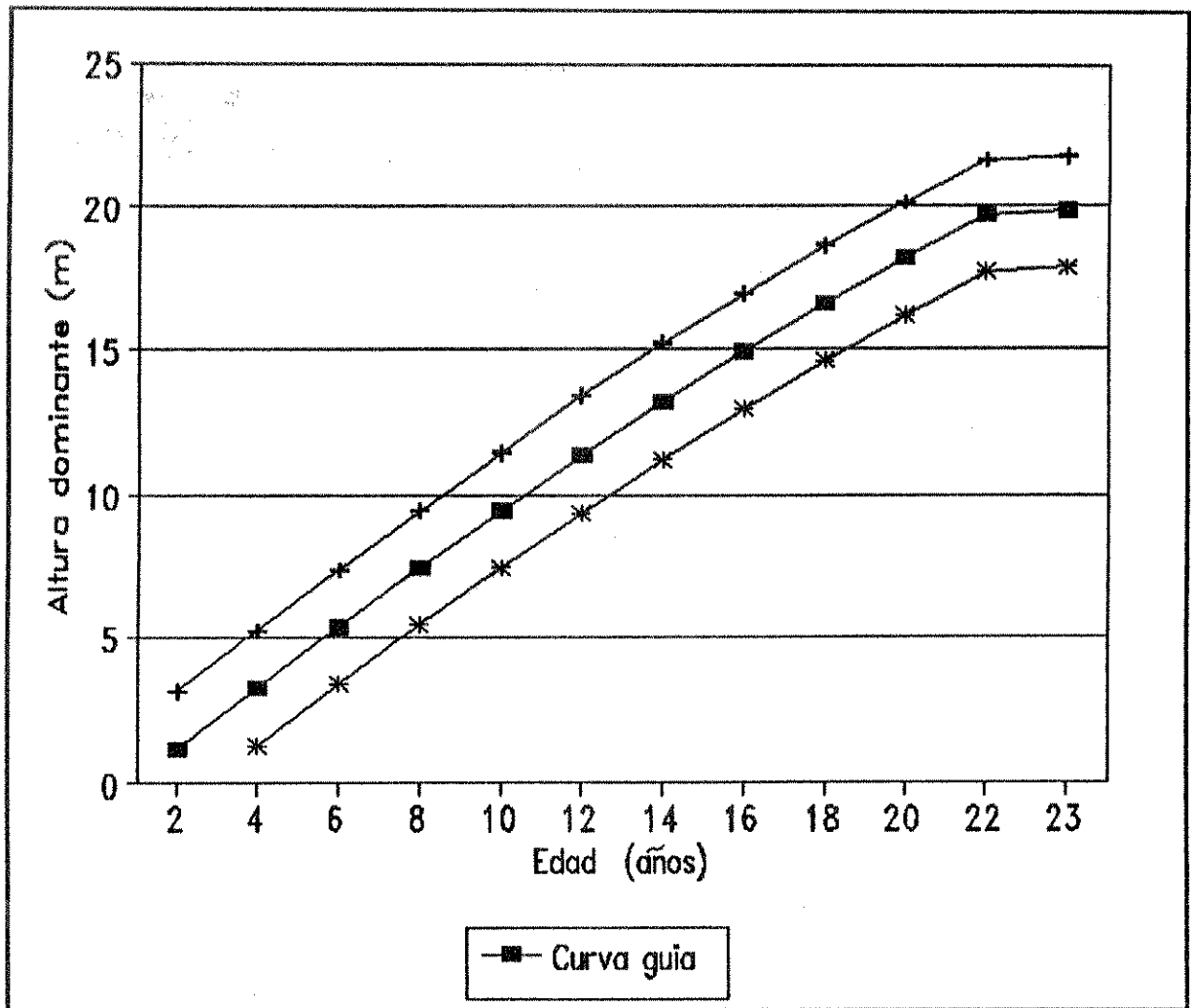
**Cuadro 5. Resumen de los datos obtenidos del análisis de regresión del modelo de pendiente común y término independiente común, para desarrollar las curvas de edad-altura dominante.**

SITIO DE ESTUDIO	MODELO ESTADISTICO X = 1/A, A = Edad Y = ln H, H = altura	ESTADISTICOS			
		r <sup>2</sup>	No.observaciones	Grados libertad	Coef. no lineal (k)
SANTA ROSALIA	$\ln H_0 = 5.93 - 7.01/A^{0.28}$	0.997	122	122	0.28
SALAMA I	$\ln H_0 = 4.89 - 6.02/A^{0.34}$	0.997	47	45	0.34

Del cuadro anterior se observa que el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), que mide el grado de ajuste del modelo es confiable para la predicción. El número de observaciones correspondieron a los puntos de medición en los fustes de los árboles. El coeficiente no lineal (k) es útil para ajustar la ecuación de Schumacher en la construcción de la pendiente común. Cuando k es demasiado grande, el modelo planteado como un conjunto de curvas tienden a curvarse abruptamente.

Del modelo anterior, presentado en el cuadro 6, para cada sitio se sustituyeron valores para las edades y se obtuvo la gráfica siguiente. Para el efecto se construyó una familia de curvas, donde se observa una curva guía y dos curvas intermedias.

Al comparar las curvas generadas con curvas de índices de sitio de Pinus oocarpa Schiede existentes, por ejemplo las producidas en Honduras, la curva de Salamá I, corresponde a un sitio de clase V, en tanto que Santa Rosalía a los 23 años correspondería a una clase IV.

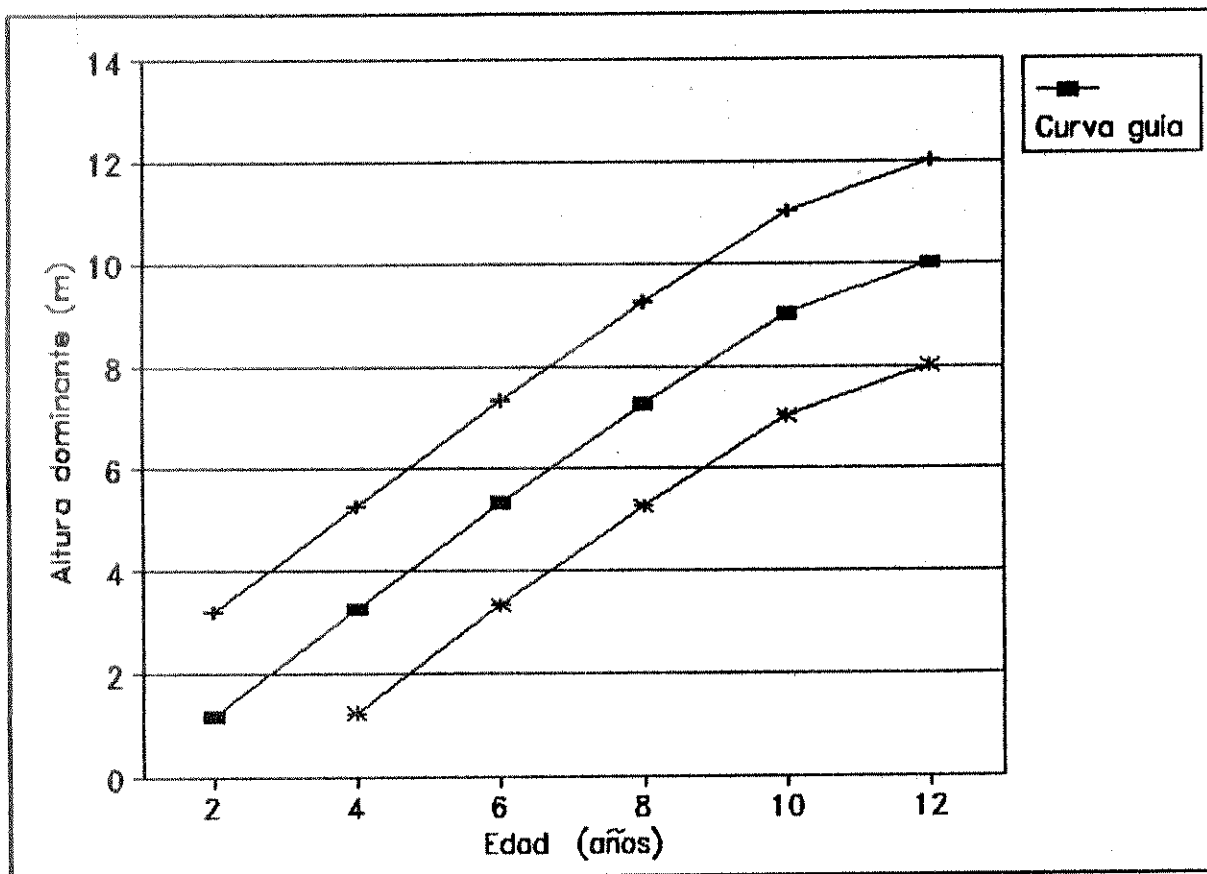


Gráfica 4. Curvas de índice de sitio para la finca Santa Rosalía, Gualán, Zacapa., producidas por el método de regresión jerárquica de Bailey y Clutter, usando la ecuación de Schumacher.

En la gráfica anterior se observa que si se toma una edad índice de 12 años el índice de sitio para Santa Rosalía corresponde a 11.41 m.

Para Salamá I, la altura dominante corresponde a 9.95 m a la edad de 12 años. Estos detalles se observan en la gráfica 5, que se presenta a continuación.

RECEIVED  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA  
 Y CENSOS  
 GUATEMALA  
 1970



Gráfica 5. Curvas de índice de sitio para la finca Salamá I, Salamá, Salamá, B. V., producidas por el método de regresión jerárquica de Bailey y Clutter, usando la ecuación de Schumacher.

Si se considera que la altura máxima de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador del potencial productivo de ese tipo de bosque en ese sitio en particular, se concluye que el índice de sitio para Santa Rosalía, a la edad de 23 años fue de 19.80 m y para Salamá I, a la edad de 12 años, de 9.95 m.

Al efectuar el análisis estadístico, a través de una prueba de medias de las alturas dominantes de los árboles, se determinó que estadísticamente no existen diferencias significativas entre ambos sitios.

Esto indica que ambos sitios corresponden a un mismo sitio hasta la edad de 12 años. Este análisis se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba de medias de las alturas dominantes de los sitios Santa Rosalia, Gualán, y Salamá I, Salamá, B. V.

Fuente	Estadísticos				
	Promedio	Desviación estándar ( $\delta$ )	Varianza $\delta^2$	"t" calculada	"t" tabulada 95% confianza
Santa Rosalia	5	3.40	11.57	0.091	2.878
Salamá I	4.86	3.14	9.86		

En este sentido la presente investigación estudió únicamente dos localidades del país. En términos generales es recomendable realizar estudios que desarrollen mayor cobertura de una determinada especie forestal.

#### 6.4 Tablas locales de volumen

A través de regresión múltiple se determinó una ecuación que puede ser utilizada como tabla de volumen local para la estimación de volúmenes en pie. Se aclara que inicialmente la tabla estaba planificada para índices de utilización a 10, 15, 20 y 25 cm sin corteza, pero debido a al bajo número de árboles con que poseía las dimensiones necesarias, se estableció un modelo para el volumen total sin corteza.

La aplicación de esta tabla es para los sitios estudiados para los cuales se realizaron estos análisis.

## 6.4.1 Tabla Local para Santa Rosalía

Cuadro 7. Tabla de volumen local en el sitio Santa Rosalía.

dp <sub>sc</sub>	AL T U R A T O T A L (m)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	V O L U M E N ( m <sup>3</sup> )									
10	0.0171	0.0246	0.0323	0.0398	0.0475	0.0551	0.0627	0.0703	0.0779	0.0855
12	0.0204	0.0314	0.0423	0.0532	0.0642	0.0751	0.0860	0.0970	0.1079	0.1189
14	0.0244	0.0393	0.0542	0.0691	0.0839	0.0988	0.1137	0.1286	0.1453	0.1584
16	0.0289	0.0484	0.0678	0.0873	0.1067	0.1262	0.1456	0.1651	0.1845	0.2040
18	0.0341	0.0587	0.0833	0.1079	0.1325	0.1572	0.1818	0.2064	0.2310	0.2556
20	0.0398	0.0703	0.1007	0.1311	0.1615	0.1918	0.2222	0.2526	0.2830	0.3134
22	0.0463	0.0834	0.1198	0.1566	0.1933	0.2301	0.2669	0.3037	0.3405	0.3793
24	0.0533	0.0970	0.1407	0.1846	0.2283	0.2721	0.3158	0.3596	0.4034	0.4472
26	0.0608	0.1122	0.1636	0.2150	0.2663	0.3177	0.3691	0.4204	0.4718	0.5232
28	0.0691	0.1296	0.1882	0.2478	0.3074	0.3670	0.4265	0.4861	0.5457	0.6052
30	0.0779	0.1463	0.2146	0.2830	0.3514	0.4198	0.4882	0.5566	0.6250	0.6934
31	0.0873	0.1651	0.2430	0.3207	0.3985	0.4764	0.5542	0.6320	0.7090	0.7876

La relación múltiple utilizando como variable independiente el DAP y la altura posee una desviación estándar de 10.074 % y un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.9832.

Su ecuación es la siguiente:

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

$$\text{Ecuación: } \text{Vol} = 0.00946 + 0.000037995 \text{ DAP}^2 h$$

La tabla de volumen se observa en el cuadro 6.

Se analiza la utilidad de la tabla local al confrontarla con la tabla estándar realizada por FAO para la especie.

## 6.4.2 Tabla de Volumen local para Salamá I



Cuadro B. Tabla de volumen local en el sitio Salamá I.

dapsc (cm)	ALTURA TOTAL (m)				
	2	4	6	8	10
	V O L U M E N (m <sup>3</sup> )				
10	0.0146	0.0225	0.0306	0.0386	0.0465
12	0.0181	0.0296	0.0411	0.0526	0.0641
14	0.0226	0.0379	0.0536	0.0693	0.0849
16	0.0270	0.0475	0.0679	0.0884	0.1089
18	0.0325	0.0584	0.0843	0.1102	0.1360
20	0.0386	0.0705	0.1025	0.1345	0.1664

La desviación estándar como porcentaje del volumen medio fue de 11.053 %. con un coeficiente de determinación de 0.9650.

El modelo es el siguiente:

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

El modelo:

$$V = 0.00659 + 0.000039966 \text{ DAP}^2 h$$

### 6.5 Tablas preliminares de rendimiento

Para la construcción de estas tablas se basó en el estudio de tablas de rendimiento preliminar para Pinus oocarpa Schiede producidas por Peters para Guatemala en 1976.

Peters desarrolló la relación volumen, área basal y altura total a través de la ecuación general:

$$V = G (0.00946 - 0.054982h + 0.01466h^2)$$

donde:

V = Volumen por hectárea en metros cúbicos

G = Área basal del rodal en metros cuadrados por hectárea

h = Altura total en metros

Peters desarrolló además, la relación área basal, edad, índice de sitio

e índice de densidad del rodal para cada sitio, a través de la ecuación:

$$\text{Log } G = 0.93339 - 7.930364 * 1/E + 0.003063IS + 0.001035IDR$$

donde:

G = Área basal del rodal en metros cuadrados por hectárea

E = Edad en años

IS = Índice de sitio en metros

IDR = Índice de densidad del rodal en número de árboles

**Cuadro 9. Tabla de rendimiento preliminar para Pinus oocarpa Schiede en el sitio de Santa Rosalía, Gualán, Zacapa, hasta un diámetro mínimo superior de 10 cm.**

EDAD (Años)	D (N/ha)	DAP (m)	H (m)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN CC (m <sup>3</sup> /ha)	VOLUMEN SC (m <sup>3</sup> /ha)
10	400	0.11	9.3	4.17	27.1	22.8
12	400	0.13	11.3	5.65	44.7	37.5
14	400	0.15	13.3	7.01	65.3	54.8
16	400	0.16	15.3	8.26	88.5	74.3
18	400	0.17	17.3	9.38	113.6	95.4
20	400	0.18	19.3	10.38	140.2	117.8
22	400	0.19	19.6	11.69	160.4	134.7

Donde:

IS = 19.77

Edad: 23 años

D = Densidad

DAP = Altura a la altura del pecho

AB = Área basal

VOL = Volumen

m<sup>3</sup>CC = Metros cúbicos con corteza

m<sup>3</sup>SC = Metros cúbicos sin corteza

Cuadro 10 Tabla de rendimiento preliminar para Pinus oocarpa Schiede en el sitio de Salamá I, Salamá, Baja Verapaz, Zacapa, hasta un diámetro mínimo superior de 10 cm.

EDAD (Años)	D (N/ha)	DAP (m)	H (m)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN CC (m <sup>3</sup> /ha)	VOLUMEN SC (m <sup>3</sup> /ha)
6	550	0.05	5.3	1.14	5.1	3.8
8	550	0.075	7.3	2.45	15	11.3
10	550	0.095	9.3	3.87	30.2	22.7
12	550	0.11	10	5.43	15.6	34.2

Donde:

IS = 9.95

Edad: 12 años

D = Densidad

DAP = Altura a la altura del pecho

AB = Area basal

VOL = Volumen

Quando se comparan los cuadros estudiados, se muestran que existe una período de diferenciación productiva a partir de los 10 años. Esto se relaciona con los distintos valores que alcanza el índice de sitio para las plantaciones estudiada. Si se analizan los índices de sitio en la gráfica de curvas de índices de sitio a una edad base de 12 años se marcan diferencias en altura dominantes. Se considera que Santa Rosalía presenta mejores potenciales de productividad al comprobar que también las tablas de volúmenes presentan diferencias significativas en los datos volumétricos estimados.

#### 6.6 Relaciones entre modelos

En este sentido, al comparar los resultado que arrojan las tablas locales se determinó estadísticamente a través de pruebas de hipótesis con un 95 % de confianza, que existen diferencias significativas. Esto indica que el modelo volumétrico expresa una mayor producción de Santa Rosalía respecto a Salamá I.

Se confirma la utilidad al contrastarla con las producidas por FAO, al

observar que poseen una aplicabilidad más exacta, con la desventaja de ser de carácter local.

**Cuadro 11. Volúmenes estimados según FAO y la Tabla local en Santa Rosalía, Gualán, Zacapa.**

DAP(sin corteza) (cm)	ALTURA TOTAL (m)	VOLUMEN DE FAO (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN TOTAL DE DE TABLA LOCAL (m <sup>3</sup> )
10	18	0.004	0.077
12	18	0.029	0.108
14	18	0.059	0.143
16	18	0.094	0.185
18	18	0.133	0.231
20	18	0.177	0.283
22	18	0.226	0.340
26	18	0.279	0.403
28	18	0.336	0.475
30	18	0.399	0.546
	18	0.455	0.625

FAO, derivada de la Ecuación  $V = -0.053919722 + 0.0000320749 \text{ DAP}^2 \text{ H}$   
 Sitio Santa Rosalía Ecuación:  $V = 0.00946 + 0.000037995 \text{ DAP}^2 \text{ H}$

Cuando se relacionó el modelo preliminar de volumen producido para las localidad de Santa Rosalía y las tablas de volúmenes de FAO, se determinó que no existen diferencias significativas de volumen entre ambas. Esta tabla es aún más precisa con carácter local. El análisis se presenta a continuación.

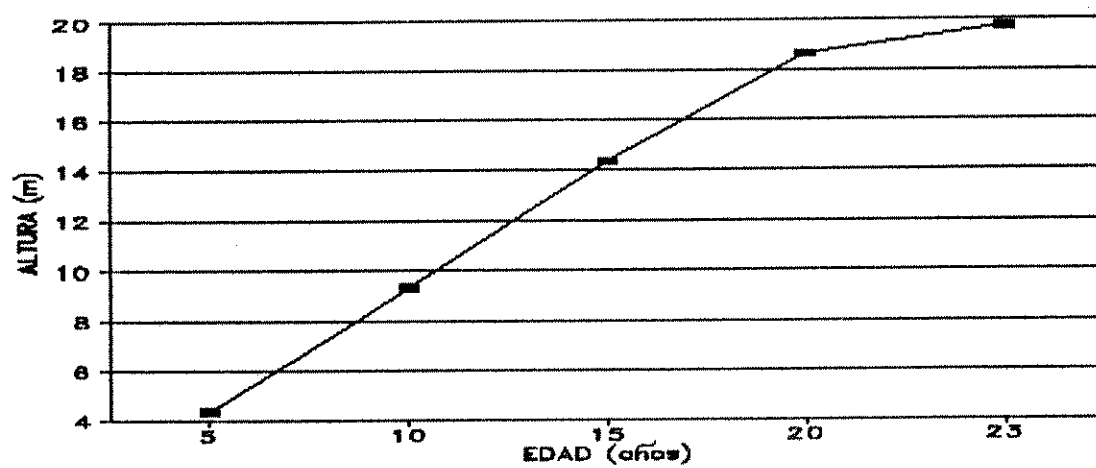
**Cuadro 12. Prueba de medias para el volumen (m<sup>3</sup>) para el volumen generado por FAO (1976) y el volumen real calculado.**

Fuente	Estadísticos				
	Promedio	Desviación estándar (s)	Varianza $s^2$	"t" calculada	"t" tabulada 95% confianza
F.A.O. (1976)	0.1992	0.153	0.0234	-1.472	-2.878
VOLUMEN REAL	0.3103	0.183	0.0336		

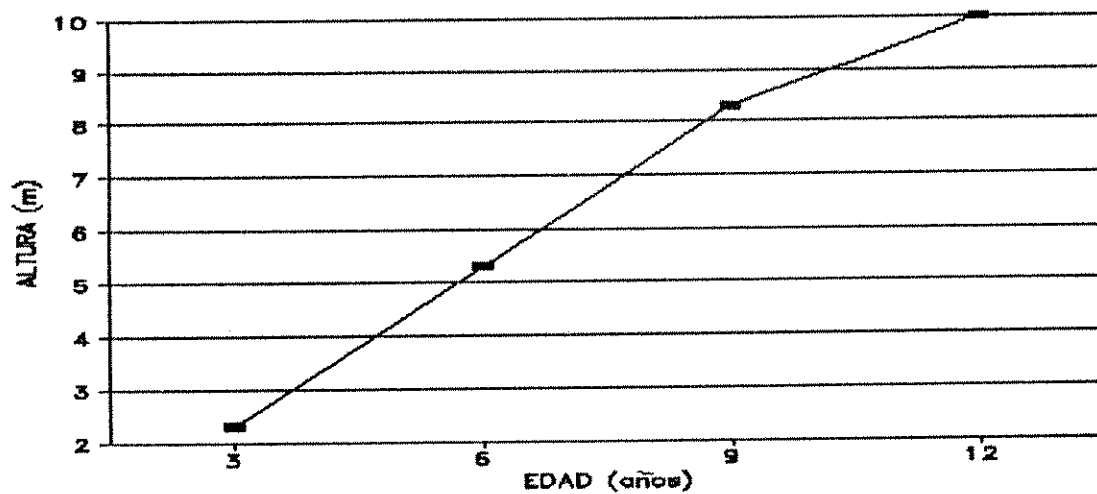
Cuando se compararon las tablas de volúmenes locales producidas, se determinó que no existe alguna diferencia significativa, con un 95 % de confianza. La "t" calculada correspondió a -0.02308 y la "t" a -2.01 y



a.



b.



Gráfica 6. Análisis en altura (m) de los árboles en los sitios estudiados.

### A. Incremento en altura.

El crecimiento en altura durante un periodo de tiempo es de suma importancia para conocer el comportamiento de la altura en distintas etapas de la vida de los árboles o masas forestales.

De la información derivada de los cuadros 3 y 4, se calculó el incremento en altura periódico anual para cada sitio.

Se obtuvieron los siguientes incrementos:

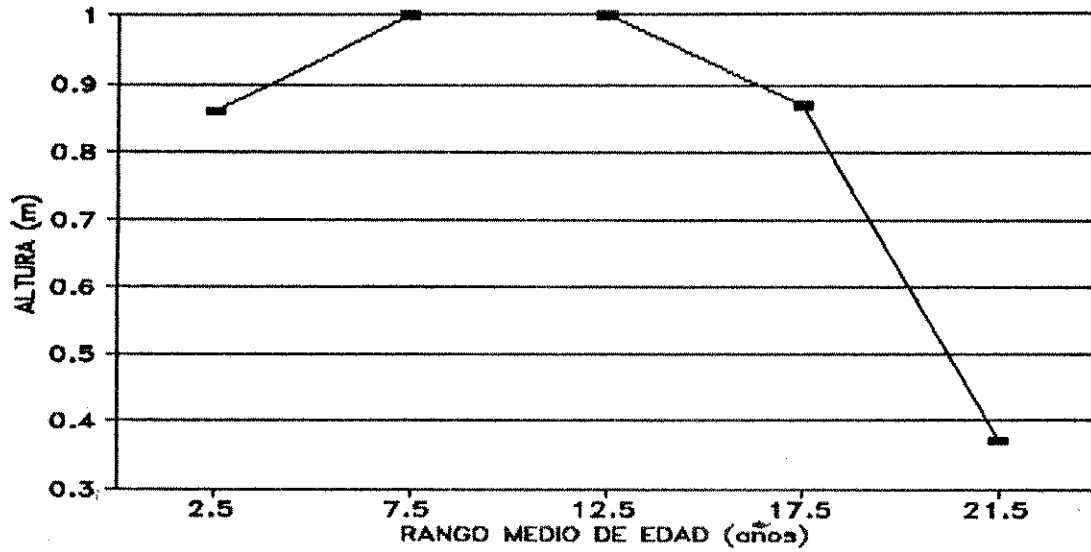
Cuadro 14. Incremento en altura en las plantaciones Santa Rosalía y Salamá I.

PLANTACION		P E R I O D O (años)								
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-23	0-3	3-6	6-9	9-12
SANTA ROSALIA	INCREMENTO	0.86	1.0	1.0	0.87	0.37				
SALAMA I	(m)						0.77	1.0	1.0	0.55

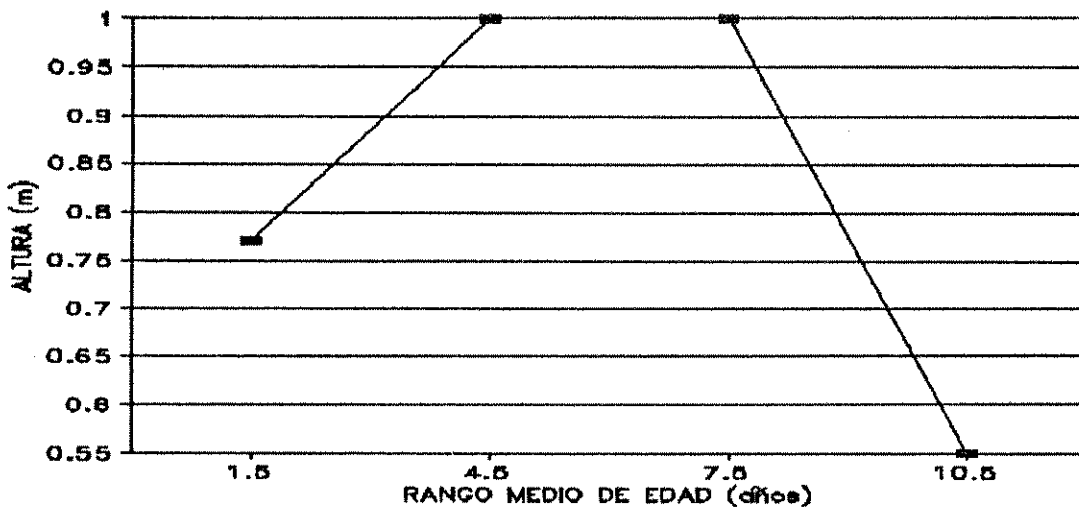
El incremento medio anual para Santa Rosalía correspondió a 0.86 m. Para Salamá I, el incremento medio anual correspondió a 0.83 m

Se observa en las gráficas 7.1 y 7.2, el incremento de las alturas en cada sitio. En Salamá I, plantación que se ha aplicado sustracción poblacional, el incremento en altura posee cierta analogía a Santa Rosalía. El problema se acentúa en los últimos años. Respecto al incremento medio anual de ambas plantaciones, se observa que casi no existen diferencias.

1



2.



Gráfica 7. Incremento en altura de los árboles en los sitios Santa Rosalía (1) y Salamá I (2)



## 6.7.2 Análisis Diamétrico

El incremento periódico anual con los datos obtenidos en el análisis del diámetro a 1.3 m de Pinus oocarpa Schiede, para la finca Santa Rosalía se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Incremento periódico anual de las plantaciones Santa Rosalía, Gualán y Salamá I, Salamá.

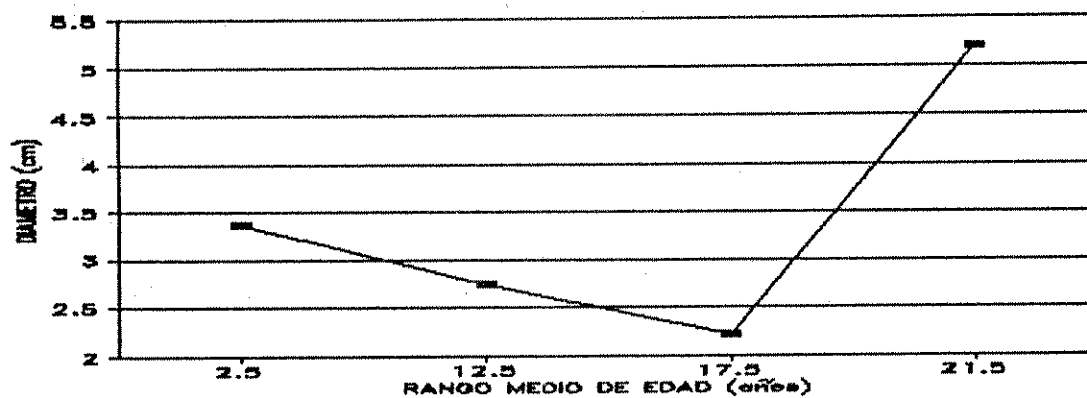
PLANTACION		P E R I O D O (años)					
		5-10	10-15	15-20	20-23	5-10	10-12
SANTA ROSALIA	INCREMENTO PERIODICO ANUAL (cm)	3.36	2.73	2.21	5.20		
SALAMA I						3.28	4.0

Al respecto se indica que en los sitios estudiados, entre el período de los 5 a los 10 años existe un incremento en diámetro similar.

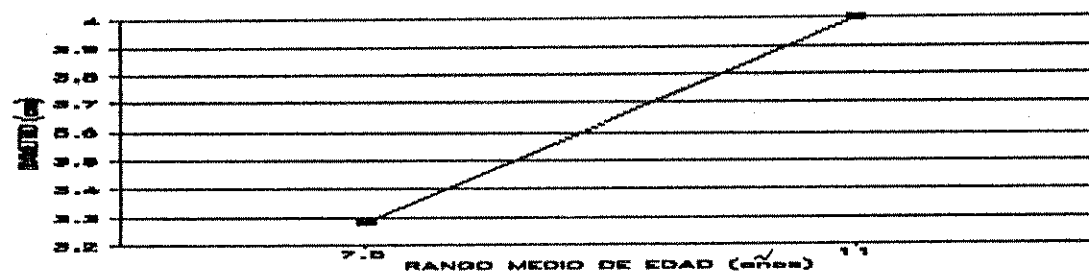
La importancia del análisis del diámetro radica en que éste participa en al cuadrado en la estimación del área basal, componente fundamental para el cálculo del volumen final.

Esta característica se presenta en las gráficas 8a y 8b.

a.



b.



Gráfica 8. Análisis diamétrico de los árboles estudiados en los sitios Santa Rosalía (a) y Salamá I (b).

### 6.7.3 Relaciones individuales

#### A. Relación DAP-altura total

##### I. Para Santa Rosalía

El modelo que más se ajustó fue el logarítmico, el cual posee un coeficiente de correlación igual a 0.89192 y de determinación de 0.7955

La ecuación es:

$$Y = 5.0829 * X^{0.3910}$$

Donde:

Y = Altura total (m); X = DAP (m)

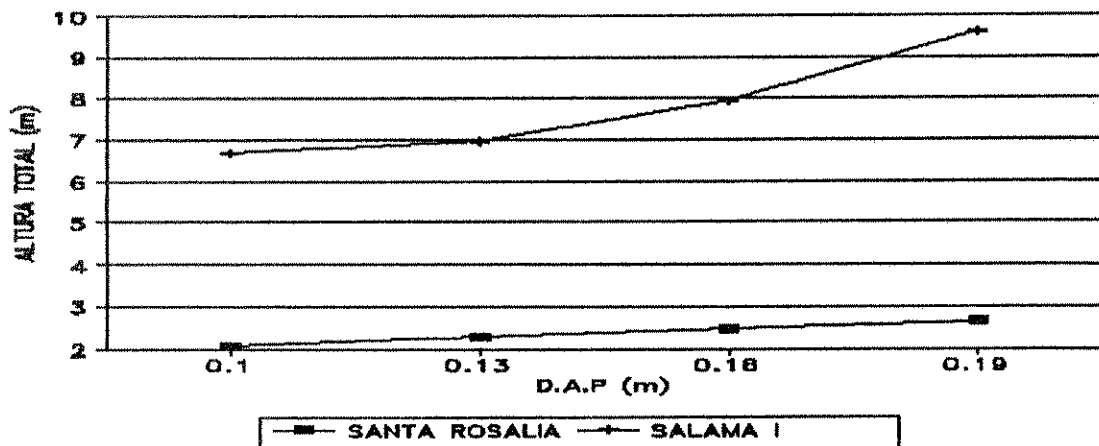
## II. Para Salamá I.

En esta relación el modelo que más se ajusta es el cuadrático, el cual posee un coeficiente de correlación de 0.73426 y de determinación de 0.8152.

La ecuación del modelo cuadrático es la siguiente:

$$Y = 10.7578 - 79.3104 * X + 385.6417X^2.$$

En la gráfica 9, se representan estas relaciones.



Gráfica 9. Relación DAP y Altura total de los árboles en los sitios estudiados

### B. Area Basal-Altura

#### I. Para Santa Rosalía

La relación área basal-altura la representó en una forma satisfactoria el modelo cuadrático con un coeficiente de determinación de 0.78664 y un coeficiente de correlación de 0.88693

La ecuación correspondiente es:

$$Y = 10.8405 + 336.4853 * X - 3084.082X^2$$

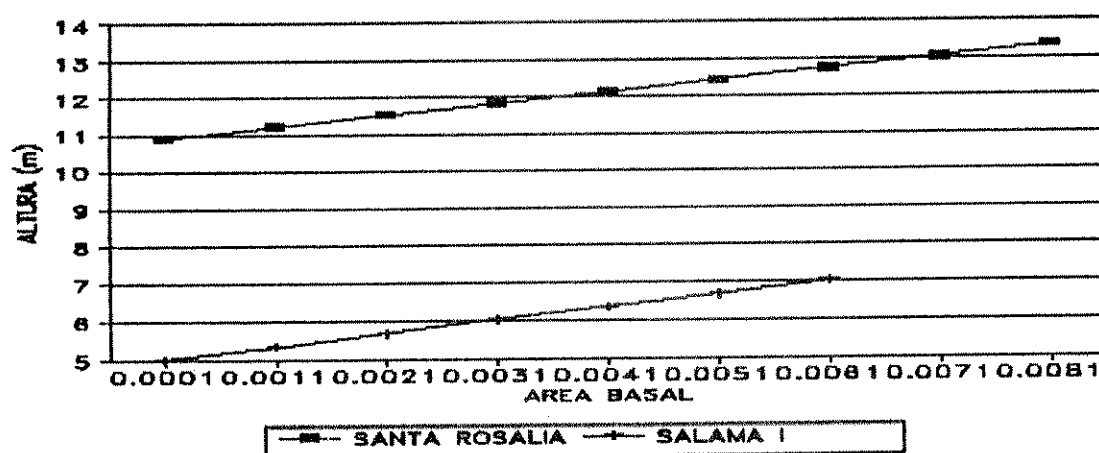
## II. Para Salamá I.

El modelo adecuado fue el cuadrático con un coeficiente de determinación de 0.6489 y un coeficiente de correlación de 0.80555.

La ecuación del modelo cuadrático es la siguiente:

$$Y = 4.9764 + 384.8319 * X - 2435.2320^2.$$

La relación Area basal-altura de los sitios se representa en la gráfica 10.



Gráfica 10. Área basal-Altura de los árboles de los sitios estudiados.

## C. Relación Altura-Volumen real

### I. Para Santa Rosalía

El modelo con mayor ajuste fue el modelo geométrico, con un coeficiente de determinación de 0.81587 y un coeficiente de correlación de 0.90326.

La Ecuación que representa este modelo es:

$$Y = 0.0015 + 1.3310^x$$

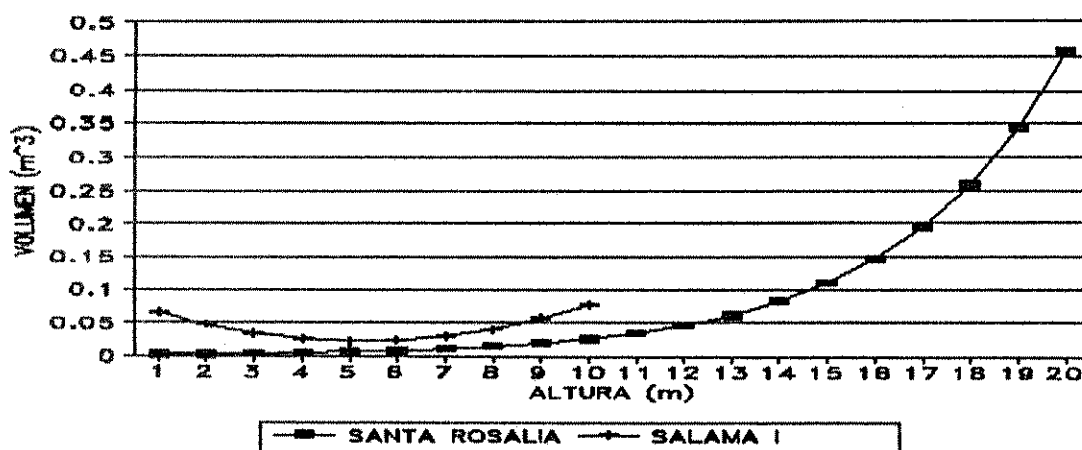
## II. Para Salamá I

El modelo que posee un mayor grado de ajuste a los datos del campo es el cuadrático, con un coeficiente de determinación de 0.87466 y un grado de asociación de las variables de 0.76503.

La ecuación del modelo cuadrático es la siguiente:

$$Y = 0.0878 + -0.251 *X + 0.0024X^2.$$

La relación altura-volumen real de los sitios se presentan en la gráfica 11.



Gráfica 11. Relación altura-volumen de los árboles estudiado en cada sitio evaluado.

## D. Relación Area Basal- Volumen real

### I. Para Santa Rosalía

El modelo con un mejor grado de ajuste fue el cuadrático con un coeficiente de determinación de 0.95613 y un grado de correlación de 0.977282.

La ecuación correspondiente es:

$$Y = -0.0234 + 9.6092 *X + 9.0496X^2$$

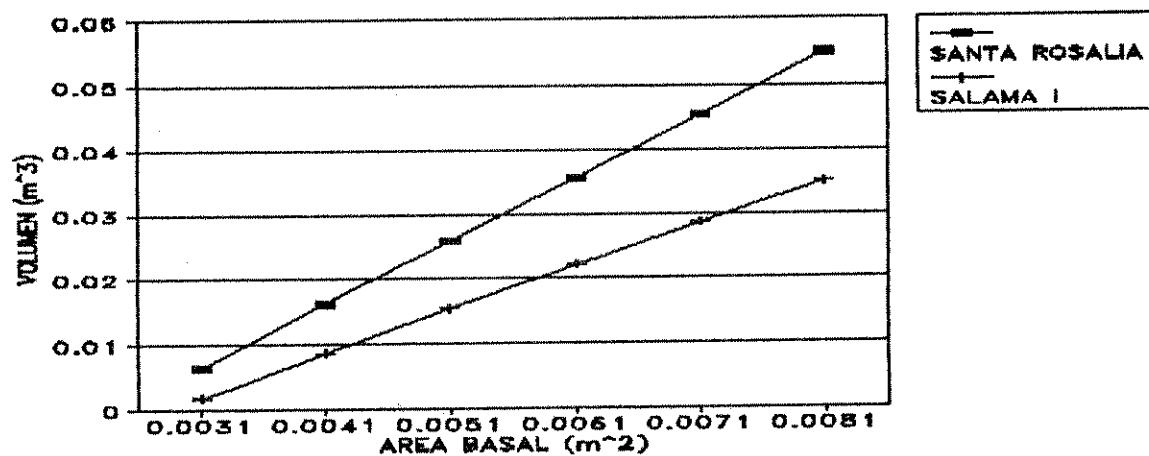
## II. Para Salamá I

Se encontró que el modelo mejor ajustado es el cuadrático, con un coeficiente de determinación de 0.95413 y un coeficiente de correlación de 0.97680.

La ecuación es la siguiente:

$$Y = -0.0130 + 7.1360 * X - 53.4571X^2$$

Esta relación para los sitios indicados se muestra en la gráfica 12.



Gráfica 12. Relación Area Basal-Volumen de los árboles estudiados en los sitios forestales.

### 6.8 Factor mórfico y de corteza

Estos valores se determinaron para cada una de los sitios estudiados. El factor de forma o mórfico y el factor de corteza se determinaron en los árboles que se cortaron. El factor de forma ( $f$ ), se determinó a través de la relación establecida entre el volumen real ( $v_r$ ) y el volumen aparente ( $v_a$ ) de los árboles que fueron tumbados. El factor de corteza ( $k$ ), se determinó considerando la relación entre el diámetro con corteza y el diámetro sin corteza a la altura del pecho (1.3 m del suelo)

**Cuadro 16. Coeficientes mórficos y de corteza de los sitios Santa Rosalía, Gualán, Zacapa y Salamá I, Salamá, B.V.**

PLANTACIONES ESTUDIADAS	COEFICIENTE MORFICO ( $f$ )	FACTOR DE CORTEZA ( $k$ )	
		INDICE DE CORTEZA ( $k$ )	PORCIENTO DE CORTEZA (%)
SANTA ROSALIA	0.70	0.84	16
SAMALA I	0.84	0.75	25

La utilidad del coeficiente mórfico ( $f$ ), se encuentra en la estimación de volúmenes cúbicos totales de árboles en pie, al aplicarse en la fórmula de volumen.

En el caso de Santa Rosalía, donde se obtuvo coeficiente de 0.70, indica que el 70 por ciento del volumen de un cilindro equivale al volumen de madera con corteza del árbol. De otra manera se anota que cuando el valor  $f$  es más cercana a la unidad, la forma del fuste del árbol es más cilíndrica y se aprovecha mayor el volumen de madera. En Salamá I, los árboles son más cilíndricos que los árboles de Santa Rosalía, aunque poseen un alto porcentaje de corteza, condición que limita su máximo aprovechamiento.

El coeficiente mórfoico está en función de la edad, calidad del sitio, la especie y el manejo a la cual está sometida la plantación. La plantación de Salamá I ha sido objeto de un raleo intensivo, afectando de cierta manera el factor de forma. En Santa Rosalía no se ha efectuado cortas para el control de la densidad poblacional. Otro aspecto de Santa Rosalía es el hecho de que la plantación presenta una mayor edad, lo que ha reducido su vigor en el crecimiento.

En lo referente al factor de corteza, éste es esencial en el cálculo de volúmenes de madera sin corteza. La corteza generalmente no es utilizada. Si se expresa en porcentaje de corteza, se observa en el cuadro 16, que el sitio Salamá I representa el 25%, en tanto que para Santa Rosalía el 16% de corteza. Esta situación para ambos sitios contrasta con el factor mórfoico presentado anteriormente.



## 6.9 Características edáficas y climáticas

### 6.9.1 Características edáficas

Se determinaron las características del suelo por horizonte.

Se recopiló la información del suelo de cada lugar estudiado.

Las muestras de suelos fueron analizadas los laboratorios de la Subárea de Manejo de Suelo y Agua de la Facultad de Agronomía y los laboratorios agrícolas Agri-lab de Guatemala.

La información anterior fue útil para la recolección de datos generales de suelos forestales del país a través del tiempo. Esto permitirá obtener una red de datos de índices de sitio para Pinus oocarpa Schiede a nivel nacional y establecer un mejor manejo de este recurso.

#### A. Descripción de los suelos

##### I. Sitio Santa Rosalía

Características generales:

Ubicación: Finca Santa Rosalía, aldea Mal Paso, municipio Gualán, Zacapa.

Coordenadas geográficas: 15° 10'05" - 15° 12'10" Latitud Norte y  
89° 20'38" - 89° 21'45" Longitud Oeste.

Altitud: 940 msnm.

Posición geográfica: Pie de montaña.

Forma del terreno circundante: Inclinado.

Pendiente: 34%

Exposición: Nor-este.

Vegetación predominante: Pinus oocarpa Schiede (plantación).

Material originario: Tierras altas cristalinas.

T° media anual: 21.5° C.

Precipitación total anual: 1922 mm.

Climatología según Thornthwaite: B' b Br

Zona de vida: Bosque húmedo subtropical (templado)

Pedregosidad: Clase 0.

Erosión: hídrica moderada.

Drenaje: bueno.

Descripción del perfil  
(cm)

- A. 0-8 Gris muy oscuro ( 10 YR 3/1) en húmedo, franco arenoso, estructura angular de clase media, consistencia dura en seco y friable en húmedo, muy adherente y plástico, raíces abundantes, límite nítido ondulado.
- AB.8-16 Pardo amarillento oscuro ( 10 YR 4/6) en húmedo, franco arenoso, estructura angular de clase media, consistencia dura en seco y muy friable en húmedo, muy adherente y plástico, pocas raíces, límite ondulado.
- B. +16 Pardo amarillento (10 YR 6/8) en húmedo, franco arenoso, estructura angular de clase media, consistencia dura en seco y muy friable en húmedo, muy adherente y muy plástico, pocas raíces.

## II. Sitio Salamá I.

### Características generales:

Ubicación: Finca Salamá I, municipio Salamá, Baja Verapaz.

Coordenadas geográficas: 15° 03'50" - 15° 04'50" Latitud Norte y  
90° 18'40" - 90° 20'05" Longitud Oeste.

Altitud: 1000 msnm.

Posición geográfica: Colinas medias.

Forma del terreno circundante: Inclinado.

Pendiente: 30%

Exposición: Nor-este.

Vegetación predominante: Pinus oocarpa Schiede (plantación).

Material originario: Tierras altas cristalinas.

T° media anual: 21.1° C.

Precipitación total anual: 985mm.

Climatología según Thornthwaite: B' b Br

Zona de vida: Bosque húmedo subtropical (templado)

Pedregosidad: Clase 1.

Erosión: hídrica moderada.

Drenaje: bueno.

Descripción del perfil  
(cm)

- A. 0-13 Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, franco arenoso, estructura laminar de clase fina y grado fino, blando y débil en seco y suelto en húmedo, ligeramente plástico, raíces pocas, límite gradual y ondulado.
- AB 13-25 Pardo amarillento oscuro (10 YR 3/6) en húmedo, franco arenoso, estructura laminar de clase media y grado medio, consistencia dura en seco y firme en húmedo, adherente y plástico, escasas raíces, límite gradual y ondulado.

Las propiedades físicas de los suelos son factores dominantes que afectan su uso. Además determinan la disponibilidad de oxígeno y la movilidad del agua a través del suelo.

En base a los horizontes que se analizaron, son suelos pocos profundos que se han desarrollado pobremente. En términos generales son suelos que presentan horizontes superficiales, poco profundos, con escasa cantidad de materia orgánica.

El color va de pardo amarillento a pardo grisáceo muy oscuro, sin alcanzar un color de suelo negro que son los que presenta altos contenidos de humus, condición que los hace mejores retenedores del agua.

Los suelos presentan cambios en el color, característica que indica una presencia de minerales originarios (material parental).

La clase textural es franco arenoso en todos los horizontes. Esta situación determina su poca capacidad de absorción y almacenamiento del agua, pero que presentan buena aireación.

La estructura de los suelos va de laminar a subangulares.

El contenido de humedad es bajo debido a la textura franco arenoso y al bajo nivel de materia orgánica presentes en los suelos. En esta textura el drenaje de los suelos es rápido.

La determinación de la característica edáfica constante de humedad es útil para la clasificación de los suelos forestales nacionales donde crece Pinus oocarpa Schiede, de acuerdo a diferentes pendientes del terreno.

## B. Características químicas

Las características químicas presentes en los suelos se muestran en los cuadros 17 y 18. El porcentaje de materia orgánica es bajo en los perfiles estudiados. Un estudio de Itzep (21), en El Chol, Baja Verapaz, determinó porcentajes de materia orgánica entre los 12 y 15, en bosques naturales de Pinus oocarpa Schiede. En los sitios evaluados, como consecuencia de este hecho los niveles de nitrógeno y fósforo son bajos. Debido a esto se consideran que los suelos analizados son poco desarrollados.

Los suelos analizados poseen valores de pH que oscilan entre 5.7 y 6.4. Según este rango de valores presentado, los nutrientes primarios - nitrógeno, fósforo y potasio-, como también los secundarios - azufre, calcio y magnesio-, están disponibles. También están disponibles molibdeno, cobre y boro. Al mismo tiempo existe una menor disponibilidad de hierro, manganeso, cloro y zinc.

Según el porcentaje de saturación de bases, los suelos se consideran potencialmente bajos en fertilidad. La capacidad de almacenamiento es bajo.

De los cuadros 17 y 18, se derivan las correspondiente curvas de fijación de fósforo, que se presentan en la gráfica 13.

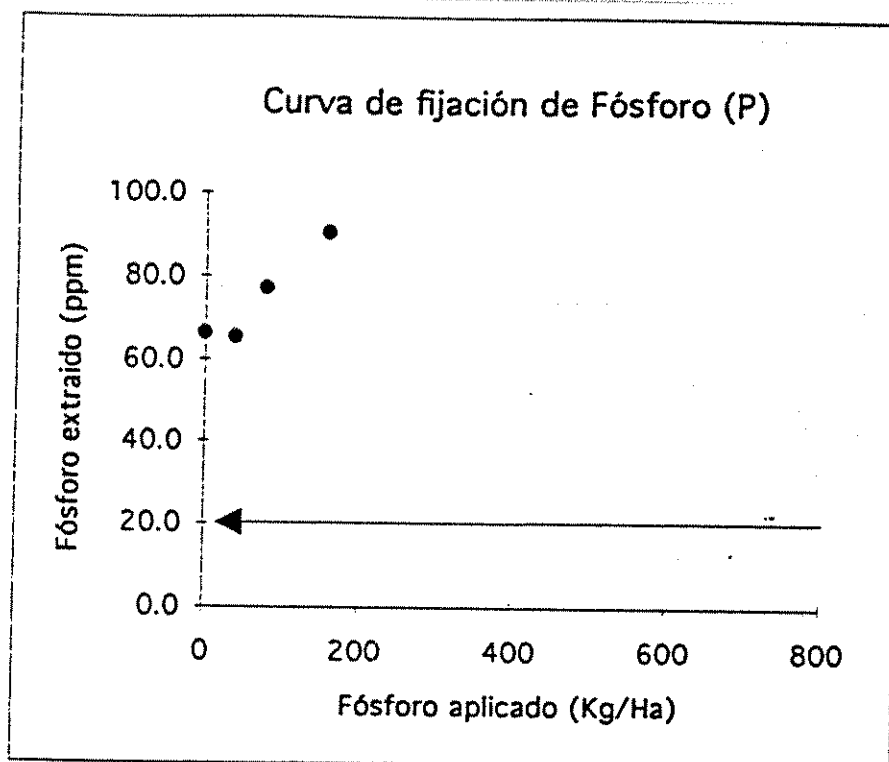
Cuadro 17. Análisis físico-químico de los suelos de Santa Rosalía, Gualán, Zacapa.

HORIZONTE	pH	µg/ml		meq/100 ml		ppm						%	Cte. Humedad	%				%							
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	S	B			N	M.O.	1/3 At.	15 At.		Arcilla	Limo	Arena	Intercambiable Meq/100 g			
																						Ca	Mg	Na	K
A	6.4	2.57	137	4.99	2.36	0.5	1.0	44.0	47.5	4.60	0	0.10	2.97	24.5	7.94	11.16	33.0	55.84	3.50	1.93	0.70	0.31	9.60	67.00	
AB	5.7	0.61	73	3.43	2.62	0.5	0.5	25	47.5	15.6	0.28	0.03	0.73	15	5.09	13.44	30	56.56	2.0	1.93	0.31	0.17	8.08	50.0	
B	5.9	0.61	35	1.07	2.57	0.5	1.0	5.0	16.0	17.74	0	0.02	0.09	21.91	13.73	9.44	28	62.56	1.75	2.92	0.37	0.09	8.0	64.12	

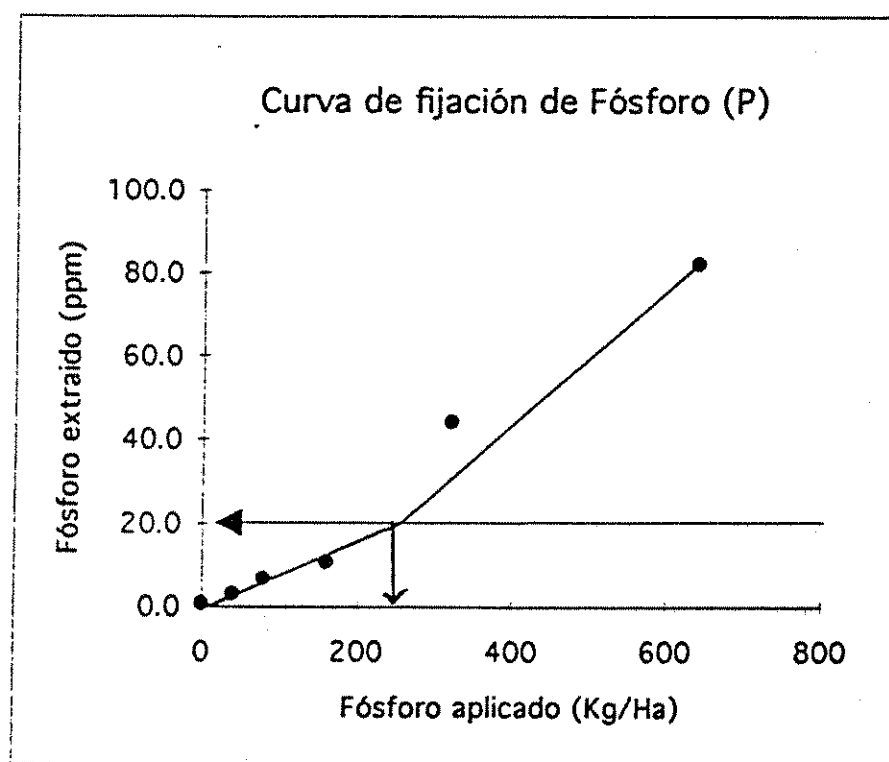
Cuadro 18. Análisis físico-químico de los suelos de Salamá I, Salamá, Baja Verapaz.

HORIZONTE	pH	µg/ml		meq/100 ml		ppm						%	Cte. Humedad	%				%							
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	S	B			N	M.O.	1/3 At.	15 At.		Arcilla	Limo	Arena	Intercambiable Meq/100 g			
																						Ca	Mg	Na	K
A	6.6	150	262	6.24	3.5	1.0	1.5	20.5	14.5	6.04	0	0.14	2.32	12	5.49	12.16	28.0	59.84	4.74	2.84	0.23	0.57	9.60	82.08	
AB	6.2	16.31	128	5.93	3.44	1.0	0.5	6.5	5.5	8.24	0	0.31	1.42	18	8.79	11.44	32	56.56	6.25	3.45	0.29	0.37	14	74	

a)



b)



Gráfica 13. Curvas de fijación de fósforo para los sitios Santa Rosalía, Gualán, Zacapa (a) y Salamá I, Salamá B. V. (b).

En la gráfica 13, se observa el % de fósforo que es retenido por el suelo. Las cantidad de fósforo disponible para Santa Rosalía corresponde al 21 % y 23 % para Salamá I. Esto significa que de cada 100 lb de P que se aplique, 79 y 77 lb serán fijadas por el suelo, en los sitios correspondientes. Esta condición va ligada a las concentraciones de aluminio y hierro. Conocer estas característica es importante en la práctica de encalado, previo a desarrollar programas de fertilización.

Los suelos presentan niveles de P por arriba del nivel crítico, por lo que se espera que no haya respuesta a aplicaciones de P.

La gráfica 13, en el sitio Salamá I, indica que es necesario aplicar 210 Kg/ha para llegar a un nivel de 20.0 ppm extraíble

#### 6.9.2 Características Climáticas

##### A. Santa Rosalía

La finca mencionada se ubica en una zona de Bosque Húmedo subtropical (templado), según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge.

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica El Tipucal (precipitación media), situada a 16 kilómetros de la finca Santa Rosalía y la Unión (temperatura y humedad relativa media), a 20 kilómetros de la misma (15, 16). Los datos promedios se computaron para un periodo de 10 años. Los mismos son presentados en el cuadro 19.

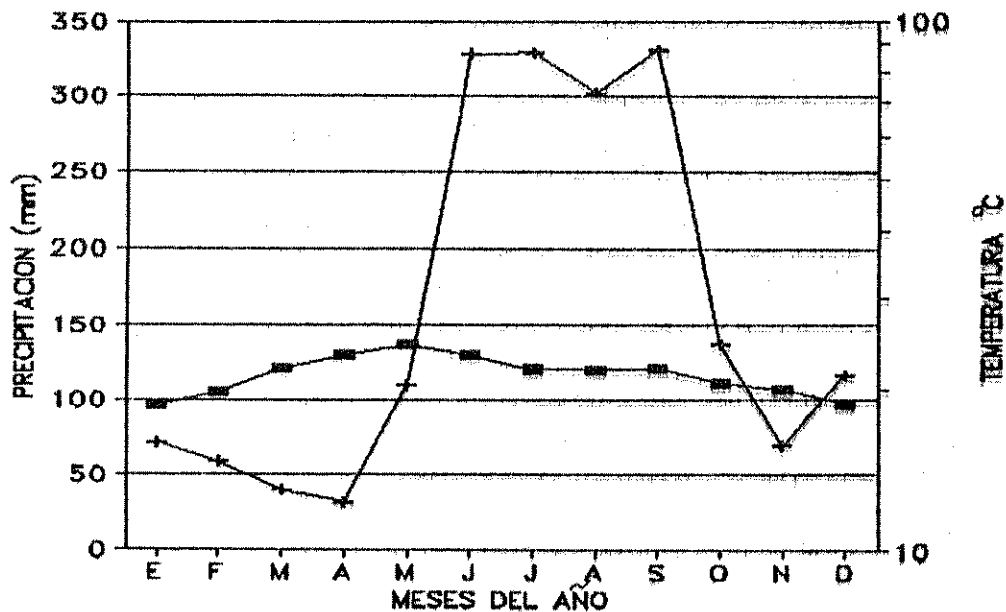
Cuadro 19. Resumen de los Datos de Temperatura media mensual, humedad relativa media mensual y precipitación media mensual de las estaciones meteorológica El Tipucal, Gualán y La Unión, Río Hondo, Zacapa, en el periodo 1980-1989.

MES FACTOR	ENERO	FEBR.	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEN.	OCTUBRE	NOV.	DIC.	PROMEDIO MENSUAL
T °C	18.8	19.85	22.11	23.42	24.53	23.4	22.02	21.96	22.09	20.75	20.3	18.5	21.50
pp mm	71	58.46	39.53	31.43	109.68	327.83	329.16	302.11	331	137	68.8	115.71	1922 TOTAL ANUAL
H.R. %	82.55	80.9	72.9	71.5	71.3	80.6	85.6	85.6	86	85.7	84.7	85.9	81.1

Fuente: INSIVUMEH (16).

El cuadro anterior muestra una temperatura media anual de 21.1 °C, una precipitación pluvial total anual de 1922 mm y una porcentaje de humedad relativa de 81%.

La relación de estas variables se muestran el gráfico 14.



Gráfica 14. Climadiagrama correspondiente a la finca Santa Rosalía, Gualán, Zacapa.



En la gráfica 14, se observa que existe una leve variación de la temperatura. El máximo valor se presenta en el mes de mayo y el menor en el mes de diciembre. La precipitación pluvial muestra variaciones en los meses de abril a junio para iniciar su descenso en el mes de septiembre. Este período es importante en la formación de los anillos de crecimiento de *P. oocarpa*.

#### B. Salamá I

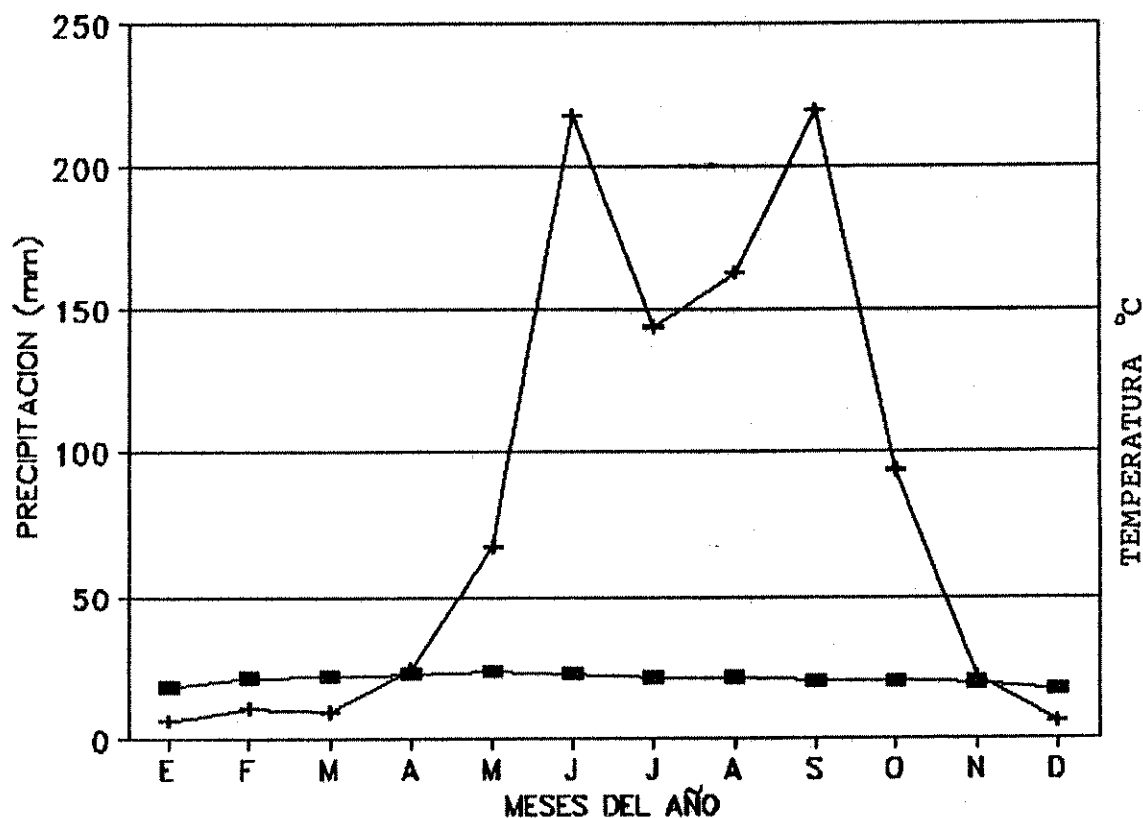
La finca Salamá I se encuentra en una zona de Bosque Húmedo Subtropical (templado).

Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica tipo A de San Jerónimo, ubicada a 15 Km. del lugar de estudio (18). Los mencionado datos correspondieron a un período de 10 años. Un resumen de ellos se presenta en el cuadro 20.

Cuadro 20. Resumen de los datos de temperatura media mensual, precipitación media mensual y humedad relativa media mensual de la estación meteorológica San Jerónimo, San Jerónimo, B. V., en el período 1980-89.

MES FACTOR	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEN.	OCT.	NOV.	DIC	PROMEDIO MENSUAL
T °C	18.3	21.4	21.8	22.8	23.7	22.7	21.5	21.7	21.5	20.2	19.5	18.4	21.1
pp mm	6.22	11.07	9.53	23.95	67.8	218.27	143.84	162.82	219.78	93.41	22.14	5.97	985 TOTAL ANUAL
H.R. %	70	67	64	68	71	78	77	80	80	78	75	73	74

Fuente: INSIVUMEH (17).



Gráfica 15. Climadiagrama de la finca Salamá I, Salamá, Baja Verapaz.

En la gráfica 15, climadiagrama de la finca Salamá I, se observa que la temperatura permanece constante a lo largo de todo el año. La precipitación pluvial muestra un ascenso en el mes de mayo, desciende levemente hasta el mes de julio. A partir de este mes se incrementa hasta el mes de septiembre. para descender en el mes de noviembre. El período de máxima precipitación pluvial es importante en la formación de los anillos de crecimiento de *P. oocarpa*.

## 7. CONCLUSIONES

1. En base a los análisis realizados se concluye que los sitios Santa Rosalía, Gualán Zacapa y Salamá I, Salamá, Baja Verapaz, presentan cada uno de ellos condiciones homogéneas de crecimiento respecto a la altura dominante de Pinus oocarpa Schiede.
2. En función del análisis de regresión jerárquica descrita por Bailey y Clutter, a la edad de cada plantación, se obtuvieron dos modelos estadísticos, en base a los cuales se desarrollaron curvas de índice de sitio para cada plantación. El sitio Santa Rosalía presentó un índice de sitio de 19.77 m a los 23 años de edad, en tanto Salamá I un índice de sitio de 9.95 m a los 12 años.
3. Las tablas locales de volumen estadísticamente y con un nivel de confianza del 95 %, no presentan diferencias significativa entre los sitios evaluados. En la estimación del volumen total sin corteza comparadas con FAO en 1976, no existen diferencias significativas. Las tablas locales de volumen para cada sitio son estadísticamente iguales. Respecto a las tablas de rendimiento ambas presentan cierto grado de diferenciación a partir del décimo año. Esta condición confirma la característica de similitud en las curvas de índice de sitio a los 12 años de edad en cada localidad. Su aplicación es local.
4. Los componentes edáficos (físicos y químicos) presentan cierta grado de similitud en las dos localidades. En el aspecto climático se presenta similares condiciones de temperatura y humedad relativa. La diferencia radica en la alta tasa de precipitación anual en el sitio Santa Rosalía respecto a Salamá I. Esta podría considerarse el factor determinante en una mayor productividad de Pinus oocarpa Schiede en esta plantación.
5. El coeficiente mórfico fue para Santa Rosalía de 0.70 y para Salamá I de 0.84. El coeficiente de corteza correspondió a 0.84 para Santa Rosalía y 0.75 para Salamá I.

## 8. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar este tipo de investigaciones en otros rodales, propiciando una mayor cobertura de Pinus oocarpa Schiede a nivel nacional, para obtener información útil para la planificación en el manejo de este importante recurso forestal.
2. Establecer parcelas permanentes de muestreo (PMP), en distintos sitios del país para ampliar este tipo de investigaciones y para obtener datos básicos de crecimiento y rendimiento a través del tiempo.
3. Debido a que Guatemala posee las especies de Pino económicamente más importantes de Centro América, es impostergable la elaboración de tablas de volumen, de relascopio y rendimiento, mientras tanto, los programas y proyectos que se llevan a cabo en el país siguen adoleciendo de estos importantes instrumentos técnicos

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. ALDER, D. 1,980. Estimación del volumen y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Roma, FAO. v. 1, 118 p. (Estudio FAO: Montes 22/2)
2. ALLISON, L.E. ; BERNSTEIN, L.; BOWER, C.A. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos sódicos. Trad. por Nicolás Sánchez Durón. México, D.F., Secretaría de Agricultura y Ganadería. 171 p.
3. BRUCE, D.; SCHUMACHER, F. 1,965. Medición forestal. México, D. F., Herrero. 474 p.
4. CABRERA GAILLARD, C. 1,993. Los bosques: el estado les resta importancia. el caso de Guatemala. Revista Forestal Centroamericana (C.R.) 2(3):10-13.
5. CARMEAN, W.H. 1,975. Forest quality evaluation in the United States. Advances in Agronomy (EE. UU.) 26:209-269
6. CASTAÑEDA, L. *et al.* 1,983. Diagnóstico de la situación de los recursos renovables de Guatemala. Tikalia (Gua.) 2(1):75-106.  
  
Presentado en : CONGRESO NACIONAL DE INGENIEROS AGRONOMOS (3, 1982, Antigua Guatemala). 1,982. Memorias. Guatemala, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Guatemala. p. 19-89.
7. CHAPMAN, H.; MAYER, W. 1,949. Forest mensuration. New York, McGraw-Hill. p. 290-320.
8. COILE, T.S. 1,952. Soil and the growth of forest. Advances in Agronomy (EE. UU.) 4:329-398.  
  
Citado por: VASQUEZ, W. 1,987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Costa Rica, CATIE. 113 p.
9. CRUZ, J.R. DE LA. 1,982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal, p. 23-26.
- 10 DANIELS, T.; HELMS, J.; BAKER, F. 1,982. Principios de silvicultura. Trad. inglesa por Ramón Elizandro Matta. México, Mc Graw Hill. 492 p.
- 11 FERREIRA ROJAS, D. 1990. Manual de inventarios forestales. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. p. 76-93.

- 12 GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR 1,983. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja cartográfica Sierra de la Minas, no. 2161 IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color
- 13 \_\_\_\_\_. 1,983. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja cartográfica Salamá, no. 2160 IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color
- 14 GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. s.f. Formas de la tierra y regiones fisiográficas. Guatemala. Esc. 1:1.000,000. Color.
- 15 GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Tarjeta de registro de datos meteorológicos de la estación "El Tipucal", no. 6.9.9 del municipio de Gualán, Zacapa.
- Sin publicar
- 16 \_\_\_\_\_. Tarjeta de registro de datos meteorológicos de la estación "La Unión", no. 6.9.9 del municipio de La Unión, Zacapa.
- Sin publicar
- 17 \_\_\_\_\_. Tarjeta de registro de datos meteorológicos de la estación "San Jerónimo", no. 6.9.9 del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.
- Sin publicar
- 18 GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:600,000.
- 19 HAGGLUD, B. 1,981. Evaluation of forestry site productivity. Forestry Abstract (G.B.) 42(11): 515-527.
- Citado por: VASQUEZ, W. 1,987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Costa Rica, CATIE. 113 p.
- 20 ISOLAN, F.B. 1,972. Estudio de qualidade de sitio para Pinus caribaea var hondurensis Barret e Goltari no catao de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 98 P.
- 21 ITZEP MANUEL, A. 1,993. Determinación de índices de sitio para Pinus oocarpa Schiede en el municipio de El Chol, Baja Verapaz. Investigación Inferencial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 59 p.

- 22 KLEPAC, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2 ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 365 p.
- 23 OBIOLS DEL CID, R. 1,975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala; según el sistema Thornthwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:250,000. Color.
- 24 OLIVA HURTARTE, E. 1990. Comportamiento en plantaciones de mangium (Acacia mangium Will) y aripín (Caesalpinea velutina) (B y R) Standl.) en América Central. Tesis Mg. Sc. Turrialba, C.R. 117 p.
- 25 ORTIZ, L. 1,986. Crecimiento de cuatro especies de pino en bosques naturales del país. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, IIA. 15 p. (mimeo.)
- 26 PALMER, G.; TROEH, R. 1980. Introducción a la ciencia del suelo. Manual de laboratorio. Trad. por Fidel Márquez Sánchez. México, D.F., Editorial Trillas. p. 44-45.
- 27 PEREZ, D.N.; STIFF, C.T.; JOHNSON F. 1990. Índice de sitio y curvas de crecimiento en altura para Pinus oocarpa Schiede en la zona central de Honduras. El Tatascán (Ho.) 7(1-2):1-25.
- 28 PETERS, R. 1976. Tabla de rendimiento preliminar para Pinus oocarpa Schiede. Guatemala, FAO. Documento de trabajo no. 15. 1,976. 17 p.
- 29 PETERS, R. 1977. Fortalecimiento al sector forestal Guatemala; inventarios y estudios dendrométricos en bosques de coníferas. Guatemala, FAO. Documento técnico no. 2. 69 p.
- 30 REYES, L. 1981. El análisis de regresión y sus métodos de cómputo. Tesis Ing Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 6-15.
- 31 SALAS, G. DE LAS. 1,974. Factores edáficos y limitantes de sitios forestales. Bosques de Colombia (Col.) 1: 15-50.
- 32 SALAZAR, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica no. 20. 194 p.
- 33 SANDOVAL, I., J.E. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
- 34 SCHWEIZER, S.; COWWARD, H.; VASQUEZ, A. 1980. Metodología para el análisis de suelos, plantas y agua. Costa Rica, Dirección de Investigaciones Agrícolas. Boletín Técnico no. 68. 31 p.

- 35 SIMMONS, CH.; TARANO, J.M., PINTO, J.H. 1959. Clasificación de los de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
- 36 TSCHINKEL, H. 1,972. Growth, site factors and nutritional status of Cupressus lusitanica plantations in the highland of Colombia. Ph. D. Thesis. Hamburg, Universitat Hamburg. 165 p.
- 37 VASQUEZ, W. 1,987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para Pinus caribaea var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Costa Rica, CATIE. 113 p.
- 38 VINCENT, L.W. 1,970. Plantaciones de Pinus caribaea var. hondurensis Surinam con referencia especial a la cálida del sitio. Revista Forestal Venezuela (Ven.) 13(19/20):27-59.

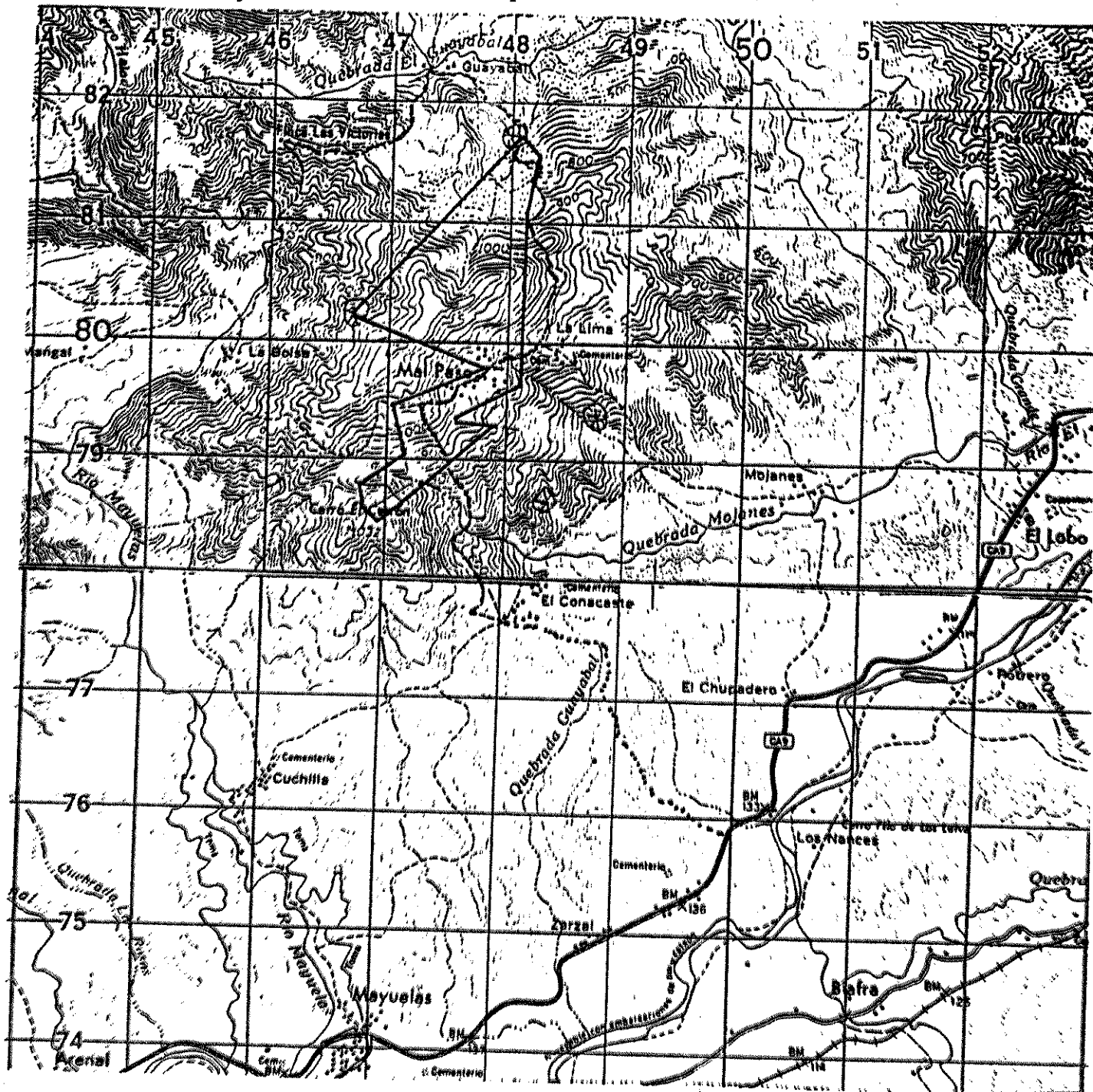
Vo. Bo. Rolando 





10. APENDICES

Apéndice 1. Ubicación de la plantación Santa Rosalía.



Hoja Adyacente  
Gualán 2361 III



DESCRIPCION DE PARCELA  
 (Silvicultura)

Código del país:

Número del sitio:

Código de experimento:

Código de proyecto o unidad:  <sup>7</sup>  
 (una letra ej. L= Proyecto Leña-Madeleña)

Código de tratamiento:

Número de la repetición:   <sup>8</sup>

Código de especie:

Fecha de plantación (día-mes-año):

Número serial de parcela en la base de datos:  
 ( uso interno)

Número del lote dentro del sitio:    <sup>10</sup>

Número de nivel del factor uno:   <sup>11</sup> dos:   <sup>12</sup> tres:   <sup>13</sup>

Número de árboles originales en la parcela:     <sup>14</sup>

Espaciamiento (cm):    X    X     <sup>15</sup>

Area de la parcela:     <sup>16</sup>, Unidad: 1= m<sup>2</sup>, 2= m

Número de lote de semilla:                      <sup>18</sup>

Pendiente media en porcentaje:     <sup>17</sup>

Código del aspecto de la parcela:  <sup>21</sup>  
 0= no hay información, 1= norte, 2= este, 3= sur, 4= oeste, 5= llano

Código del viento:  <sup>22</sup>  
 0= no hay información,  
 1= poco viento (no afecta crecimiento),  
 2= moderado (afecta poco el crecimiento)  
 3= muy ventoso (restrinje el crecimiento)

Código de inundación:  <sup>23</sup>  
 0= no hay información, 1= nunca, 2= raro (< 1 mes/año)  
 3= ocasional (1 a 3 meses/año), 4= frecuentes (> 3 meses/años)

Código del drenaje externo: 1= libre, 2= impedido  <sup>24</sup>

Código de erosión:  <sup>25</sup>  
 0= no hay información 1= ninguna, 2= moderado,  
 3= severo, 4= muy severo

Código de pedregosidad superficial:  <sup>26</sup>  
 0= no hay información, 1= poco (1-10%),  
 2= medio (10-30%), 3= alto (>30%)





**CARACTERÍSTICAS DEL SUELO POR PARCELA**  
 (Datos tomados en el campo)

Código del país:   <sup>1</sup>

Código de experimento:     <sup>2</sup>

Código de proyecto o unidad:  <sup>3</sup>  
 (una letra ej. L= Proyecto Leña-Madeleña)

Código del factor uno:     <sup>4</sup>      Número del nivel:   <sup>5</sup>

Código del factor dos:     <sup>6</sup>      Número del nivel:   <sup>7</sup>

Código del factor tres:     <sup>8</sup>      Número del nivel:   <sup>9</sup>

Número de la repetición:   <sup>10</sup>

Código de tratamiento:           <sup>11</sup>

Número de parcela en la base de datos:           <sup>12</sup>  
 (uso interno)

Número de perfil del suelo relacionado con esta parcela:     <sup>13</sup>

Código de textura del primer horizonte:  
 01= arena, 02= arena franca, 03= franco arenoso,  
 04= franco arenoso fino, 05= franco arenoso muy fino,  
 06= franco, 07= franco limoso, 08= franco arcilloso,  
 09= franco arcillo arenoso, 10= franco arcillo limoso,  
 11= arcilla arenosa, 12= arcilla limosa, 13= arcilla <sup>14</sup>

Profundidad efectiva del suelo en cm (máximo 1 metro):     <sup>15</sup>

Código de compactación de la capa superior del suelo:  <sup>16</sup>  
 0= no hay información,  
 1= poco compactado o mínimo (sin restricción al crecimiento)  
 2= medianamente compactado (restringe moderadamente al crecimiento)  
 3= muy compactado (restringe fuertemente el crecimiento)

Compactación con penetrometro (kg/cm<sup>2</sup>):         <sup>17</sup>

Presencia de capa dura o capa de piedra:  <sup>18</sup>  
 0= no hay información, 1= no, 2= si

Profundidad de la capa dura (cm):         <sup>19</sup>

Nombre de la capa: \_\_\_\_\_ <sup>20</sup>

Código de pedregosidad superficial:  <sup>21</sup>  
 0= no hay información, 1= poca (1-10%),  
 2= media (10-30%), 3= alta (>30%)

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO POR PARCELA  
 (Datos tomados con barreno o pala)

Código de drenaje interno:  22  
 0= no hay información, 1= libre, 2= moderado, 3= impedido

Presencia de la capa freática:  23  
 0= no hay información,  
 1= no existe capa hasta 1 metro de profundidad,  
 2= existe capa

Profundidad de la capa freática (cm):    24



DESCRIPCION DEL SITIO

Código del país:

Número de sitio:

Nombre del sitio: \_\_\_\_\_

Nombre del dueño: \_\_\_\_\_

Clasificación del Jueño:  
 0=no hay información, 1=individual, 2= terreno comunal, 3=grupo  
 organizado, 4=industria estatal, 5=instituto o agencia estatal   
 6=industria privada, 7=instituto o agencia privada, 8= otro

Dirección y distancia en km del sitio al pueblo (caserio) mas cercano: \_\_\_\_\_

Localización del sitio (distrito, cantón, provincia, estado): \_\_\_\_\_

Zona de vida (sistema Holdrige):

Latitud en grados:   , Minutos:   Norte= N, Sur = S:

Longitud en grados:    , Minutos:   Este= E, Oeste= O:

Tipo de suelo según mapa edáfico: \_\_\_\_\_

Fuente de información: \_\_\_\_\_

Elevación en (msnm):

Código de paisaje:  
 0= no hay información 1 = ciénaga o pantano,   
 2 = llanura de inundación, 3 = plano, 4 = ondulado,  
 5 = con colinas, 6 = con colinas fragmentadas,  
 7 = fuertemente escarpado, 8 = montañoso

Código de fuego:  
 0= no hay información, 1= nunca, 2= raro (< 1 por año),  
 3= anuales (1 por año), 4= frecuentes (varias veces por años)

Código de la estación meteorológica para precipitación:

Código de la estación meteorológica para temperatura:

DESCRIPCION DEL SITIO

Distancia del sitio a la estación meteorológica representativa más cercana en km x 10:

--	--	--

Diferencia de elevación (elevación en metros de la estación meteorológica menos la elevación del sitio):

--	--	--

Signo de la diferencia (+ o -):

Frecuencia de heladas:

- 0= no hay información,
- 1= nunca. 2= raro (al menos una vez al año),
- 3= común (varias veces por año)

DESCRIPCION DE PERFIL DEL SUELO

Código de país:  <sup>1</sup>

Número del sitio dentro del país:  <sup>2</sup>

Nombre del laboratorio: \_\_\_\_\_ <sup>3</sup>

Fecha de muestreo del perfil del suelo (día-mes-año):    <sup>4</sup>

Número del perfil (número serial por país)  <sup>5</sup>

Código del perfil:  <sup>6</sup>

Localización del perfil: \_\_\_\_\_ <sup>7</sup>

---

Tipo de muestreo: 0= no hay información, 1= por horizonte,  <sup>8</sup>  
 2= por profundidad fija

Fecha del análisis de suelo (mes-año):   <sup>9</sup>

Documento de referencia de perfil del suelo: \_\_\_\_\_ <sup>10</sup>

---

Clasificación basada en la Taxonomía de suelos (orden, suborden, gran. grupo, subgrupo, y familia): \_\_\_\_\_ <sup>11</sup>

---

Drenaje interno:  <sup>12</sup>  
 0= no hay información, 1= libre, 2= moderado, 3= impedido

Fisiografía (relieve, topografía): \_\_\_\_\_ <sup>13</sup>

Tipo de erosión: \_\_\_\_\_ <sup>14</sup>

Pedregosidad: \_\_\_\_\_ <sup>15</sup>

Material madre (parental): \_\_\_\_\_ <sup>16</sup>

Existencia capa freática:  <sup>17</sup>  
 0= no hay información, 1= no existe capa hasta 1 metro de profundidad, 2= existe capa

Profundidad de la capa Freatica (cm):  <sup>18</sup>

Pendiente promedio(%):  <sup>19</sup>

Elevación (msnm):  <sup>20</sup>

Latitud en grados: , Minutos:  Norte= N, Sur = S:  <sup>21</sup>

Longitud en grados: , Minutos:  Este= E, Oeste= O:  <sup>22</sup>

CARACTERISTICAS DEL SUELO POR HORIZONTE

Código de país: <sup>1</sup>

Número del perfil (número serial por país): <sup>2</sup>

Número de laboratorio de la muestra: <sup>3</sup>

Número serial del horizonte dentro del perfil del suelo: <sup>4</sup>

Código de horizonte del suelo: <sup>5</sup>

Profundidad superior en (cm): <sup>6</sup>

Profundidad inferior en (cm): <sup>7</sup>

Código de clase de estructura (clasificación de la FAO): <sup>8</sup>

Color Munsell (de suelo fresco):  /  / <sup>9</sup>

Arena (%): <sup>10</sup>

Limo (%): <sup>11</sup>

Arcilla (%): <sup>12</sup>

Código clase de textura: <sup>13</sup>

pH: <sup>14</sup>

Código de pH: 1= agua, 2= KCL <sup>15</sup>

Calcio extraible en (ml) por 100 ml de suelo: <sup>16</sup>

Magnesio extraible en (ml) por 100 ml de suelo: <sup>17</sup>

Potasio extraible en (ml) por 100 ml de suelo: <sup>18</sup>

Carbón (%): <sup>19</sup>

Nitrogeno (%): <sup>20</sup>

Sodio (meq) por 100 gramos de suelo: <sup>21</sup>

Aluminio (meq) por 100 gramos de suelo: <sup>22</sup>

Fósforo disponible ug/ml de suelo: <sup>23</sup>

Zinc en (ug/ml): <sup>24</sup>

Manganeso (ug/ml): <sup>25</sup>

CARACTERISTICAS DEL SUELO POR HORIZONTE

Hierro (ug/ml):  26

Cobre (ug/ml):  27

Sulfuro (ug/ml):  28

Boro (ug/ml):  29

Intercambio de calcio (meq) por 100 gramos de suelo:  30

Intercambio de magnesio (meq) por 100 gramos de suelo:  31

Intercambio de potasio (meq) por 100 gramos de suelo:  32

Intercambio de cationes (meq) por 100 gramos de suelo:  33

Material organico (%):  34

Saturación de base (%):  35

Retención de humedad en 0.3 bars:  36

Retención de humedad en 15 bars:  37

Número de documento de referencia:  38

Nombre del documento de referencia: \_\_\_\_\_ 39

---

Otra descripción de suelo: 0= no hay información, 1= no, 2= si  40

INFORMACION METEOROLOGICA

Código de país   <sup>1</sup>

Número de la estación meteorológica         <sup>2</sup>

Nombre de la estación: \_\_\_\_\_ <sup>3</sup>

Localización ( distrito, cantón, provincia, país): \_\_\_\_\_ <sup>4</sup>

Latitud en grados    <sup>5</sup>

Latitud en minutos    <sup>6</sup>

Posición de la latitud: N= norte, S= sur  <sup>7</sup>

Longitud en grados    <sup>8</sup>

Longitud en minutos    <sup>9</sup>

Posición de la longitud: E= este, O= oeste  <sup>10</sup>

Altitud en (msnm)       <sup>11</sup>

Zona de vida (clasificación Holdridge)       <sup>12</sup>

Primer año de observaciones para precipitación      <sup>13</sup>

Ultimo año de observaciones para precipitación      <sup>14</sup>

Promedio mensual de precipitación:

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic

<sup>15</sup>

Promedio anual de precipitación (mm)     <sup>16</sup>

Precipitación máxima registrada en el primer año (mm)     <sup>17</sup>

Precipitación mínima registrada en el primer año (mm)     <sup>18</sup>

Primer año de observación para temperatura      <sup>19</sup>

Ultimo año de observación para temperatura      <sup>20</sup>

Promedio mensual de temperatura en grados centígrados X 10:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

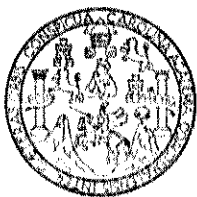
<sup>21</sup>

Promedio anual de temperatura      <sup>22</sup>

Temperatura máxima      <sup>23</sup>

temperatura minima      <sup>24</sup>

Ultimo año      <sup>25</sup>



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

Ref. Sem. 046.95


LA TESIS TITULADA: "INDICES DE SITIO Y DESARROLLO DE UN MODELO PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA Pinus occarpa Schiede EN LAS FINCAS SANTA ROSALIA, GUALAN, ZACAPA Y SALAMA I, SALAMA, BAJA VERAPAZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ALFREDO ITZEP MANUEL

CARNET No.: 8614712

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Rolando Lara  
Ing. Agr. Mauricio Sitún  
Ing. Agr. Edwin Cano  
Ing. Agr. Luis Ortiz

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
Ing. Agr. Oscar Núñez Saravia  
A S E S O R

Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte  
DIRECCIÓN DEL IIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS



I M P R I M A S E

  
Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
D E C A N O



c.c. Control Académico  
Archivo

FRB/kder

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770