

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

**ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES
DE PINO (*Pinus spp*) EN COBÁN, ALTA VERAPAZ**

TESIS

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

POR

GERARDO PAIZ SCHWARTZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, febrero de 1,998

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR:

Dr. JAFET ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

| | |
|----------------------|---|
| DECANO | Ing.Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO |
| VOCAL PRIMERO | Ing.Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT |
| VOCAL SEGUNDO | Ing.Agr. WILIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ |
| VOCAL TERCERO | Ing.Agr. ALEJANDRO A. HERNANDEZ FIGUEROA |
| VOCAL CUARTO | Br. ESTUARDO ENRIQUE LIRA PRERA |
| VOCAL QUINTO | P.A. EDGAR DANILO JUAREZ QUIM |
| SECRETARIO | Ing.Agr. GUILLERMO E. MENDEZ BETETA |

Guatemala, febrero de 1,998

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

Señores:

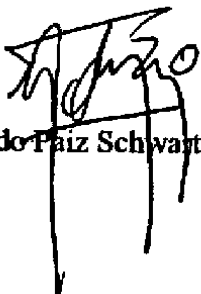
De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DE PINO

(Pinus spp) EN COBÁN, ALTA VERAPAZ

Investigación presentada como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente;



Gerardo Faiz Schwartz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado el tiempo y todas las condiciones necesarias para llevar hasta el final este trabajo; así como al apoyo de mis Padres, hermanas y demás familia; este trabajo no hubiera sido posible sin la correcta orientación de mis Asesores Ing. Agr.Msc. Edwin Cano e Ing.Agr. Msc. Mario Alberto Méndez a quienes les agradezco profundamente su apoyo y deseo que sigan cosechando éxitos a lo largo de su vida.

También agradezco a la Empresa Reforestadora Industrial- REFINSA- por haberme apoyado en parte de este trabajo; especialmente al Ing.Agr. Manuel Del Valle; a la Fundación Defensores de la Naturaleza quien apoyó logísticamente gran parte de este estudio, en especial a el Ing.Agr.Msc. Oscar Núñez y mis ex-compañeros de trabajo Israel Albizures, Juan Carlos Méndez, Jenny Vides y Velia de Herrera; a mi tío Ing. Agr. Juan José Del Cármen quien me proporcionó el equipo de computación incondicionalmente; a la Familia Méndez Del Cid, quienes me proporcionaron un sitio de inspiración para mi trabajo.

Otro grán agradecimiento a la oficina de la Organización de los Estados Americanos -OEA/SEGEPLAN; en especial a Lorena de Valdéz y Fernando Fuentes; así como al Programa de Desminado/OEA y a todo el personal de campo que participó en este estudio y a las innumerables personas que me brindaron su apoyo moral durante la ejecución de la tesis.

ACTO QUE DEDICO A:

Al creador de la Naturaleza

En su perfecta sabiduría me ha llevado por este camino como guardián de su riqueza.

mis Padres

Julio Gerardo Paiz é Ileana Schwartz de Paiz; como lid del esfuerzo hecho por ellos para este hijo a lo largo de una vida.

mis hermanas

Anaité, Anabella y Guisella

mis sobrinos

Tania, Bryan, María y Francisco

mi novia

Victoria; con mucho amor

mi familia

Por el apoyo que siempre me han brindado

CONTENIDO GENERAL

| <u>CONTENIDO</u> | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| CONTENIDO | i |
| INDICE DE CUADROS | iii |
| RESUMEN | viii |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 3.1 MARCO CONCEPTUAL | 4 |
| 3.1.1 Crecimiento y rendimiento..... | 4 |
| 3.1.2 Factor de forma..... | 6 |
| 3.1.3 Crecimiento de árboles individuales..... | 6 |
| 3.1.4 Crecimiento de masas forestales..... | 7 |
| 3.1.5 Metodología para la predicción del crecimiento y rendimiento..... | 7 |
| 3.1.6 Interrelaciones entre variables alométricas..... | 9 |
| 3.1.7 Tablas de volumen..... | 9 |
| 3.1.8 Tablas de volumen por métodos gráficos..... | 10 |
| 3.1.9 Tablas de volumen por métodos matemáticos..... | 10 |
| 3.1.10 Diferencias entre el método matemático y gráfico..... | 10 |
| 3.2 MARCO REFERENCIAL | 11 |
| 3.2.1 Localización geográfica..... | 11 |
| 3.2.2 Régimen de propiedad..... | 11 |
| 3.2.3 Extensión y límites..... | 12 |
| 3.2.4 Vías de acceso e infraestructura..... | 12 |
| 3.2.5 Sectorización..... | 14 |
| 3.2.6 Zona de Vida..... | 14 |
| 3.2.7 Topografía..... | 14 |
| 3.2.8 Climatología..... | 19 |
| 3.2.9 Hidrografía..... | 20 |
| 3.2.10 Fisiografía..... | 20 |
| 3.2.11 Geología y Suelos..... | 21 |
| 3.2.12 Capacidad Productiva de la Tierra..... | 22 |
| 3.2.13 Descripción de las especies en estudio..... | 22 |
| A) <i>Pinus caribaea</i> Morelet..... | 22 |
| B) <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore sinonimo de <i>P. Temuifolia</i> Benth..... | 23 |
| C) <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martinez..... | 25 |

| | |
|---|-----------|
| | ii |
| 4. OBJETIVOS..... | 27 |
| 5. METODOLOGÍA..... | 28 |
| 5.1 Selección de área de muestreo y árboles muestra..... | 28 |
| 5.2 Análisis fustal..... | 29 |
| 5.3 Análisis de la edad..... | 30 |
| 5.4 Determinación de crecimiento e incremento..... | 30 |
| 5.5 Análisis del diámetro..... | 32 |
| 5.6 Análisis volumétrico..... | 32 |
| 5.7 Determinación de los factores de forma y corteza para árboles..... | 33 |
| 5.8 Relaciones de crecimiento e incremento en altura, diámetro y volumen..... | 34 |
| 5.9 Tablas de volumen..... | 35 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSION..... | 36 |
| 6.1 Crecimiento en diametro, altura y volumen..... | 36 |
| 6.2 Incremento en diámetro, altura y volumen..... | 41 |
| 6.2 Coeficientemorfico y de corteza..... | 53 |
| 6.3 Relación entre variables alometricas..... | 54 |
| 6.4 Tablas de Volumen..... | 55 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 60 |
| 8. RECOMENDACIONES..... | 61 |
| 9, BIBLIOGRAFIA..... | 62 |
| 10. APENDICE..... | 65 |

ÍNDICE DE CUADROS

| <u>CONTENIDO</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| Cuadro 1. Crecimiento en altura, diámetro y volumen a lo largo de la vida de un árbol..... | 6 |
| Cuadro 2. Coordenadas geográficas del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 11 |
| Cuadro 3. Relación entre altura y edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 36 |
| Cuadro 4. Relación entre el diámetro y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 39 |
| Cuadro 5. Relación entre el volumen y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 40 |
| Cuadro 6. Relación entre el incremento corriente anual (ICA) en diámetro y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 42 |
| Cuadro 7. Relación entre el incremento medio anual (IMA) en diámetro y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 43 |
| Cuadro 8. Relación entre el incremento corriente anual (ICA) en altura y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 47 |
| Cuadro 9. Relación entre el incremento medio anual (IMA) en altura y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 48 |
| Cuadro 10. Relación entre el incremento corriente anual (ICA) en volumen y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 49 |
| Cuadro 11. Relación entre el incremento medio anual (IMA) en volumen y la edad de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 51 |
| Cuadro 12. Coeficiente Mórfito y de Corteza de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 54 |
| Cuadro 13. Relación entre variables alométricas de las especies de <i>Pinus</i> estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 55 |
| Cuadro 14. Tabla de volumen para <i>Pinus caribaea</i> Morelet en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 57 |
| Cuadro 15. Tabla de volumen para <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 58 |

CONTENIDO**Página**

| | |
|--|----|
| Cuadro 16. Tabla de volumen para <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 59 |
| Cuadro 17a. Formulario para la toma de datos de anillos de análisis fustal en el Proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 66 |
| Cuadro 18a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase I del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 67 |
| Cuadro 19a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase II del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 67 |
| Cuadro 20a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase IV del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 67 |
| Cuadro 21a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VI del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 68 |
| Cuadro 22a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VI-A del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 68 |
| Cuadro 23a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VII del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 68 |
| Cuadro 24a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VIII del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 69 |
| Cuadro 25a. Estratificación forestal y no forestal en la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 70 |
| Cuadro 26a. Frecuencia, Área Basal y Volumen total por hectárea y clase diamétrica del estrato de <i>Pinus caribaea</i> Morelet, en la finca Saquichaj, Cobán, A.V..... | 71 |
| Cuadro 27a. Frecuencia, Área Basal y Volumen total por hectárea y clase diamétrica del estrato de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore, en la finca Saquichaj, Cobán, A.V..... | 71 |
| Cuadro 28a. Frecuencia, Área Basal y Volumen total por hectárea y clase diamétrica del estrato de <i>Cupressus lusitanica</i> Miller, en la finca Saquichaj, Cobán, A.V..... | 72 |
| Cuadro 29a. Resumen de las dimensiones de los árboles de <i>Pinus caribaea</i> Morelet muestreados en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 73 |
| Cuadro 30a. Resumen de las dimensiones de los árboles de <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez muestreados en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 73 |
| Cuadro 31a. Resumen de las dimensiones de los árboles de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore muestreados en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| <u>CONTENIDO</u> | <u>Página</u> |
|--|----------------------|
| Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán. Alta Verapaz..... | 13 |
| Figura 2. Límites del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 15 |
| Figura 3. Vías de acceso al proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán. Alta Verapaz..... | 16 |
| Figura 4. Sectorización del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán. Alta Verapaz..... | 17 |
| Figura 5. Mapa hipsométrico del Proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán. Alta Verapaz..... | 18 |
| Figura 5. Climatograma de la zona de vida de bosque subtropical templado del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 19 |
| Figura 6. Climatograma de la zona de vida de bosque subtropical templado del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 20 |
| Figura 7. Comportamiento de la altura con respecto a la edad de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 37 |
| Figura 8. Comportamiento del diámetro con respecto a la edad de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 40 |
| Figura 9. Comportamiento del volumen con respecto a la edad de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 41 |
| Figura 10. Comportamiento del Incremento Corriente Anual (ICA) en diámetro de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 43 |
| Figura 11. Comportamiento del Incremento Medio Anual (IMA) en diámetro de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 44 |
| Figura 12. Comportamiento del Incremento Corriente Anual (ICA) en Altura de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 46 |

CONTENIDO**Página**

| | |
|---|----|
| Figura 13. Comportamiento del Incremento Medio Anual (IMA) en Altura de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 47 |
| Figura 14. Comportamiento del Incremento Corriente Anual (ICA) en Volumen de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 49 |
| Figura 15. Comportamiento del Incremento Medio Anual (IMA) en Volumen de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 50 |
| Figura 16. Distribución de los diámetros de <i>Pinus caribaea</i> Morelet (PC); <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore (PM) y <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 53 |
| Figura 17. Gráfico fustal de <i>Pinus caribaea</i> Morelet en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 76 |
| Figura 18. Gráfico fustal de <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz | 77 |
| Figura 19. Gráfico fustal de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz..... | 78 |

**ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DE PINO (*Pinus* spp)
EN COBÁN, ALTA VERAPAZ**

**STUDY OF THE GROWTH OF THREE SPECIES OF PINE (*Pinus* spp)
IN COBÁN, ALTA VERAPAZ**

RESUMEN

El presente trabajo contiene el estudio de crecimiento de las plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus caribaea* Morelet y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez que se encuentran en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. La finca se encuentra localizada dentro de las coordenadas 15°31' a 15°35' Latitud Norte y 90°23' a 90°27' Longitud Oeste; tiene una extensión total de 1,897 hectáreas (42.34 caballerías) de las cuales 1,449 hectáreas (32.34 caballerías) se encuentran plantadas con árboles de los géneros *Pinus* y *Cupressus*; las restantes 448 hectáreas (10 caballerías) se encuentran cubiertas de bosque natural. La altitud máxima es de 1,500 msnm al Sur y la mínima de 560 msnm al Norte.

Con esta investigación se estudió el crecimiento de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez y *Pinus caribaea* Morelet bajo condiciones de plantación pura en el área de Cobán, Alta Verapaz; el estudio se realizó cuando la plantación tenía una edad de 18 años y los tratamientos silvícolas que se les aplicaron fueron mínimos, consistiendo estos en chapeos para la liberación de lianas.

El estudio se realizó en rodales puros de cada especie; la metodología utilizada fue el análisis fustal por tumba de árboles. Se determinó el incremento medio anual (IMA) y el incremento corriente anual (ICA) en diámetro, altura y volumen en la plantación.

Se determinaron los coeficientes mórficos (f) y de corteza (k) de las especies presentes en la plantación, los que fueron para *Pinus maximinoi* H.E. Moore un $f=0.5992$ y $k=0.8298$; *P. strobus* L. var. *chiapensis* Martínez $f=0.4969$ y $k=0.9376$; *P. caribaea* Morelet $f=0.5166$ y $k=0.9736$.

Se determinó la relación que existe entre las variables alométricas (diámetro, altura y volumen) en la plantación representada por medio de modelos matemáticos, de los que el modelo cuadrático obtuvo la mayor correlación.

Se generaron tablas de volumen para las especies que se encuentran incluidas en la plantación, las que fueron elaboradas para volúmenes de árboles con corteza.

De las tres especies estudiadas se determinó que la que ha crecido mejor es *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez, seguida por *Pinus caribaea* Morelet y finalmente por *Pinus maximinoi* H.E. Moore.

1. INTRODUCCION

La mayoría de tierras Guatemaltecas son de vocación forestal por sus características edáficas y topográficas; estas tierras no han sido utilizadas de acuerdo a su capacidad de uso por diversos factores entre los que se pueden mencionar la falta de incentivos para el manejo forestal, el régimen de propiedad de la tierra y el desconocimiento de la mayoría de los guatemaltecos en las técnicas y características de crecimiento de las especies forestales del país. (5)

En muchas áreas, la explotación forestal se ha realizado similar a la explotación minera, es decir, solamente se ha extraído el recurso, en ningún momento se le ha proporcionado un manejo y en otros casos que son de mayor daño para el recurso forestal; el bosque es destruido transformándolo en campos de cultivo agrícola y pecuario en áreas que debido a las características naturales topográficas y edáficas no son aptas para estas prácticas.

También es poca la información disponible sobre el crecimiento de las especies del género *Pinus* en diferentes sitios de la república; en algunos casos se ve la necesidad de adaptar la información de una especie a otra como el caso de *Pinus tecunumani* que sus dimensiones son estimadas de acuerdo a ecuaciones generadas para *Pinus oocarpa* y esto produce la subestimación o sobreestimación de las variables alométricas, haciendo dificultosa la predicción de tratamientos silvícolas, las edades a que estos pueden ser aplicados y la estimación de volúmenes en los inventarios forestales.

La mayoría de estudios que tratan sobre crecimiento y rendimiento han sido realizados en bosques naturales y pocos en plantaciones; por lo que es importante desarrollar más investigación en el cultivo de los bosques en Guatemala y así proveer de las herramientas necesarias a los silvicultores nacionales para el manejo forestal sostenido, debido a que el manejo de plantaciones puede ser más rentable que el del bosque natural.

El presente estudio tiene como objetivo conocer el crecimiento de dos especies de Pino introducidas al Noroeste de Cobán, Alta Verapaz (*Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez y *Pinus caribaea* Morelet) y una especie nativa (*Pinus maximinoi* H.E Moore), las cuales han crecido bajo condiciones de plantación pura de cada especie en las que hasta el momento del estudio no se habían realizado practicas silviculturales para el mejoramiento de la masa forestal y fueron plantadas durante el periodo 1,977 a 1,980 en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz que se ubica dentro de las coordenadas geográficas 15°34'24" a 15°35'42" Latitud Norte y 90°23'33" a 90°27'34" Longitud Oeste a una altitud media de 1,030 msnm en la zona de vida de bosque muy húmedo subtropical templado. (10, 6)

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Guatemala es un país que debido a su fisiografía posee en su mayoría tierras de vocación forestal; esto debido a las formaciones montañosas que se distribuyen de Este a Oeste en la parte central de la república y los depósitos de suelos calcáreos que se distribuyen en la parte Norte del país; principalmente en Petén; Alta Verapáz, Izabál, Quiché y Huehuetenango.

Las tierras de vocación agrícola quedan restringidas a la planicie costera del pacífico; los valles del Río Motagua, Polochic y pequeñas mesetas que se forman en el altiplano central. Debido al desconocimiento de las características de crecimiento de las especies forestales Guatemaltecas, estas no han sido utilizadas con fines comerciales bajo manejo ya que tierras de vocación forestal han sido deforestadas y posteriormente utilizadas con fines agrícolas; desperdiciando de esta manera la capacidad de uso del suelo.

De los pocos estudios que se han generado sobre crecimiento de especies forestales, la mayoría se ha concentrado a especies coníferas bajo condiciones de crecimiento en bosque natural, no siendo así el crecimiento bajo condiciones de plantación. Se espera que el crecimiento bajo condiciones de plantación sea mayor que bajo condiciones de bosque natural, siempre y cuando se utilicen especies nativas del área. (5, 8, 24)

3. MARCO TEÓRICO:

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Crecimiento y rendimiento:

Crecimiento se refiere al incremento del árbol o masa forestal observado, en los parámetros de medición como lo es el diámetro y la altura íntegramente (aumento general en peso y volumen). (1,18)

Rendimiento es el volumen de los árboles de una cosecha o el volumen de los árboles de un grupo particular de especies por unidad de superficie. (1,18)

El crecimiento se puede entender a nivel de un solo árbol o bien a nivel de un solo rodal. Del mismo modo puede ser enfocado básicamente bajo aspectos fisiológicos. (18)

Las medidas utilizadas para expresar el crecimiento es el incremento, este significa el crecimiento de un árbol o masa forestal en un período. Algunas variaciones de esta modalidad son el incremento corriente anual (ICA), el incremento periódico (IP), el incremento total, incremento anual (incremento corriente), incremento medio anual (IMA) (incremento medio) (2). Estos incrementos se consideran como crecimiento absoluto. (2)

El crecimiento relativo consiste en la determinación del crecimiento absoluto en determinada etapa o período del desarrollo general de la masa forestal o del árbol individual. Generalmente se presentan

como la relación entre el crecimiento anual y el valor de la magnitud que procede al comienzo del año en que el crecimiento se produce. (1,18)

Los principales métodos para calcular el crecimiento se clasifican en tres grupos:

a. Método del incremento absoluto:

Se utiliza el incremento en diámetro observado en el incremento total del árbol. (24)

b. Método del incremento porcentual:

Se basa en tablas de crecimiento promedio de doble entrada (diámetro promedio, número de anillos en X centímetros), presentando los resultados en porcentaje del incremento de área basal.

Las fórmulas de A. Schaffer, de Seider, de L. Schaeffer representan este método (18).

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

Se basa en la dinámica de crecimiento del árbol. Abarca el método general del tiempo de paso (basado en la medición del incremento en diámetro, por medio del cuál se calculará el porcentaje de árboles que pasan de una categoría diamétrica a otra) y el método de Ken Neth Davis (basado en la elaboración de gráficas) (22).

Para obtener datos confiables de crecimiento y rendimiento, es necesario llevar registros permanentes de los bosques o del apeo de los árboles para realizar cuidadosamente el análisis epidométrico.

3.1.2 Factor de forma:

Es el volumen de madera real de un árbol con respecto al de un cilindro de iguales dimensiones del árbol; este factor es adimensional y representa un descuento de madera a la ecuación de volumen del cilindro que se utiliza para cubicar árboles en pie. La principal limitante de la utilización del factor de forma es que varía con su edad (18).

3.1.3 Crecimiento de árboles individuales:

En un árbol la rapidez de crecimiento depende de una serie de factores no siempre fáciles de reconocer. En primer lugar, el sitio y la fertilidad del suelo, el clima y sus variaciones, luego la edad (los árboles viejos casi no crecen), los factores genéticos (especies, razas) y finalmente la competencia con otras planta (principalmente otros árboles) (26).

Los tres elementos de crecimiento (altura, diámetro y volumen) no tienen ritmo paralelo a lo largo de la vida del árbol sino que varía dependiendo de su etapa fenológica como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Crecimiento en altura, diámetro y volumen a lo largo de la vida de un árbol.

| Período del árbol | Altura | Diámetro | Volumen |
|-------------------|------------|-----------|---------|
| muy joven | muy rápida | lento | ninguno |
| joven | rápido | rápido | rápido |
| maduro | lento | regular | rápido |
| viejo | ninguno | muy lento | lento |

El crecimiento en volumen del árbol, alcanza su máximo en la edad mediana, lo cual puede ser diferente de una especie a otra. En la ordenación forestal el conocimiento del período de máximo crecimiento

volumétrico reviste gran importancia para su debido aprovechamiento. También es importante reconocer la edad en la cual los árboles de una especie llegan al estancamiento en su crecimiento. (26)

3.1.4 Crecimiento de masas forestales:

En principio, el crecimiento de una masa forestal es la suma del crecimiento de todos los árboles que componen dicha masa. En un inventario forestal se sigue este principio. (26)

El crecimiento total dentro de un rodal puede expresarse en muchas formas que dependen específicamente de la ordenación forestal; entre estas formas se encuentra el rendimiento total a lo largo de la rotación, incremento medio anual, incremento periódico anual, crecimiento bruto y el crecimiento neto. (6)

El crecimiento de los rodales se ve afectado por el estado de desarrollo de la comunidad, la edad, la calidad de sitio, las especies, la densidad, el área basal, y los tratamientos silvícolas. (6)

El desarrollo de un rodal está en función de su adaptación a la calidad del sitio; a medida que aumenta la calidad alcanza un estadio particular de desarrollo a una edad mas corta.

3.1.5 Metodología para la predicción del crecimiento y rendimiento:

Existen cuatro pasos que se pueden seguir para predecir el crecimiento y rendimiento; estos pasos son:

a. Estimación de crecimiento y rendimiento:

Existen métodos directos e indirectos. Los primeros se basan en la comparación entre dos inventarios sucesivos o inventarios continuos (parcelas permanentes de muestreo). Este método puede modificarse trabajando sobre parcelas pequeñas y extendiendo los resultados a unidad de área. En síntesis, necesitan las mediciones repetidas del crecimiento de los árboles tipo o de parcelas de muestreo dentro del cuartel. (26)

Los métodos indirectos consisten en calcular el crecimiento por medio de la tasa de crecimiento (Porcentaje de crecimiento). Están basados en fórmulas empíricas como la de Schneider, Wahlenberg, Boggreve y la de Presler. (26)

b. Construcción de un modelo matemático:

Un modelo matemático consiste en un conjunto de ecuaciones o gráficas que muestran relaciones cuantitativas entre variables. El procedimiento puede ser estadístico (regresión) o subjetivo (método gráfico).

c. Prueba del modelo para su validación:

Un modelo ya construido debe ser probado para determinar su validez. Es preferible hacerlo con un conjunto de datos que no hallan sido utilizados para ajustar el modelo; esto con el objetivo de comparar la diferencia entre los valores reales y los valores estimados a partir del modelo.

d. Aplicación del modelo para el uso final requerido:

Puede aplicarse como una simple tabla o gráfica, como programa para el computador para que él pueda producir una tabla o gráfica de crecimiento y rendimiento y como un programa de computación en forma de subrutina, contenido en un programa generado de planificación forestal. (21)

3.1.6 Interrelaciones entre variables alométricas:

Es la relación que guardan entre si las diferentes dimensiones de un árbol como el diámetro con la altura o la edad con el diámetro. A partir de estas interacciones se pueden hacer estimaciones de una variable a otra; estas interacciones se pueden expresar gráficamente, matemáticamente o gráfica y matemáticamente a la vez (21).

3.1.7 Tablas de volumen:

Estas tablas se constituyen con el fin de cubicar los árboles en base a las medidas que se toman en el terreno, puede ser el diámetro solamente, el diámetro y la altura, el diámetro, la altura y algún factor diámetro, etc. (21).

Las tablas de volumen que se hacen para cubicar árboles en base a su diámetro se llaman "Tablas de volumen local" o "Tablas de una sola entrada" o "Tarifas" (21). Las tablas para cubicar en base a diámetro y altura se denominan "Tablas de doble entrada" o "Tablas standard" (21). Los métodos principales para construir tablas de volumen son el gráfico y el matemático. (21).

3.1.8 Tablas de volumen por métodos gráficos:

Estas tablas se elaboran en base de la relación entre variables. El método consiste en que a partir de datos obtenidos de árboles tumbados se grafiquen las variables de diámetro y altura en un eje de coordenadas X,Y y se trace una línea de tendencia; finalmente los valores de las variables se leen a lo largo de dicha línea (21).

3.1.9 Tablas de volumen por métodos matemáticos:

En estos métodos se calculan los valores de los coeficientes de las líneas de tendencia que definen la ecuación (21). Para la búsqueda de los valores de las constantes de las fórmulas, siempre se parte de los valores de las variables tomadas en el campo(muestra); en otras palabras, siempre se debe cubicar cierto número de árboles y tomar otros datos de las variables en el campo (21).

Una vez encontrados los valores buscados, se reconstruye la ecuación con los valores numéricos de las constantes y se elabora la tabla dando distintos valores a las variables independientes (21).

3.1.10 Diferencias entre el método matemático y gráfico:

El método matemático es un método donde se necesita mayor precisión en los resultados ya que el resultado de la utilización de los modelos nos reduce el error de apreciación, mientras que el método gráfico incurre en este error, el que se va acumulando de acuerdo a la frecuencia de utilización de las gráficas.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización geográfica:

El proyecto de reforestación Saquichaj se encuentra localizado en el Departamento de Cobán, Alta Verapaz, entre las coordenadas 15°31' y 15°34' Latitud Norte y 90°23' y 90°27' Longitud Oeste. Las coordenadas del polígono de la finca presentan en el Cuadro 2 y Figura 1. (16)

Cuadro 2. Coordenadas geográficas del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Punto | Latitud Norte | Longitud Oeste | Altitud (metros) |
|-------|---------------|----------------|------------------|
| 1 | 15°34'58.37" | 90°25'28.49" | 600 |
| 2 | 15°33'45.00" | 90°25'28.49" | 940 |
| 3 | 15°33'38.48" | 90°25'33.52" | 900 |
| 4 | 15°33'27.07" | 90°26'30.50" | 950 |
| 5 | 15°33'22.17" | 90°27'34.19" | 940 |
| 6 | 15°32'21.85" | 90°23'33.69" | 1,080 |
| 7 | 15°31'24.78" | 90°23'33.69" | 1,420 |
| 8 | 15°32'02.07" | 90°24'18.10" | 1,020 |
| 9 | 15°32'22.09" | 90°24'28.16" | 1,200 |
| 10 | 15°33'18.91" | 90°23'42.91" | 1,040 |
| 11 | 14°34'02.93" | 90°24'51.62" | 800 |
| 12 | 15°35'17.93" | 90°25'08.98" | 580 |
| 13 | 15°35'42.39" | 90°24'43.24" | 560 |

3.2.2 Régimen de propiedad:

La finca denominada Chirrita y conocida como Saquichaj es propiedad de la Reforestadora Industrial Sociedad Anónima (REFINSA), inscrita bajo el número 3 folio 4 del libro 12 del

registro de la propiedad.

3.2.3 Extensión y límites:

La extensión de la finca es 1,897 hectáreas, 8 áreas, 35.88 centiáreas, según plano elaborado por el Ingeniero Carlos Carrillo Durán en el año 1,979.

Los límites y colindancias de la finca son: al Norte la finca colinda con Finca Inopal; al Sur con Finca Raxmox; al Este con Finca Chitute, Finca Coxna, Finca Cancal, Finca Icmaja Sebas, Finca Prubahub, Finca Choval, Finca Chionc; al Oeste Finca Seacte, Finca Xalcata, Finca Sahacun, Finca Satzac, Finca Zapote. (Figura 2) (27)

3.2.4 Vías de acceso e infraestructura:

La principal vía de acceso a la finca la constituye la carretera CA-14 que partiendo de la ruta CA-9 en El Rancho, El Progreso; se extiende al Norte, pasando por Baja Verapaz hasta la Ciudad de Cobán, Alta Verapaz. Seguidamente se toma un camino de terracería de tercera categoría vía a Chisec, 22 Km. de Cobán, a través de este sistema vial, la finca dista de la Ciudad Capital de Guatemala 233 Km. Actualmente la finca cuenta con dos casas y oficina para el técnico, casa para el caporal, dos bodegas,

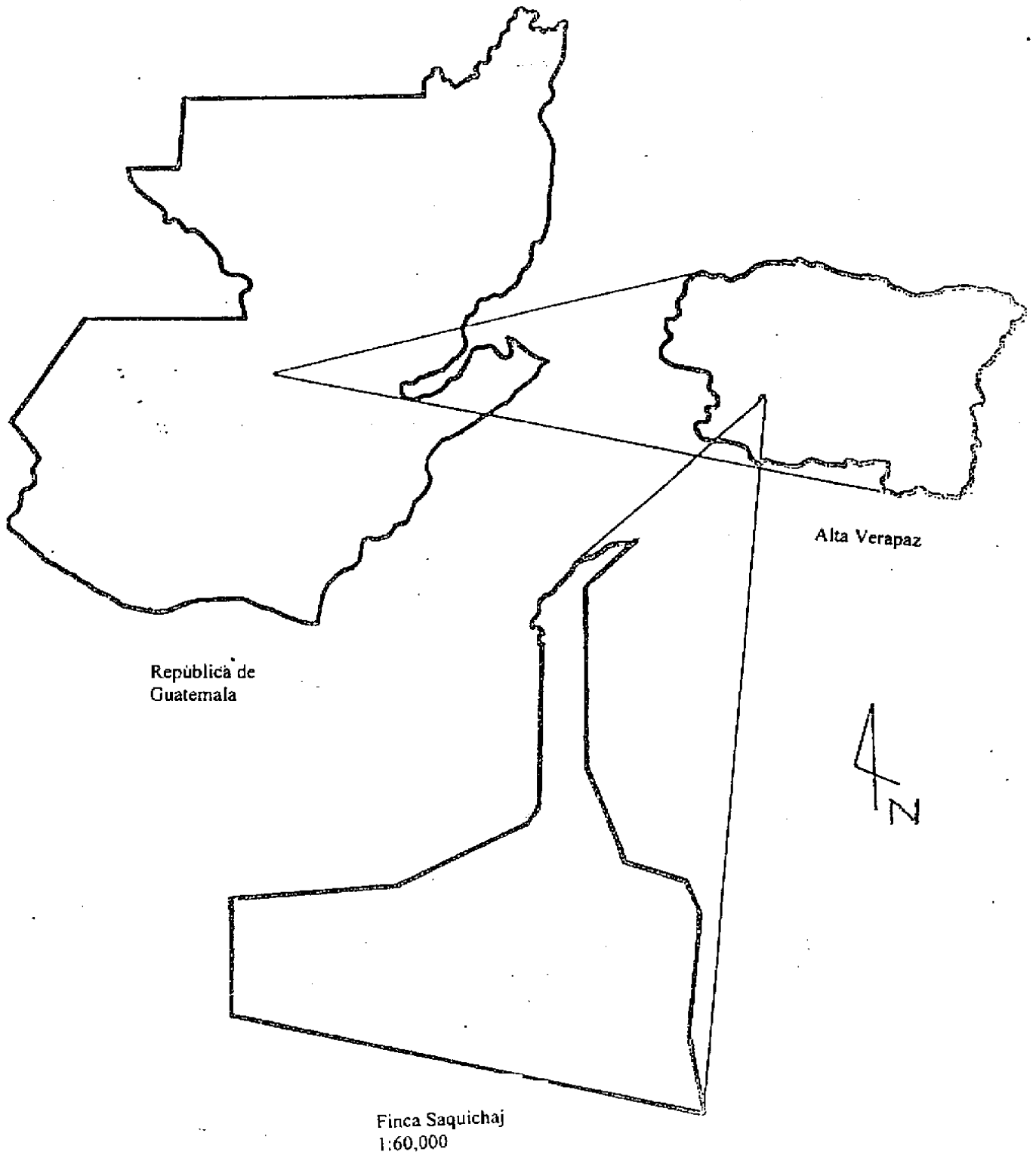


Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz

dos pozos de agua, dos casas de madera de dos niveles, planta eléctrica diesel, un camino vecinal con acceso a la finca y dos caminos internos que recorren la finca. (Figura 3)

3.2.5 Sectorización:

La finca está dividida en función de límites físicos (caminos, veredas, brechas, barrancos, cumbres, etc), con fines de manejo en 21 secciones. (Figura 4)

3.2.6 Zona de Vida:

De acuerdo al mapa de zonas de vida de Guatemala, elaborado por De La Cruz J.R. (6), según el sistema de clasificación de Holdridge, la finca se encuentra dentro de las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical Frio (bmh-s(f)) y zona de transición al bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-s(c)). La cobertura predominante es bosque denso latifoliado, pastos y arbustos, la evapotranspiración puede estimarse a un promedio de 0.5. (7)

3.2.7 Topografía:

Es de gradualmente ondulada a quebrada y de quebrada a fuertemente quebrada con pendientes que van de 10 a 70% y de 60 a 100%; las elevaciones varían de 500 a 1,500 msnm (16) (Figura 5)

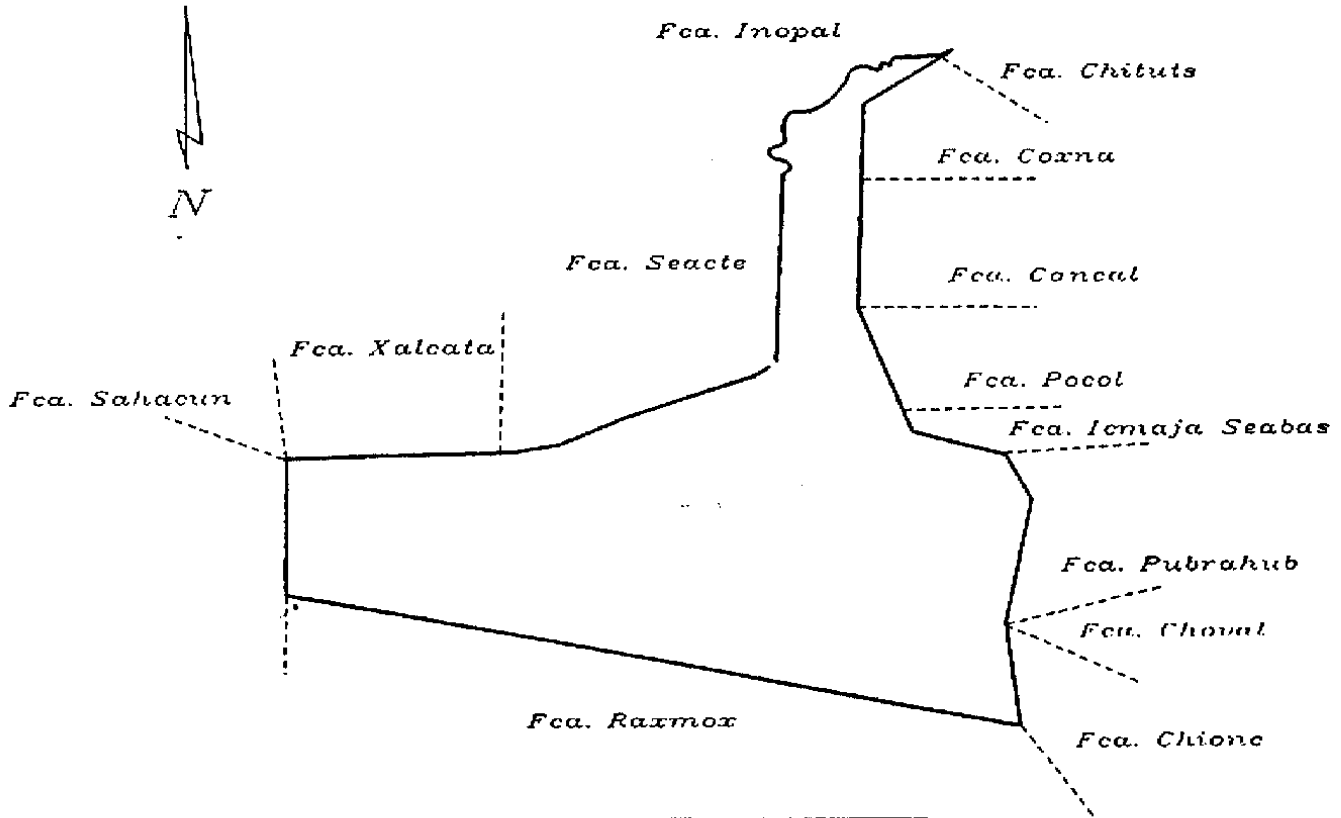
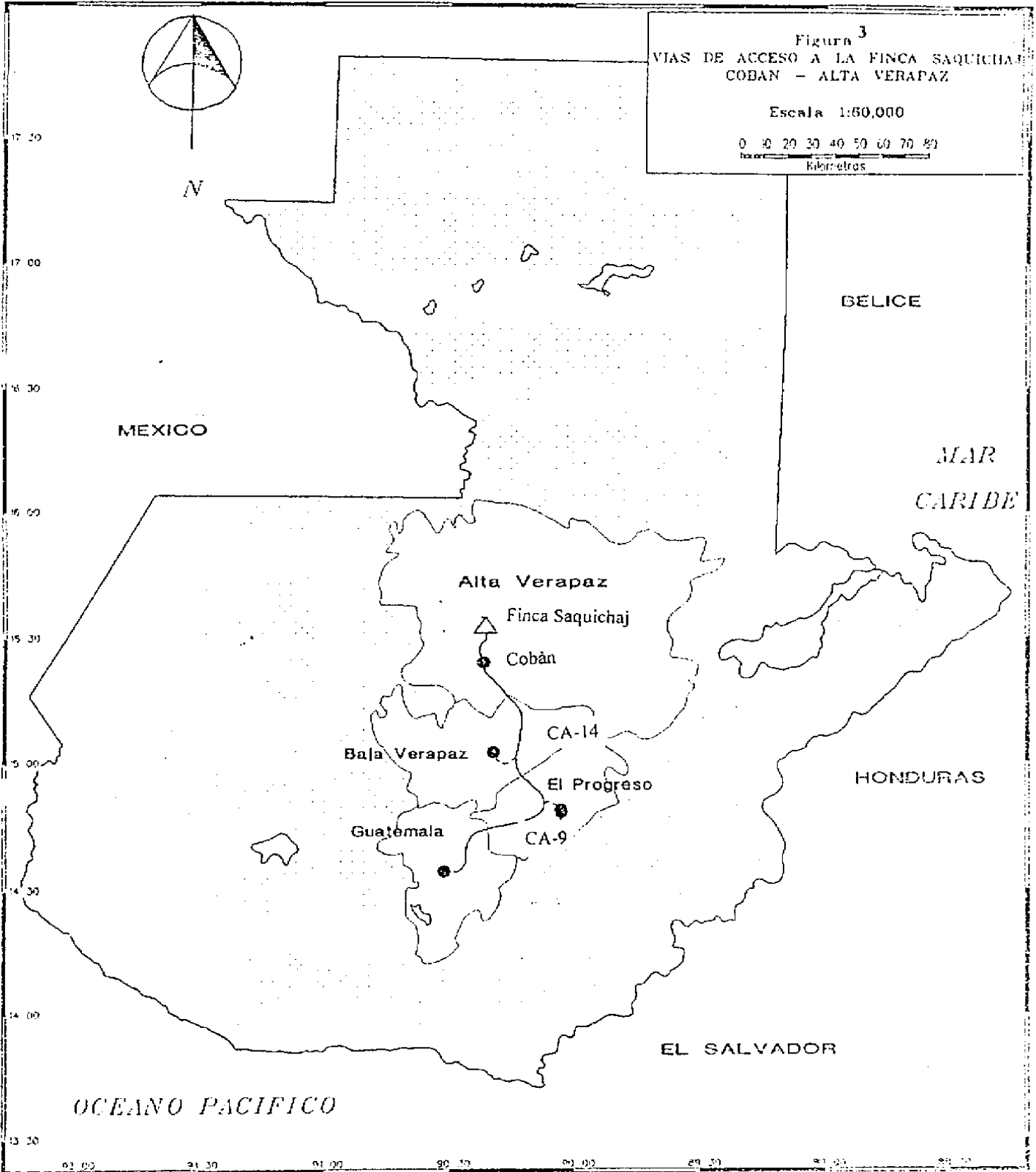


Figura 2
LIMITE Y COLINDANCIAS DE LA SAQUICHAJ
COBAN - ALTA VERAPAZ
Escala 1:6,000,000



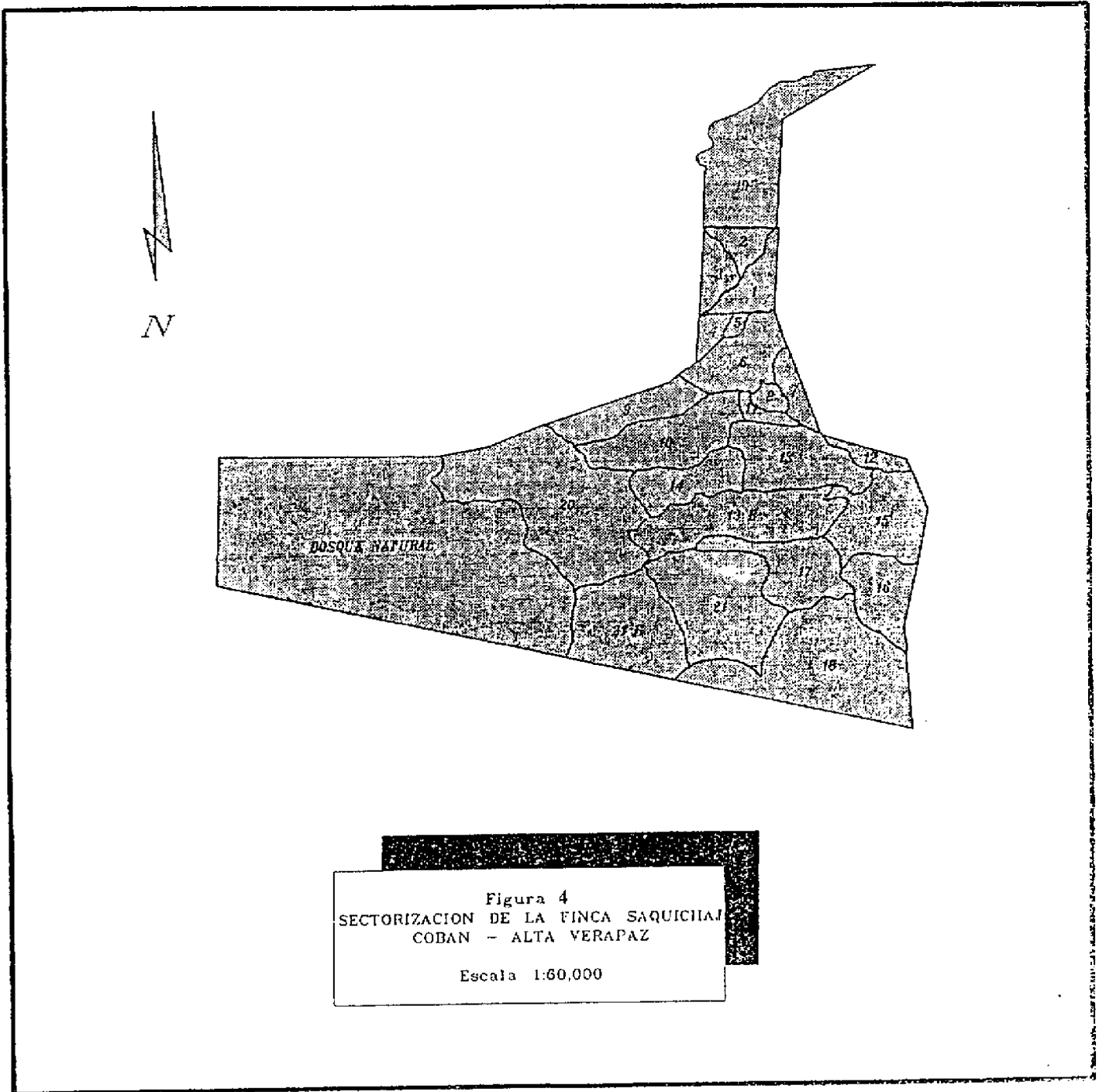
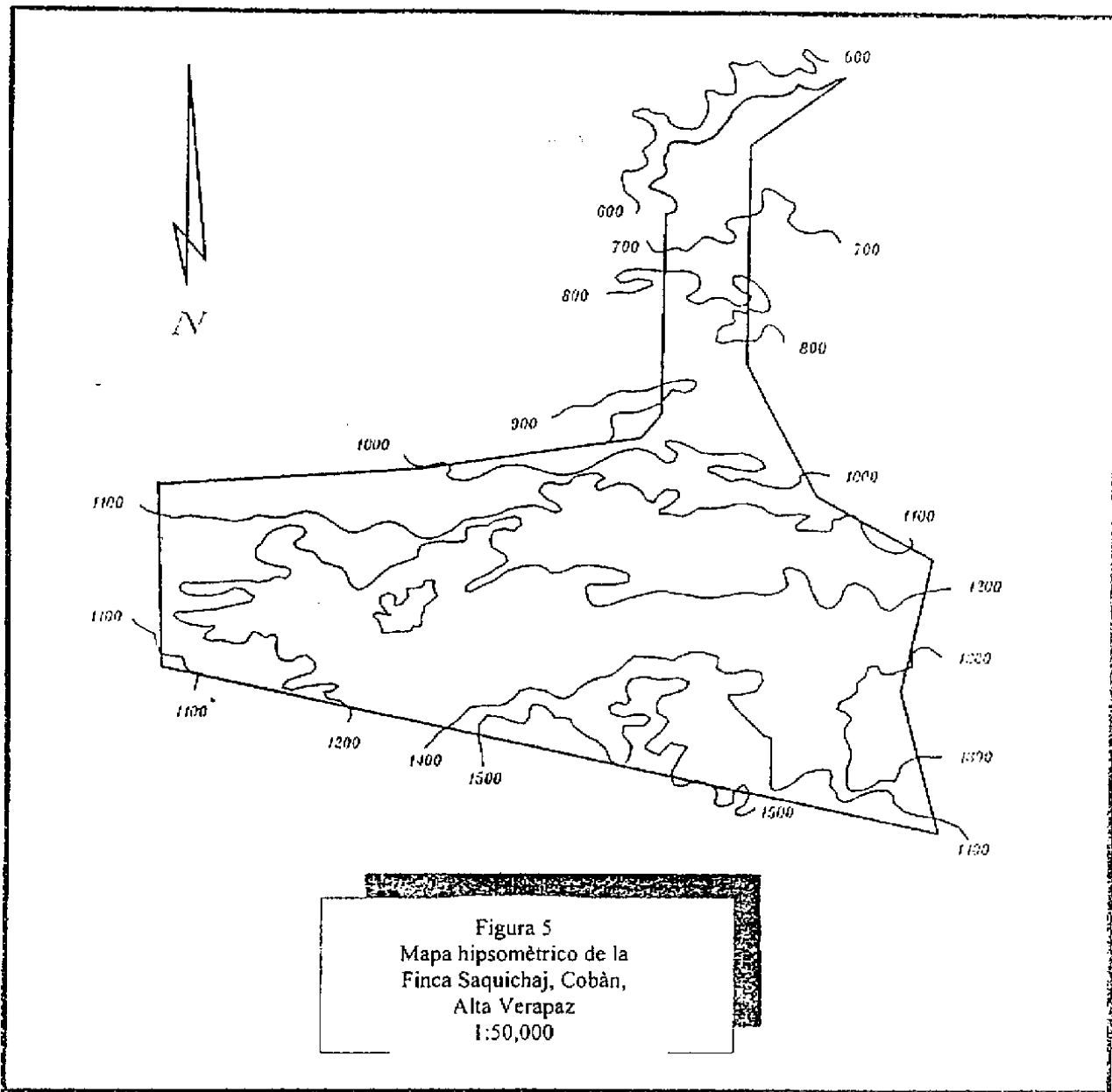


Figura 4
SECTORIZACION DE LA FINCA SAQUICHAJ
COBAN - ALTA VERAPAZ
Escala 1:60,000

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS



3.2.8 Climatología:

Según el mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala basado en el sistema de clasificación Thornthwaite (9), la finca presenta un clima semicálido sin estación fría bien definida, muy húmedo, sin estación seca bien definida (B'a'Ar). La precipitación media anual registrada es de 3,700 milímetros distribuida aproximadamente en 200 días de lluvia, la humedad relativa varía de 80 a 90%, la temperatura de 10 a 25°C con una media anual de 19°C. En las figuras 6 y 7 se muestran los climatogramas de las zonas de vida que se encuentran dentro de la finca saquichaj.

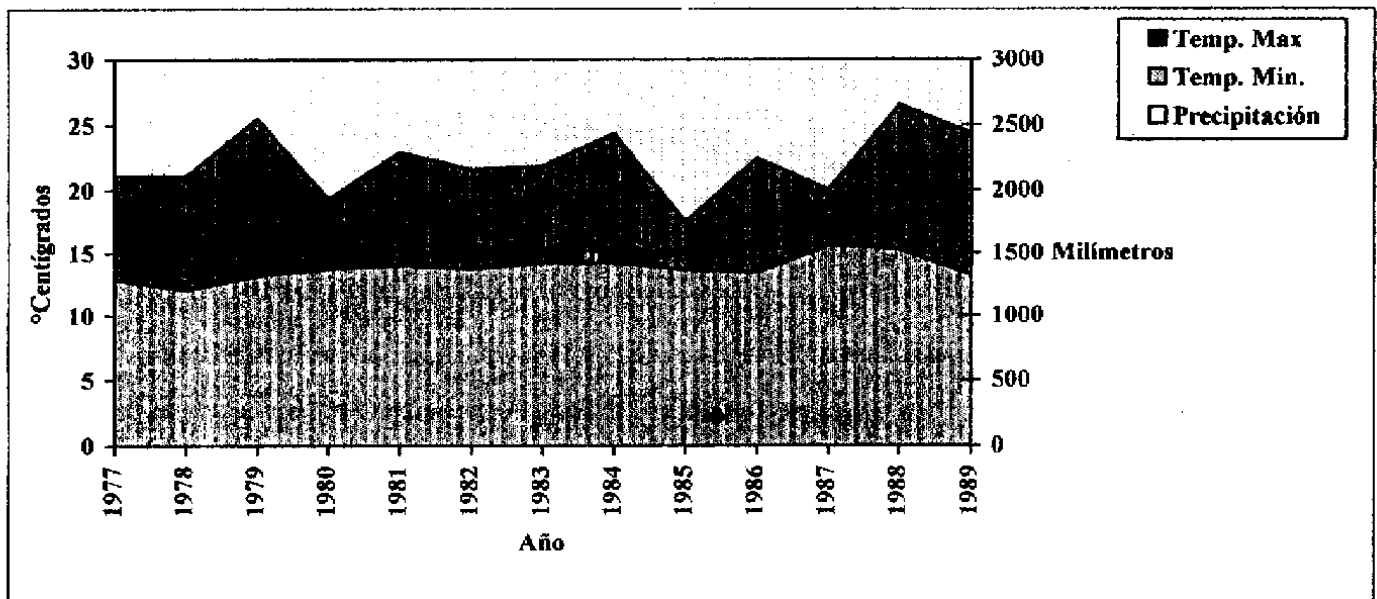


Figura 6. Precipitación anual y temperaturas máximas y mínimas del bosque muy húmedo subtropical templado de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

Los registros de temperaturas máximas y mínimas para el bosque muy húmedo subtropical cálido no estaban disponibles en el Instituto Nacional de Vulcanología, Meteorología e hidrografía -INSIVUMEH-, por lo que únicamente se presentan en la figura 7 los registros disponibles.

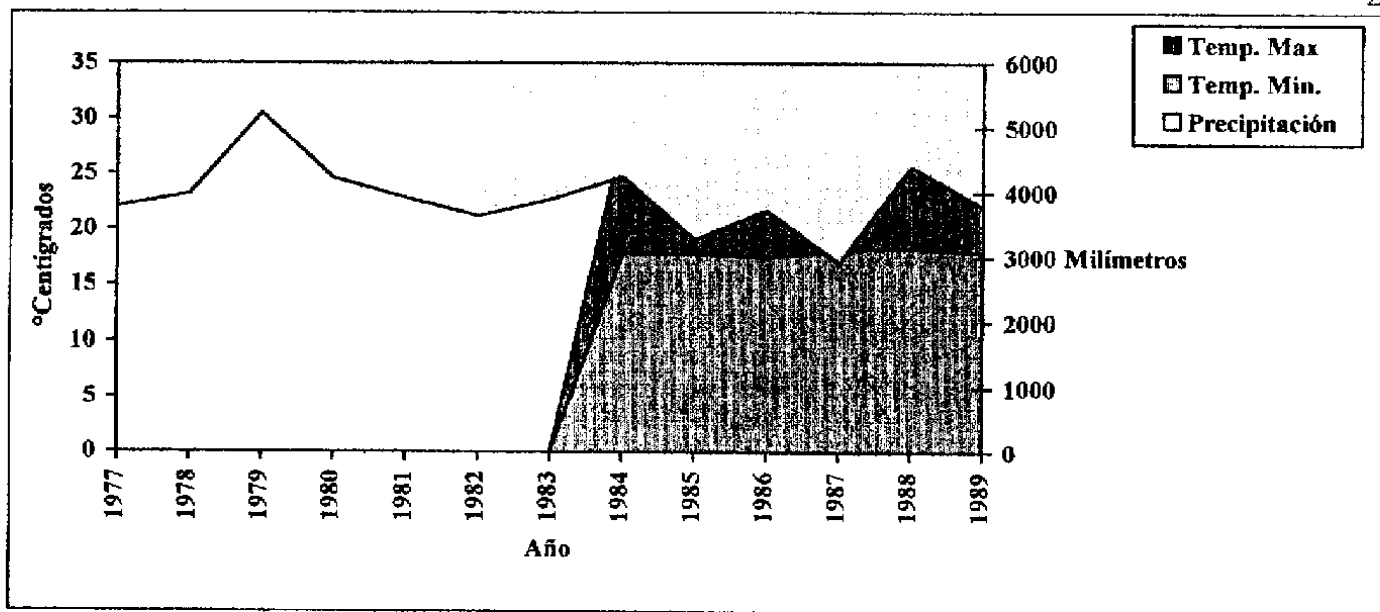


Figura 7. Precipitación anual y temperaturas máximas y mínimas del bosque muy húmedo subtropical cálido de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

3.2.9 Hidrografía:

Según mapa de cuencas de la república de Guatemala (10), la finca cuenta con corrientes efímeras que desembocan en sumideros o siguanes; la que está ubicada dentro de la microcuenca del río Sachichá que es tributario del río Negro o Chixoy que a su vez tributa al río Usumacinta que pertenece a la vertiente del Golfo de México.

3.2.10 Fisiografía:

Según mapa de regiones fisiográficas de Guatemala (12), la finca se encuentra dentro de la zona de las tierras altas sedimentarias; dentro de esta región hay una gran variedad de formas, desde colinas

paralelas, topografía kárstica anticlinales y sinclinales sumergidos; muestra ejemplos de sumideros conocidos como siguanes así como cavernas de roca caliza.

3.2.11 Geología y Suelos:

Según mapa geológico de la república de Guatemala (15), los suelos pertenecen al cretácico albiano-cenomaniano formado por roca caliza feramínifera (KCO2).

Según el estudio de suelos hecho a nivel de reconocimiento de Simmons et. al, para toda la república de Guatemala (25), los suelos pertenecen a la serie Tamahú (Tm). Son suelos poco profundos de bien a excesivamente drenados, desarrollados sobre caliza.

Simmons et. al. (25) describe el perfil de los suelos de la siguiente manera:

El suelo superficial a una profundidad de 2 a 5 cm, es franco o franco arcilloso friable de color pardo muy oscuro que tiene un contenido alto de materia orgánica 25%, la estructura es granular, el suelo es calcáreo.

A una profundidad cerca de los 50 cm el suelo es franco calcáreo a franco arcilloso, friable de color pardo oscuro que contiene un contenido de materia orgánica alrededor de 9%, la estructura es granular a cubica y en algunos lugares el suelo es masivo.

El substrato calizo o mármol, la profundidad del suelo varía de unos cuantos centímetros a casi un metro y los afloramientos de roca son numerosos (25).

3.2.12 Capacidad Productiva de la Tierra:

El 80% de la superficie de la finca se encuentra según el sistema de clasificación de la tierra por su capacidad de uso de la USDA (11), en las tierras no cultivables, aptas únicamente para fines de uso o explotación forestal, de topografía muy fuerte y quebrada con pendientes muy inclinadas. Puede considerarse algún tipo de cultivo perenne, la mecanización no es posible y es indispensable efectuar prácticas intensivas de conservación de suelos. Esto los ubica en la clase de suelos VII (12); el resto de la tierra se ubica entre las clases agrológicas III y IV que las define como tierras aptas para cultivos permanentes como frutales y no son mecanizables (12).

3.2.13 Descripción de las especies en estudio

A) *Pinus caribaea* Morelet:

Latitudinalmente *Pinus caribaea* Morelet, se distribuye desde la isla Gran Bahama hasta la costa de Nicaragua, en altitudes que comprenden desde el nivel del mar hasta 12 metros en las bahamas e Islas Caicos, del nivel del mar hasta 280 metros en Cuba; del nivel del mar hasta 1000 metros en Belice y más bajas altitudes en Guatemala, Honduras y Nicaragua, ya que a partir de 800 msnm es reemplazado por *Pinus oocarpa* Schiede. (4)

En las tierras continentales, los rodales más extensos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, sinónimo de *Pinus caribaea* Morelet, está distribuida en una angosta faja en las costas del Atlántico, desde Nicaragua en el Sur hasta Belice en el Norte. También se extiende en el interior a mayores elevaciones. (4)

En Guatemala *P. caribaea*, ocurre a lo largo del pie de monte de la Sierra de las Minas en el valle del Motagua, los pinos no alcanzan la costa pero llegan a 50 kilómetros de distancia. Al ir aumentando la altura en las montañas del lado oeste del valle, es reemplazado por *P. oocarpa*. Las dos especies se encuentran juntas a 450 y 750 metros de elevación. También se distribuye al Este del Depto. de Alta Verapaz, Norte de Izabal; las formaciones mayores se encuentran en Poptún, el Depto. de Petén. (4)

P. caribaea Morelet posee tres hojas por fascículo; arboles rectos de 40 a 45 metros de altura en su madurez; corteza de color pardo grisáceo; conos de 5 a 8 cm. de largo. Por sus características de forma recta y altura, *P. caribaea* ha sido utilizado principalmente para postes, encontrándose los mejores representantes de esta especie para Guatemala en Poptún, Departamento de Peten

B) *Pinus maximinoi* H.E. Moore: Sinónimo de *P. tenuifolia* Benth.

La altura del árbol varia de 25 hasta 30 metros. El tronco es recto, raras veces algo encorvado. La corteza del árbol es a veces moreno rojiza de ordinario gris blanquecino, a menudo bastante oscura. Moreno rojizo por las grietas profundas de la corteza. En la parte superior del tronco y en los troncos jóvenes es lisa o poco escamosa; en los troncos adultos se encuentra dividida abajo en placas gruesas y longitudinales. La corteza de las ramas es así mismo gris blanquecino hasta moreno rojizo, ordinario lisa, raramente algo áspera; las cicatrices de las hojas separadas y poco pronunciadas. La corteza de los más jóvenes renuevos es de color moreno violado. (24)

El ramaje es primero fino, volviéndose pronto bastante áspero. Las ramas son rectas, a veces encorvadas, de ordinario ascendentes, en la edad adulta también horizontales o colgantes y espaciosas. (24)

La copa es en la juventud simétrica, presenta largos renuevos anuales y verticilación simétrica; es cerrada, coniforme, achatada o acuminada, en la edad adulta también redondeada, densa o bastante densa. Con relativa frecuencia se encuentran renuevos finales largos, en forma de lanza, sin ramificación. (23)

El follaje consiste de 2, o más raramente de 3 años; los renuevos cubiertos de hojas son bastante largos. Las hojas son triangulares, dentadas, verde claras, brillantes. El número de hojas por fascículo es casi exclusivamente de 5. La longitud de las hojas es de 16 hasta 32 cm, predominantemente de 20 hasta 28 cm; su espesor es de 0.5 a 0.7 mm; son por consiguiente largas y finas, más finas que las de otras especies. El número de hileras de estomas en las caras externas de las hojas es casi siempre 2, en las internas predominantemente 2. (24)

Las vainas de las hojas son persistentes, de 12 hasta 18 mm. de largo, de 1.3 hasta 1.7 mm. de espesor y morenas. (23) El *P. maximinoi* vegeta en altitudes relativamente bajas (1,100 a 2,400 msnm). Al parecer exige temperaturas calientes y necesita alguna humedad. Esta especie forma bosques hasta cierto punto puros y densos y se halla mezclada con latifoliadas como *Liquidambar styraciflua* y *Quercus spp.*, en sitios bastante secos se encuentra con *Pinus oocarpa* y *Pinus montezumae*, la regeneración se presenta en lugares donde la vegetación es poco densa. Se reporta en la Zona de Vida de Bosque Muy Húmedo Subtropical(frío). (24)

Su principal distribución natural se encuentra en Alta Verapaz, Quiché y en sitios con buen suelo y precipitación abundante (mayor de 900 mm) y clima sub-tropical. (24)

C) *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez:

La especie *Pinus strobus* L. es nativa de América del Norte (una zona triangular cuyos vértices son Terranova, Manitoba y Norte de Georgia), pero también se encuentra en el estado de Chiapas, México, sin que se vea un lugar intermedio ni en el Norte ni en el centro de México. (23)

Al notar diferencias anatómicas entre el *Pinus strobus* L. encontrado en América del Norte y el encontrado en Chiapas, se determinó que las diferencias eran que las hojas son más delgadas y finas y que los canales resiníferos son tres en lugar de dos, por lo que la especie encontrada se renombró como una variedad: *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez. (23)

Las características principales de esta especie son: árboles de tronco recto de unos 23 a 30 m. o más, con diámetro de un metro aproximadamente; corteza muy agrietada, de superficie muy irregular, de unos 2 cm. de espesor, de color moreno oscuro por fuera y rojizo por dentro; ramas extendidas y ramillas delgadas y frágiles, cubiertas de cicatrices pequeñas y separadas. (23)

Hojas en grupos de 5, aglomeradas en la extremidad de las ramillas, formando como penachos, erguidos o poco extendidos, triangulares, muy delgados y flexibles de 8 a 12 cm., más comúnmente alrededor de 10 de color verde claro, ligeramente amarillento y brillantes, glaucas en las caras internas. Conos cilíndrico ligeramente atenuados hacia el ápice de 11 a 15 cm. por 5 a 5.5 cm. de ancho (abiertos). (23)

En Guatemala se distribuye en el valle del Río Suchún de 1,433 a 1,666 msnm. y en Huehuetenango a 1,545 msnm. (23); en el paraje denominado El Campamento en la carretera Mirador-Toquia en los Cuchumatanes, en Cotzal, especialmente hacia San Francisco Cotzal, Depto. del Quiché, esta especie es particularmente abundante. Cunén y Uspantán lo poseen en sus montañas de coníferas. (23)

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL:

Estudiar el crecimiento de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez y *Pinus caribaea* Morelet bajo condiciones de plantación pura en el área de Cobán, Alta Verapaz.

4.2 ESPECÍFICOS:

4.2.1 Determinar el incremento corriente anual (ICA) y el incremento medio anual (IMA) en diámetro, altura y volumen en la plantación.

4.2.2 Determinar el coeficiente mórfico y de corteza de las especies presentes en la plantación.

4.2.3 Determinar la relación que existe entre las variables alométricas (diámetro, altura y volumen) en la plantación.

4.2.4 Generar tablas de volumen preliminares para las especies que se encuentran incluidas en la plantación.

5. METODOLOGÍA

5.1 Selección de área de muestreo y árboles muestra:

Para determinar el área de estudio de cada especie, se estratificó el bosque en base a especie sobre fotografía aérea a escala 1:18,600 del 13 de febrero de 1,991; posteriormente se realizaron caminamientos por la finca para comprobar la validez de la estratificación. Se consultó la corroboración de la estratificación realizada en la finca por Tzirín (26)

El muestreo se realizó únicamente en rodales puros de cada especie, esto con el objetivo de conocer la relación entre individuos de la misma especie y que no hubiera efecto de especies diferentes de Pinus.

La extensión de cada rodal estudiado fue 94.17 hectáreas (2.1 caballerías) para *Pinus caribaea* Morelet, 153.66 hectáreas (3.43 caballerías) de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y 4.13 hectáreas (0.09 caballerías) para *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez

Al tener ubicados los estratos, se procedió a estimar la altitud media sobre el nivel del mar de cada estrato y posteriormente se localizó este punto en el campo, donde se realizó el análisis de medias de altura dominante para conocer si había variación en el sitio. Al determinar que no había variación se muestrearon dos árboles por clase diamétrica por especie, muestreando un total de 30 árboles por especie y 90 árboles en total en el estudio.

A cada árbol muestreado se le aplicó la metodología de estudio de análisis fustal por medio de tumba; el procedimiento en términos generales fue:

- Tumba del árbol,
- corte de secciones a cada uno, dos y tres metros de largo (esto depende del ahusamiento del fuste; en fustes muy cónicos se realiza a menor distanciamiento),
- conteo cuidadoso y medición de anillos de crecimiento,
- elaboración del gráfico fustal.

5.2 Análisis fustal:

Para poder estimar la historia del crecimiento e incremento de los parámetros del rodal o árbol, se utilizó el análisis fustal, a través del cual se conoció el desarrollo en altura, diámetro y volumen de acuerdo a la edad (18).

A todos los árboles tumbados, distribuidos en todas las clases diamétricas, se les realizó el análisis fustal.

Se midieron todos los diámetros con y sin corteza desde la altura del tocón (30 a 40 cm), hasta la altura total en intervalos de uno a dos metros, dependiendo del ahusamiento del fuste. En todos los intervalos se extrajeron discos de aproximadamente 10 centímetros de altura, para poder realizar las lecturas en un lugar con mayor iluminación que el bosque.

A cada disco extraído; en la parte superior se le anotó con crayon de grafito la especie, sección (de plantación), altura de corte y número de árbol muestreado.

Al otro lado del disco se le efectuó el conteo de anillos a lo largo de cuatro radios perpendiculares a intervalos de tres años.

5.3 Análisis de la edad:

Para conocer la edad se contó el número de anillos de cada sección del árbol y a este se le sumaron dos años por la etapa de crecimiento del arbolito. La altura que alcanza un árbol a una altura determinada se definió así: (18)

$$\text{Edad en altura } X = N_{ab} - N_{ax}$$

donde:

N_{ab} = Número de anillos en la base del árbol
 N_{ax} = Número de anillos a la altura X

Con los datos obtenidos se graficó la curva de crecimiento en altura de la que se derivó la curva de incremento.

5.4 Determinación de crecimiento e incremento:

A todas las rodajas extraídas de los árboles, se les midieron los radios medios y se adjuntó a la altura que fueron tomados; también se contó el número de anillos por rodaja para determinar la edad a la que el árbol alcanzó la altura y el diámetro de la rodaja; con la información de esta etapa se llenaron los formularios para la toma de datos de anillos que se muestra en el Cuadro 17a; la cual fue base para efectuar el gráfico fustal con el fin de conocer el patrón de crecimiento de los árboles.

Toda la información recolectada se sometió en análisis por medio de los modelos siguientes:

Modelo lineal: $Y = b_0 + b_1 X$

Modelo Cuadrático: $Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$

Modelo raíz cuadrada: $Y = b_0 + b_1 X + b_2 \sqrt{X}$

Modelo Logarítmico: $Y = (b_0)(X^{b_1})$

Se seleccionaron los modelos cuyos estimadores (cuadrado medio de error, correlación y coeficiente de variación), representaban de mejor manera el crecimiento

Los incrementos que se determinaron son: el incremento medio anual (IMA) que se define:

$$IMA = \frac{\text{Incremento total del arbol}}{\text{Edad total del arbol}}$$

$$IMA = \frac{f(D, A, V, AB)}{T}$$

donde:

D = diámetro
 A = altura
 V = volumen
 AB = área basal
 T = edad total del árbol

También se determinó el incremento corriente anual (ICA) que se define:

$$ICA = \frac{\text{Incremento a edad}_1 - \text{Incremento a edad}_2}{\text{edad}_1 - \text{edad}_2}$$

$$ICA = \frac{\Delta IMA}{T}$$

5.5 Análisis del diámetro:

El crecimiento del diámetro es evidente en los anillos de crecimiento, cada año el árbol produce normalmente un anillo, a veces varios anillos y a veces no elabora anillo de crecimiento, por tal razón el número de anillos no refleja la edad exacta del árbol, pero es una buena aproximación de la misma.

Con los árboles tumbados para el análisis fustal, se realizó un conteo cuidadoso de los anillos de crecimiento de cada sección del árbol. Seguidamente la información fue sometida a un análisis de regresión y representado por un modelo de los que se muestran en el inciso 4.4 el que fue seleccionado de acuerdo a los mismos criterios del inciso 4.4.

Con esta información se graficó la curva de crecimiento en diámetro, de la que se derivó la curva de incremento en diámetro.

5.6 Análisis volumétrico:

El volumen de los árboles se determinó como parte del análisis fustal, utilizando la formula de Smalian:

(7)

$$V_s = \frac{AB_1 + AB_2}{2} L$$

donde:

Vs = volumen de la sección

AB1 = área basal 1

AB2 = Área basal 2

L = largo de la sección.

Para la última sección se utilizó la fórmula de volumen para conos:

$$V = \frac{3.1416 * D^2 H}{3}$$

donde:

V = volumen de la sección

D = diámetro en metros a la base del cono

El crecimiento en volumen fue sometido al análisis de regresión de variables de acuerdo como se describe en el inciso 4.4; así como los incrementos corriente anual y medio anual; de manera similar se analizo la relación de altura y Diámetro a la altura del pecho (DAP).

5.7 Determinación de los factores de forma y corteza para árboles:

Con base a los árboles derribados para el análisis fustal, se determinó el volumen real de cada árbol como se describió en el inciso 4.6 y se relacionó con el volumen de un cilindro de dimensiones iguales a las del

árbol en DAP con la siguiente fórmula: (24)

$$f = \frac{\text{Volumen real del árbol}}{(\text{Área basal normal})(\text{altura})}$$

El factor de corteza se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula: (24)

$$K = \frac{(\text{DAP})(\text{DAP}_{sc})}{\text{DAP}^2}$$

donde:

DAP = diámetro a la altura del pecho

DAP_{sc} = diámetro a la altura del pecho sin corteza

5.8 Relaciones de crecimiento e incremento en altura, diámetro y volumen:

Se correlacionaron las variables DAP, altura, volumen y edad; los modelos que se utilizaron fueron: raíz cuadrada; logarítmico; gamma; exponencial y lineal.

El modelo se seleccionó en base a los estimadores del coeficiente de correlación y determinación; mientras más se acerque a la unidad [1], más correlacionadas están las variables; es decir, mientras más se acerquen a la unidad los valores son más similares a los que fueron la base para la generación de las ecuaciones; también se seleccionaron los modelos de acuerdo al ajuste de variación de regresión, cuadrado medio del error (CME) y coeficiente de variación (CV).

5.9 Tablas de volumen:

Se elaboró una tabla de volumen de doble entrada para cada especie, tomando como base 30 árboles por especie, indicar los que fueron analizados de acuerdo al inciso 4.6 .

Del volumen total obtenido, se calcularon los coeficientes de regresión matemática y a partir de esta ecuación se tomaron como variables independientes al diámetro y altura; como variable dependiente al volumen.

Los datos obtenidos en el análisis de volumen fueron analizados en modelos de regresión de variables múltiples, seleccionando al modelo que representó de mejor forma la relación en función de su coeficiente de correlación y de la comparación de los volúmenes estimados con los volúmenes reales.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Crecimiento en diámetro, altura y volumen:

La técnica para la recopilación de la información de campo consistió en la tumba de árboles a los que se les efectuó el análisis fustal; seguidamente la información colectada en las boletas de campo se analizó por medio de distintos modelos de regresión, generando así las ecuaciones de regresión que representan las relaciones de crecimiento, incremento y variables alométricas.

En el Cuadro 3 se muestran las ecuaciones obtenidas de la relación entre la altura y la edad de las especies estudiadas; en las tres especies el modelo que mejor representa esta relación es el de raíz cuadrada como se puede apreciar en los estimadores de determinación y coeficiente de variación.

Cuadro 3. Relación entre altura y edad de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|--|----------------|------|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | Altura = $-4.7921 + 0.7116(E) + 1.9225\sqrt{E}$ Raíz cuadrada | 0.99 | 9.0 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | Altura = $-1.5847 + 1.8977(E) - 0.0414\sqrt{E}$ Raíz cuadrada | 0.99 | 7.2 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | Altura = $-2.2602 + 1.6609(E) + 2.2595\sqrt{E}$ Raíz cuadrada | 0.97 | 10.4 |

La Figura 8 presenta la relación de la altura con respecto a la edad y se observa de esta manera la clara dominancia de *P. strobus* ante las otras dos especies estudiadas.

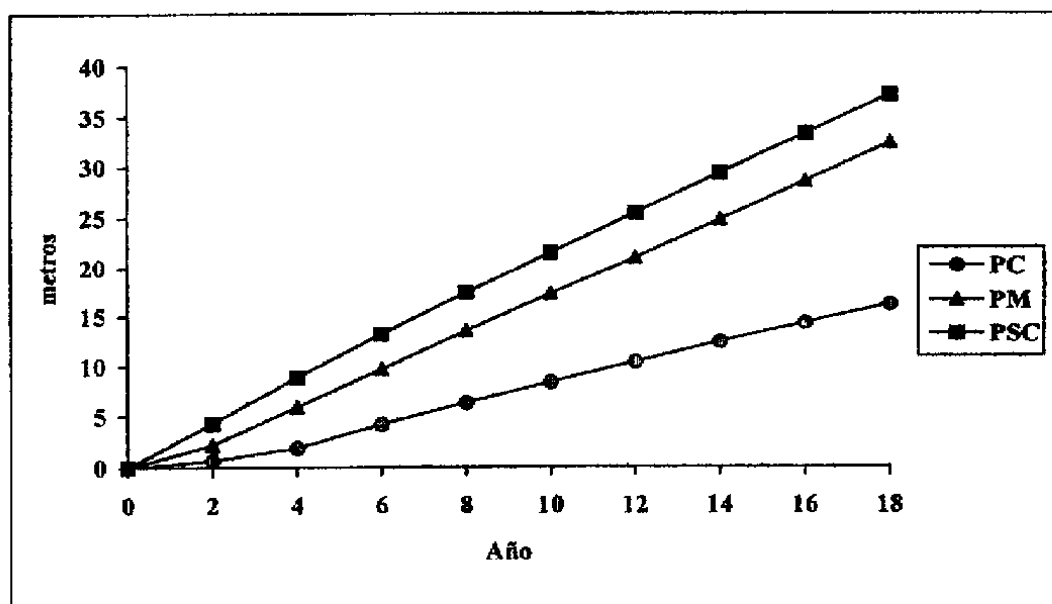


Figura 8. Comportamiento de la altura con respecto a la edad de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

En la Figura 8 se puede observar la diferencia de altura entre las tres especies, notándose que *P. caribaea* posee la menor altura, probablemente esto se debe al patrón de crecimiento característico de cada especie, así como a las condiciones microambientales donde se encuentran ubicadas cada una de las especies; en el caso particular de *P. caribaea* el rodal se ubica en el área donde se evidencian características del inicio de la zona de vida de bosque muy húmedo subtropical cálido; donde se observa la presencia de gran cantidad de lianas; que se desarrollan principalmente sobre las copas de los árboles y esto representa competencia por luz; lo que influye directamente el crecimiento por disminuir el área foliar a la exposición solar, afectando el proceso de fotosíntesis. Además, es importante mencionar que a todas las plantaciones no se les realizó ningún manejo por lo que se pudo afectar el crecimiento de las mismas.

P. caribaea está en las zonas de menor altitud de la finca (560 a 900 msnm), en donde existió una cubierta vegetal latifoliada de clima cálido; mientras que *P. maximinoi* y *P. strobus* se encuentran plantadas en áreas de mayor altitud (900 a 1500 msnm) en las que las condiciones ambientales, principalmente la temperatura, es templada y además en esta zona disminuye la cantidad de lianas que compiten con la luz en las copas de los árboles.

En bosques naturales; *P. caribaea* asocia con especies latifoliadas pero siempre la dominancia es de la especie conífera; bajo las condiciones de la finca, esta especie no es parte de la flora del área, por lo que las demás especies están mejor adaptadas a las condiciones de la finca. Esto representan una fuerte competencia para la *P. caribaea*; principalmente con el Guarumo (*Cecropia peltata*). Las condiciones de la finca si son favorables para *P. maximinoi*; debido a que se encuentra distribuida naturalmente en áreas arriba de los 1,100 msnm; mientras que para *P. strobus* está es un área fuera de su distribución natural.

El Cuadro 4 representa la relación que existe entre el diámetro y la edad de las especies de *Pinus* estudiadas; al igual que la relación entre altura y edad, el modelo que mejor la representa es el de raíz cuadrada.

Cuadro 4. Relación entre el diámetro y la edad de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|---|----------------|-----|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | $DAP = 0.2809 + 0.9134(E) + 0.9449\sqrt{E}$ Raíz cuadrada | 0.99 | 6.2 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | $DAP = 1.0091 + 0.8437(E) + 0.0045\sqrt{E}$ Raíz cuadrada | 0.99 | 7.9 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | $DAP = -0.4114 + 0.4907(E) + 4.0189\sqrt{E}$ Raíz cuadrada | 0.98 | 8.4 |

En la Figura 9 se observa que los DAP medios máximos los posee *P. strobus* y los mínimos *P. caribaea*. Según lo que se observa en el campo, los rodales de *P. strobus* han logrado una buena adaptación al terreno ya que el crecimiento en diámetro es mayor a las de las otras especies estudiadas.

El crecimiento en DAP no ha sido homogéneo; esto es debido a que el DAP es una de las características más susceptibles del rodal ya que este depende principalmente de la densidad y es afectado fuertemente por la competencia. Al parecer las condiciones del sitio son más favorables para *P. strobus*. Probablemente esto es debido a que en los sitios donde se encuentra plantado *P. strobus* el relieve es casi plano, esperándose que sea un mejor sitio para el crecimiento de pinos. El mayor crecimiento en diámetro fue alcanzado por *P. strobus*, seguido por *P. caribaea* y finalmente por *P. maximinoi*.

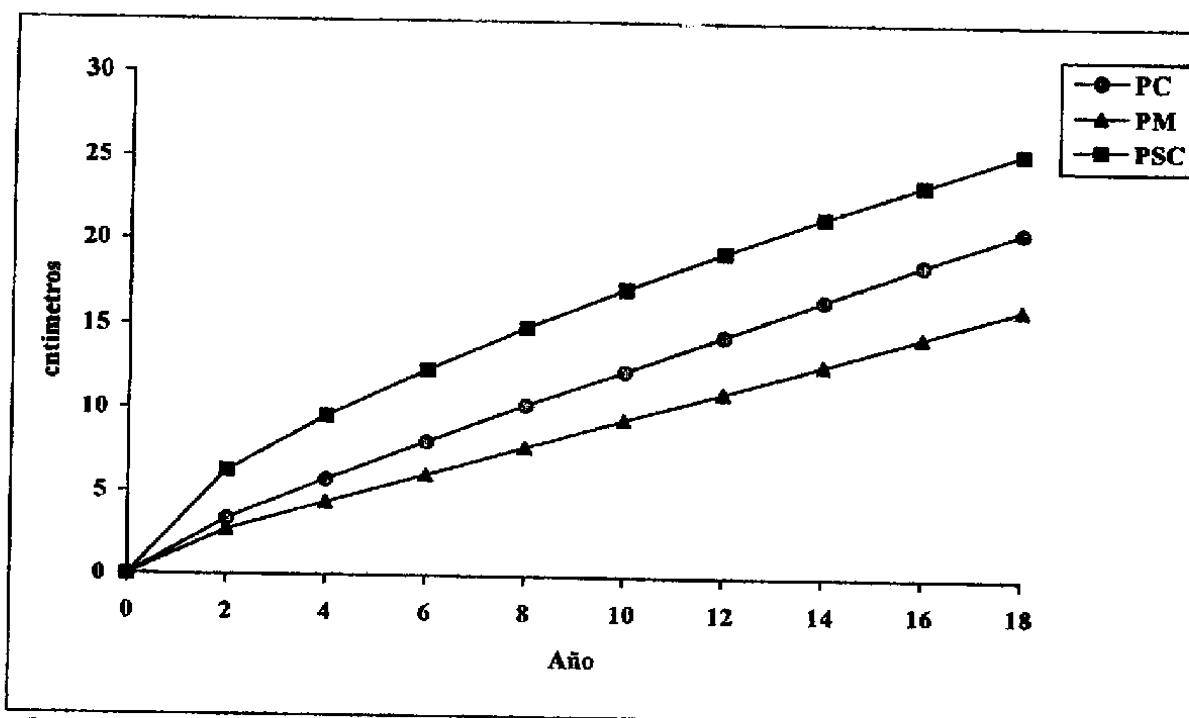


Figura 9. Comportamiento del diámetro con respecto a la edad de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

El Cuadro 5 presenta la relación entre la edad y el volumen; en este caso los modelos que mejor la representan la relación son el cuadrático y el de raíz cuadrada.

Cuadro 5. Relación entre el volumen y la edad de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|--|---|----------------|------|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | Volumen = 0.0061 - 0.0075(E) + 0.0014(E) ² Cuadrático | 0.99 | 7.7 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | Volumen = 0.0041 - 0.0055(E) + 0.0011(E) ² Cuadrático | 0.99 | 8.9 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | Volumen = -0.004 + 0.0749(E) - 0.0485√E Raíz cuadrada | 0.99 | 11.2 |

De acuerdo a la combinación de variables (DAP y Altura), los máximos volúmenes por árbol los registro *P. strobus*, mientras que las otras dos especies poseen condiciones similares de volumen (Figura 10).

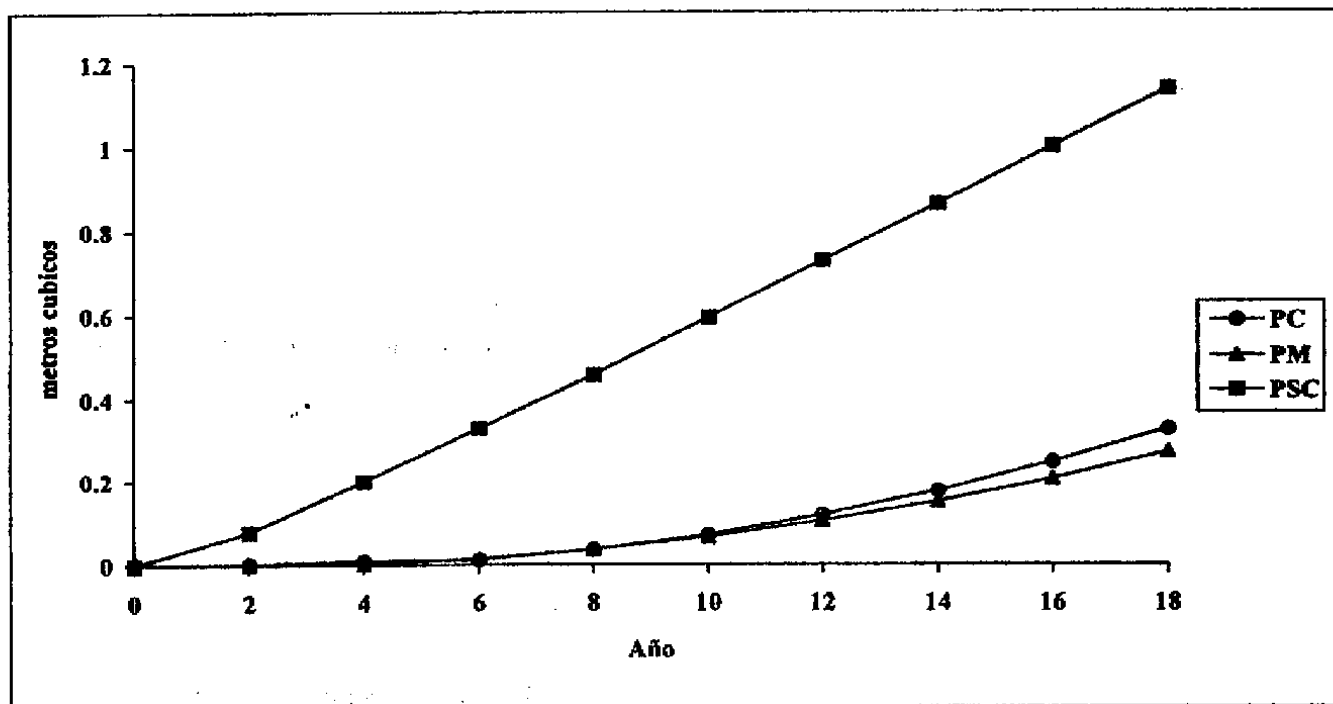


Figura 10. Comportamiento del volumen con respecto a la edad de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

6.2 Incremento en diámetro, altura y volumen:

El cuadro 6 presenta las ecuaciones del incremento corriente anual (ICA) para las especies de *Pinus* estudiadas; el modelo que logro el mejor ajuste fue el de raíz cuadrada.

Cuadro 6. Incremento corriente anual (ICA) en diámetro de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|--|----------------|-----|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | $0.9134+0.4745(E)^{-1/2}$ raíz cuadrada | 0.85 | 6.9 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | $0.8437+.0023(E)^{-1/2}$ Raíz cuadrada | 0.88 | 5.2 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | $0.4907+2.0095(E)^{-1/2}$ Raíz cuadrada | 0.90 | 8.0 |

Durante los primeros 10 años de crecimiento el máximo incremento corriente anual (ICA) en DAP fueron alcanzados por *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez seguido por *P. caribaea* Morelet y finalmente por *P. maximinoi* H.E. Moore. (Figura 11)

Se puede observar que para las tres especies el máximo ICA se logra a la edad de dos años, tendiendo a estabilizarse a la edad de cuatro años en los casos de *P. caribaea* y *P. maximinoi*; no teniendo la misma tendencia *P. strobus* ya que el ICA para esta especie tiende a decrecer después del cuarto año.

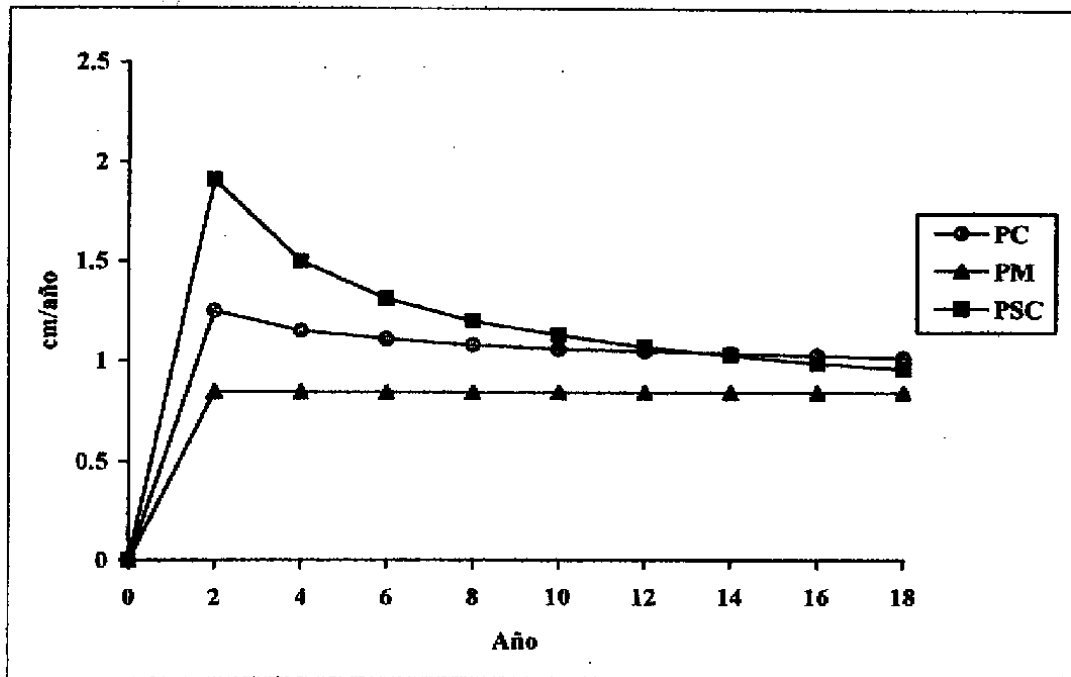


Figura 11. Comportamiento del Incremento Corriente Anual (ICA) en diámetro de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

El Cuadro 7 presenta la relación del Incremento medio anual (IMA) en diámetro de las especies de *Pinus* estudiadas; el modelo que mejor se adaptó es el de raíz cuadrada.

Cuadro 7. Incremento medio anual (IMA) en diámetro de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|---|----------------|-----|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | $(0.9134+0.47245(E)^{-1/2})/T$ Raíz cuadrada | 0.85 | 6.9 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | $(0.8437+.0023(E)^{-1/2})/T$ Raíz cuadrada | 0.88 | 5.2 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | $(0.4907+2.0095(E)^{-1/2})/T$ Raíz cuadrada | 0.90 | 8.0 |

En la Figura 12 se observa el IMA en diámetro a la altura del pecho (DAP) para las tres especies y la tendencia de la curva de incremento es similar en las tres especies estudiadas; los mayores IMA fueron alcanzados a la edad de dos años; posterior a esta edad, el crecimiento tendió a declinar.

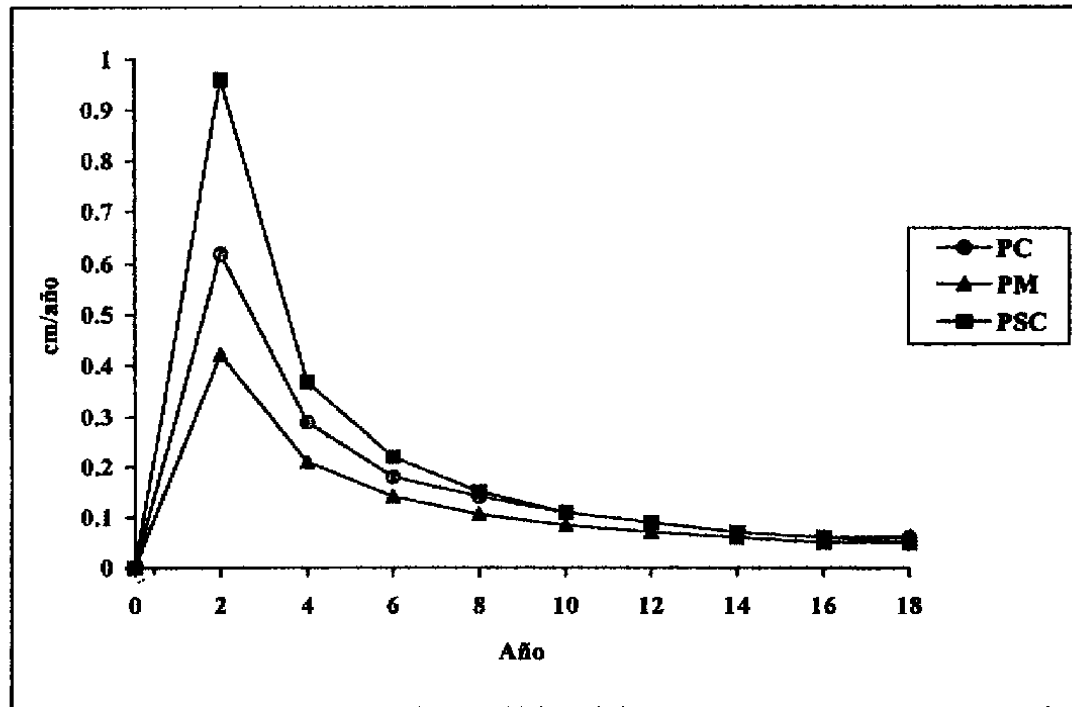


Figura 12. Comportamiento del Incremento Medio Anual (IMA) en diámetro de de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

Este comportamiento de las curvas de incremento muestran que al inicio de la plantación no existió competencia, mientras transcurría el tiempo; esta competencia fue incrementándose hasta llegar a un estado de disminución en los incrementos; esto se debió a la falta de tratamientos silvícolas como lo son los raleos y aclareos ya que en tres años ya había competencia por luz debido al rose de copas.

En orden de magnitud, el IMA se mantiene como el ICA, siendo el mayor IMA para *P. strobilus* y el menor para *P. maximinoi*.

A la edad de 18 años existe en el ICA una diferencia de 0.2 milímetros entre cada especie, mientras que en el IMA la diferencia tiende a ser nula. En todos los casos no se pudieron comparar los incrementos de *P. strobilus* ya que aun no se reportan estudios para esta especie en Guatemala. Para *P. maximinoi*; Nuñez (24) reporta un IMA en DAP de 1.44 cm/año para el área de Cobán y Escobar (8) 1cm/año en Jalapa, ambos estudios en bosque natural. Bajo condiciones de plantación en la finca Saquichaj, este incremento es de 0.90 cm/año. Contreras (4) reporta para *P. caribaea* un IMA en DAP de 0.7313 cm/año, mientras que en la finca Saquichaj se obtuvo un IMA de 1.15 cm/año. Para *P. strobilus chiapensis* el IMA es de 1.42 cm/año.

Aunque la situación actual del bosque, en la que los árboles se encuentran en una fase de competencia entre si, debido a la falta de intervenciones silvícolas que ayuden al mejor aprovechamiento del espacio de crecimiento, el IMA en DAP se mantiene similar al de un bosque natural; hasta el momento de el muestreo en la plantación no se le había aplicado ningún tipo de tratamiento al bosque más que el aclareo de lianas en árboles que ya alcanzaban los 10 metros de altura.

En el caso específico de *P. maximinoi*; el bajo incremento en DAP se pudo deber a que en la plantación se presenta una alta incidencia de la deformación del fuste llamada "Cola de Zorro"; en la que tiende a elongarse el fuste , haciendo que el árbol alcance mucha altura pero poco diámetro, distanciando entre si anormalmente los entrenudos y deformando de esta manera los árboles. Este

defecto se atribuye principalmente a deficiencias genéticas de la especie; así como a las altas densidades de plantación.

En la Figura 13 y 14 se observa el ICA e IMA en altura de las tres especies estudiadas, notándose claramente la dominancia de *P. strobus*.

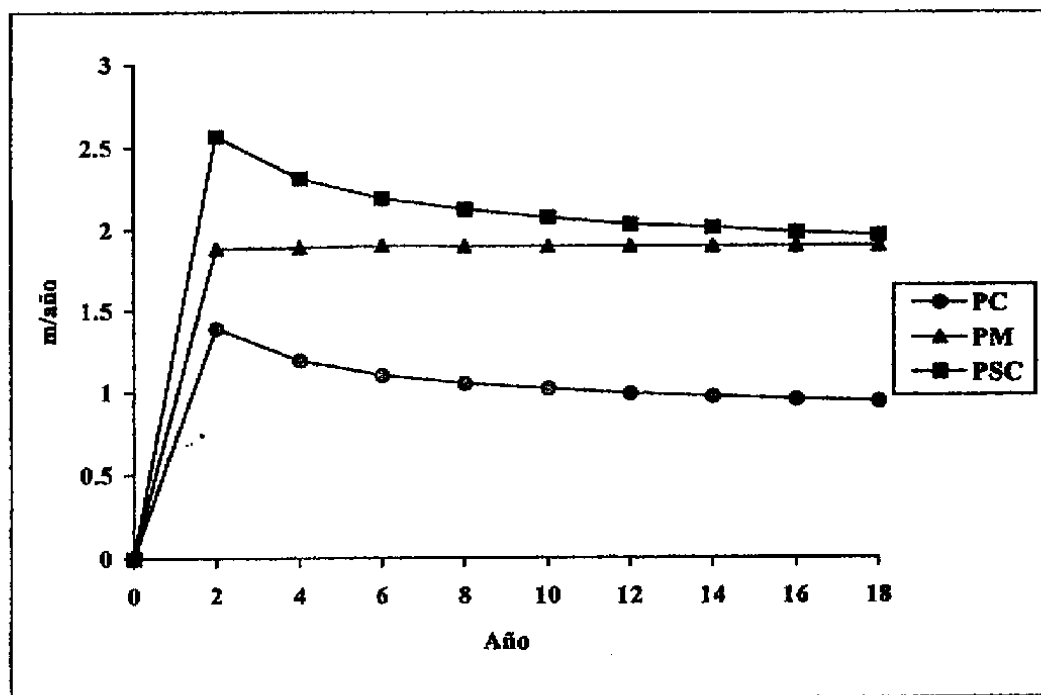


Figura 13. Comportamiento del Incremento Corriente Anual (ICA) en Altura de de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

El Cuadro 8 describe la relación del incremento corriente anual de las especies de Pinus estudiadas; el modelo que logro el mejor ajuste fue el de raíz cuadrada.

Cuadro 8. Relación entre el incremento corriente anual (ICA) en altura y la edad de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|--|----------------|------|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | $0.7116+0.9613(E)^{-1/2}$ Raíz Cuadrada | 0.87 | 9.2 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | $1.8977-0.0207(E)^{-1/2}$ Raíz cuadrada | 0.89 | 10.3 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | $1.6609+1.2897(E)^{-1/2}$ Raíz Cuadrada | 0.92 | 9.5 |

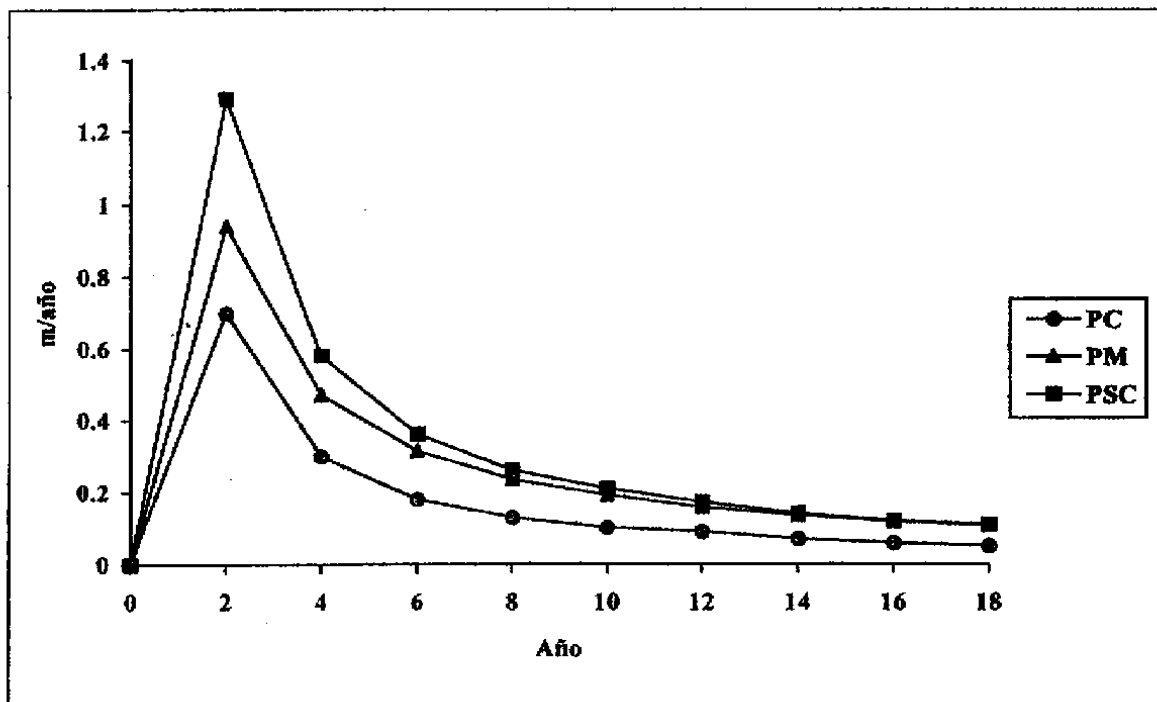


Figura 14. Comportamiento del Incremento Medio Anual (IMA) en Altura de de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

El Cuadro 9 muestra las ecuaciones que representan el incremento medio anual en altura de las tres especies estudiadas; para todos los casos el modelo que mejor se ajustó fue el de raíz cuadrada.

Cuadro 9. Relación entre el incremento medio anual (IMA) en altura y la edad de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|--|----------------|------|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | $(0.7116+0.9613(E)^{-1/2})/T$ Raíz Cuadrada | 0.87 | 9.2 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | $(1.8977-0.0207(E)^{-1/2})/T$ Raíz cuadrada | 0.89 | 10.3 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | $(1.6609+1.2897(E)^{-1/2})/T$ Raíz Cuadrada | 0.92 | 9.5 |

Para *P. maximinoi*; Nuñez(24) reporta un IMA en Altura de 1.09 m/año para el área de Cobán y Escobar (8) 0.98 m/año en Jalapa, ambos estudios en bosque natural. Bajo condiciones de plantación en la finca Saquichaj, este incremento es de 1.8 m/año. Contreras (4) reporta para *P. caribaea* un IMA en Altura de 0.7543 m/año, mientras que en la finca Saquichaj se obtuvo un IMA de 0.90 m/año.

Pinus strobus chiapensis tuvo un IMA en altura de 2.06 m/año; estas diferencias pudieron ser debidas a que los anteriores estudios fueron realizados en bosques naturales, donde las especies se encuentran adaptadas a las condiciones del sitio, mientras que en la finca Saquichaj no hay distribución natural de *P. caribaea*. y este ha tenido que adaptarse al área; así como a la falta de manejo de los rodales. Posiblemente esta competencia con la flora natural del área ha motivado al crecimiento en altura compitiendo principalmente por luz.

El Cuadro 10 presenta los modelos de regresión para el incremento corriente anual en volumen de las especies estudiadas; para todos los casos, el modelo que logró el mejor ajuste fue el de raíz cuadrada.

Cuadro 10. Relación entre el incremento corriente anual (ICA) en volumen y la edad de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|---|----------------|-----|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | $-0.0075+0.0028(E)^{-1/2}$ Raíz Cuadrada | 0.95 | 7.4 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | $-0.005+0.002(E)^{-1/2}$ Raíz cuadrada | 0.85 | 9.1 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | $0.0749-0.2425(E)^{-1/2}$ Raíz cuadrada | 0.95 | 8.0 |

En la Figura 15 se observa la notable diferencia en el incremento en volumen; teniendo el mayor *P. strobus* y el menor *P. maximinoi*.

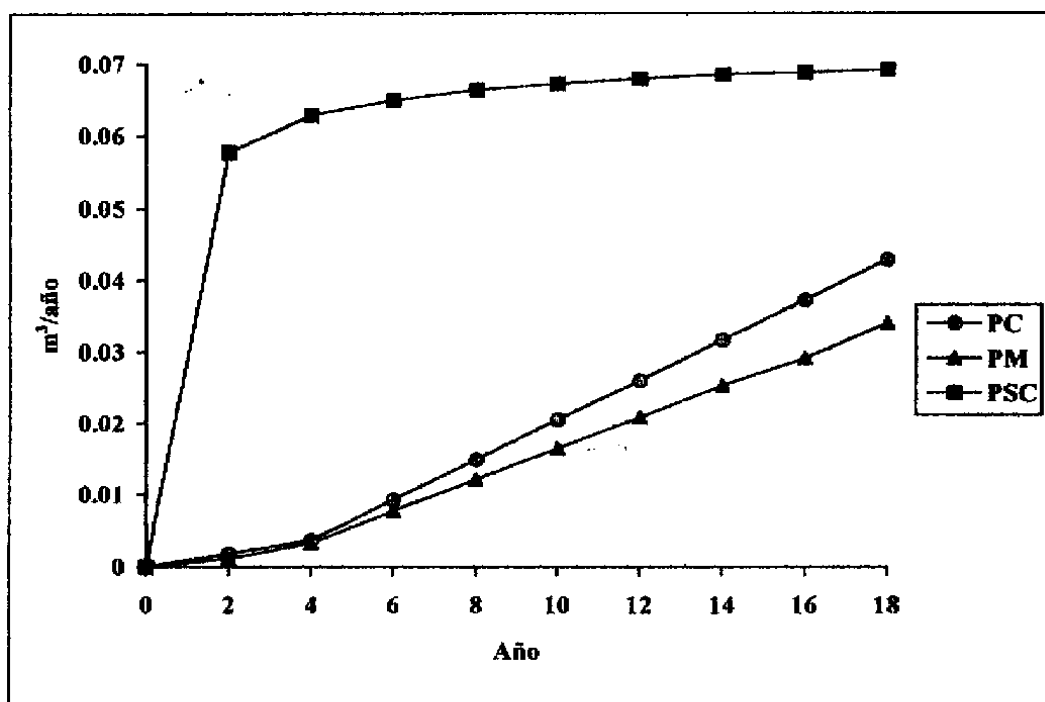


Figura 15. Comportamiento del Incremento Corriente Anual (ICA) en Volumen de de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

P. strobus tuvo al inicio de la plantación su máximo IMA a la edad de dos años; posteriormente el IMA tendió a decrecer, mientras que las otras dos especies ha ido aumentando con tendencia a estabilizarse. (Figura 16); esto se debe a que las *P. maximinoi* y *P. caribaea* aún se encuentran en competencia natural; raleándose la plantación entre sí; mientras que *P. strobus* ya no se encuentra raleando de forma natural y el incremento tiende a estabilizarse.

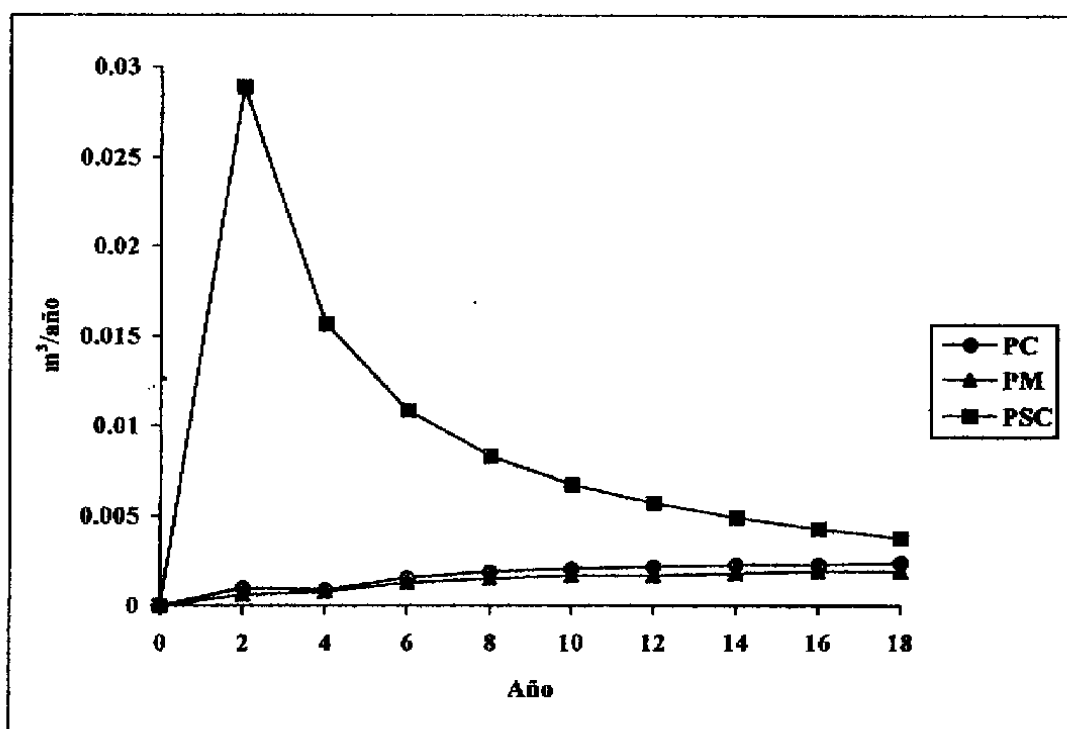


Figura 16. Comportamiento del Incremento Medio Anual (IMA) en Volumen de de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

El Cuadro 11 presenta los modelos de regresión para las especies de *Pinus* estudiadas; el modelo que mejor representa la relación es el cuadrático.

Cuadro 11. Relación entre el incremento medio anual (IMA) en volumen y la edad de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|---|---|----------------|-----|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | $(-0.0075+0.0028(E)^{-1/2})/T$ Raíz Cuadrada | 0.95 | 7.4 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | $(-0.005+0.002(E)^{-1/2})/T$ Raíz cuadrada | 0.85 | 9.1 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | $(0.0749-0.2425(E)^{-1/2})/T$ Raíz cuadrada | 0.95 | 8.0 |

Para *P. maximinoi*; Nuñez (24) reporta un IMA en Volumen de 9.78 m³/ha/año para el área de Cobán y Escobar (8) 7.43 m³/ha/año en Jalapa, ambos estudios en bosque natural. Bajo condiciones de plantación en la finca Saquichaj, este incremento es de 7.826 m³/ha/año; en este caso se observa la diferencia en incremento debido, probablemente a la falta de manejo de la plantación, pero aún así se mantiene dentro del rango de crecimiento de un bosque natural. Contreras (4) reporta para *P. caribaea* un IMA en Volumen de 6.2985 m³/ha/año, mientras que en la finca Saquichaj se obtuvo un IMA de 8.1247 m³/ha/año. *P. strobus chiapensis* tuvo un IMA de 15.805 m³/año.

Después de observar el crecimiento de las tres especies, es notable la buena adaptación de *P. strobus* a las condiciones del área, seguida por *P. caribaea* y finalmente por *P. maximinoi*. Uno de los puntos importantes a mencionar es que al momento de realizar el muestreo se vio que las secciones de dos metros de largo de *P. strobus* eran menos pesadas que las secciones de igual longitud y similar diámetro de las otras dos especies; lo que indica una menor densidad de la madera.

Según observación de campo; la madera de *P. strobus* es de menor calidad para aserrio que la de *P. maximinoi* y *P. caribaea* ya que al aserrar la troza, esta tiende a rajarse y formar asperezas, mientras que las otras dos especies son más resistentes a las rajaduras. Otra característica observada en *P. strobus* es la formación de poca resina, mientras que las otras dos especies poseen abundante resina.

En el período comprendido de 2 a 6 años tuvo lugar la primera selección natural de árboles ya que a las plantaciones no se les aplicaron tratamientos silvícolas a estas edades lo que provocó la selección natural por medio de la competencia por luz y nutrientes lo que se evidencia al revisar las densidades actuales de plantación.

Inicialmente el bosque fue establecido a 2,500 árboles por hectárea, mientras que después de 18 años de plantación la densidad media para *P. caribaea* es de 450 árboles por hectárea; *P. maximinoi* 520 árboles por hectárea y *P. strobus* 250 árboles por hectárea. (26) .

Otro indicador de la selección natural en la plantación es la distribución de las clases diamétricas; al graficar la frecuencia y clases diamétricas se puede observar una curva de distribución normal la que es común en bosques naturales pero no así en plantaciones ya que en bosques manejados la tendencia de la representación de clases diamétricas con la frecuencia presenta una curva cuadrática ó casi constante.

(Figura 17) (26)

En estas plantaciones se ve la necesidad de efectuar los tratamientos silvícolas; principalmente en lo que respecta a raleos ya que este tratamiento aumenta el volumen por unidad de área y aumenta la productividad del bosque.

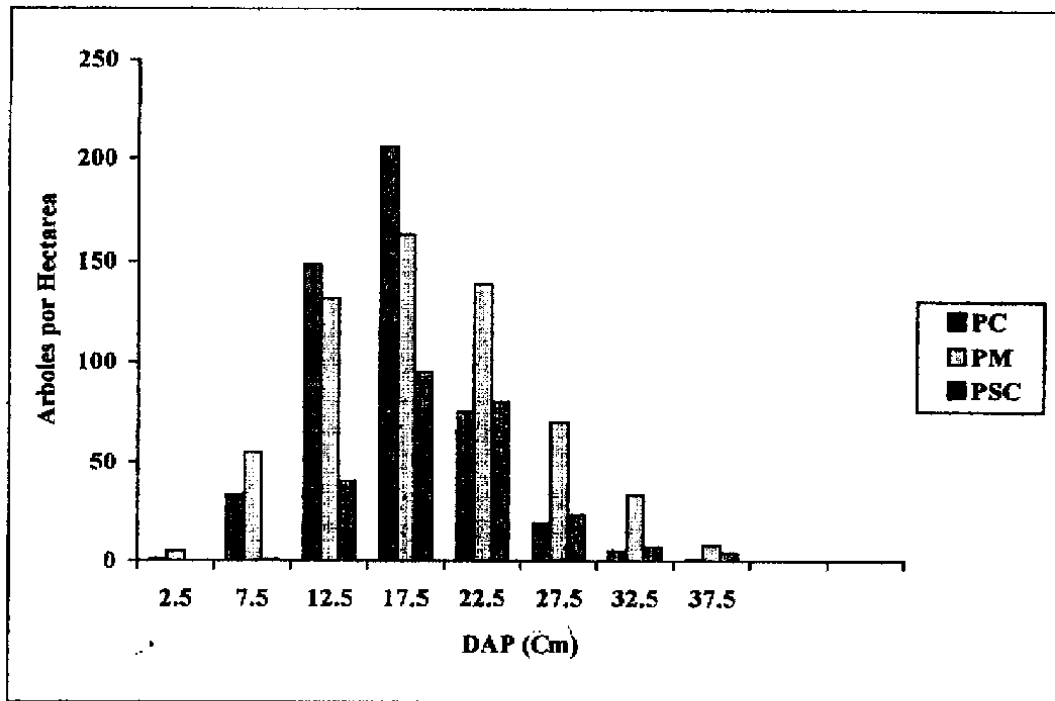


Figura 17. Distribución de los diámetros de *Pinus caribaea* Morelet (PC); *Pinus maximinoi* H.E. Moore (PM) y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (PSC) en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz

6.2 Coeficiente mórfico y de corteza:

El Cuadro 12 presenta los coeficientes mórficos y de corteza que se obtuvieron por medio del análisis fustal; es evidente que la especie que posee mayor volumen de corteza es *P. maximinoi*; mientras que el volumen de corteza de las otras dos especies estudiadas es similar.

Cuadro 12. Coeficiente Mórfico y de Corteza de las especies de *Pinus* estudiadas en el Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Especie | Coeficiente Mórfico (f) | Factor de Corteza (K) |
|---|--------------------------------|------------------------------|
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | 0.5992 | 0.8298 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | 0.4969 | 0.9736 |
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | 0.5166 | 0.9736 |

Bajo las condiciones de competencia natural a las que está expuesta la plantación, se puede ver que la especie que presenta menor ahusamiento en el fuste es *Pinus maximinoi*, mientras que la que presenta mayor ahusamiento es *P. strobus*.

6.3 Relación entre variables alométricas

En el Cuadro 13 se muestran las ecuaciones generadas para representar la relación entre el diámetro y la altura en las plantaciones de la finca Saquichaj; como "r" se representa el coeficiente de correlación de la ecuación y como "%CV" el coeficiente de variación en porcentaje.

Las ecuaciones fueron generadas a partir de la información recopilada en el campo por medio del análisis fustal; el modelo que mejor representó esta relación en función de los estimadores r^2 , Cuadrado medio del error y coeficiente de variación; el modelo que mejor representó esta relación fue el cuadrático; este comportamiento muestra que la altura llega a un nivel máximo conforme aumenta

el diámetro y luego tiende a decrecer, lo que demuestra la necesidad de proporcionar manejo a las plantaciones.

Cuadro 13. Relación entre variables alométricas de las especies de *Pinus* estudiadas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Relación | Ecuación/Modelo | r ² | %CV |
|--|--|----------------|-----|
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | Altura = 3.4016 + 1.1893(D) - 0.0185(D) ² Cuadrático | 0.95 | 7.2 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>Chiupensis</i> Martínez | Altura = 0.4326 + 1.8658(D) - 0.0322(D) ² Cuadrático | 0.92 | 8.5 |
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | Altura = 21.1149 + 0.2962(D) - 2.2314√D Raíz cuadrada | 0.75 | 9.2 |

6.4 Tablas de volumen

El modelo de regresión de variables múltiples utilizado que fue:

$$\text{Volumen} = a + b(D^2H)$$

donde:

a, b = constantes

D = diámetro a la altura del pecho

H = Altura total del árbol

En los Cuadros 14, 15 y 16 se presentan las tablas de volumen con su factor de determinación "r²" y la ecuación que la representa; así como los volúmenes estimados para los arboles de acuerdo a las dimensiones de 2 en 2 centímetros de Diámetro a la altura del pecho (DAP) y de 2 en 2 metros de altura total del árbol.

La especie que presentó menor correlación fue *P. caribaea* con 0.82; mientras que *P. maximinoi* y *P. strobus* presentaron correlación de 0.98.

Las ecuaciones obtenidas son:

$$\begin{aligned} \textit{Pinus caribaea:} \quad \text{Volumen} &= 0.1397596 + 0.00001984708(D^2H) \\ & r^2 = 0.823 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Pinus maximinoi} \quad \text{Volumen} &= 0.02237883 + 0.00003948425(D^2H) \\ & r^2 = 0.981 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Pinus strobus chiapensis} \quad \text{Volumen} &= 0.08476883 + 0.00003300915(D^2H) \\ & r^2 = 0.986 \end{aligned}$$

Cuadro 14. Tabla de volumen para *Pinus caribaea* Morelet en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz

| | | Diámetro (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| A l t u r a (metros) | 2 | | 0.1399 | 0.1404 | 0.1412 | 0.1423 | 0.1437 | 0.1455 | 0.1475 | 0.1499 | 0.1526 | 0.1556 | 0.1590 | 0.1626 | 0.1666 | 0.1709 | 0.1755 |
| | 4 | | 0.1401 | 0.1410 | 0.1426 | 0.1448 | 0.1477 | 0.1512 | 0.1553 | 0.1601 | 0.1655 | 0.1715 | 0.1782 | 0.1855 | 0.1934 | 0.2020 | 0.2112 |
| | 6 | | 0.1402 | 0.1417 | 0.1440 | 0.1474 | 0.1517 | 0.1569 | 0.1631 | 0.1702 | 0.1783 | 0.1874 | 0.1974 | 0.2084 | 0.2203 | 0.2331 | 0.2469 |
| | 8 | | 0.1404 | 0.1423 | 0.1455 | 0.1499 | 0.1556 | 0.1626 | 0.1709 | 0.1804 | 0.1912 | 0.2033 | 0.2166 | 0.2312 | 0.2471 | 0.2642 | 0.2827 |
| | 10 | | 0.1406 | 0.1429 | 0.1469 | 0.1525 | 0.1596 | 0.1683 | 0.1787 | 0.1906 | 0.2041 | 0.2191 | 0.2358 | 0.2541 | 0.2739 | 0.2954 | 0.3184 |
| | 12 | | 0.1407 | 0.1436 | 0.1483 | 0.1550 | 0.1636 | 0.1741 | 0.1864 | 0.2007 | 0.2169 | 0.2350 | 0.2550 | 0.2769 | 0.3008 | 0.3265 | 0.3541 |
| | 14 | | 0.1409 | 0.1442 | 0.1498 | 0.1575 | 0.1675 | 0.1798 | 0.1942 | 0.2109 | 0.2298 | 0.2509 | 0.2742 | 0.2998 | 0.3276 | 0.3576 | 0.3898 |
| | 16 | | 0.1410 | 0.1448 | 0.1512 | 0.1601 | 0.1715 | 0.1855 | 0.2020 | 0.2211 | 0.2426 | 0.2668 | 0.2935 | 0.3227 | 0.3544 | 0.3887 | 0.4256 |
| | 18 | | 0.1412 | 0.1455 | 0.1526 | 0.1626 | 0.1755 | 0.1912 | 0.2098 | 0.2312 | 0.2555 | 0.2827 | 0.3127 | 0.3455 | 0.3813 | 0.4198 | 0.4613 |

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0.1397596 + 0.00001984708(D^2H)$$

$$r^2 = 0.823$$

Cuadro 15. Tabla de volumen de *Pinus maximiloi* H.E. Moore en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| | | Diámetro (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| A l t u r a (metros) | 2 | | 0.0227 | 0.0236 | 0.0252 | 0.0274 | 0.0303 | 0.0338 | 0.0379 | 0.0426 | 0.0480 | 0.0540 | 0.0606 | 0.0679 | 0.0758 | 0.0843 | 0.0935 |
| | 4 | 0.0230 | 0.0249 | 0.0281 | 0.0325 | 0.0382 | 0.0451 | 0.0533 | 0.0628 | 0.0736 | 0.0856 | 0.0988 | 0.1134 | 0.1291 | 0.1462 | 0.1645 | 0.1845 |
| | 6 | 0.0233 | 0.0262 | 0.0309 | 0.0375 | 0.0461 | 0.0565 | 0.0688 | 0.0830 | 0.0991 | 0.1171 | 0.1370 | 0.1588 | 0.1825 | 0.2081 | 0.2356 | 0.2650 |
| | 8 | 0.0236 | 0.0274 | 0.0338 | 0.0426 | 0.0540 | 0.0679 | 0.0843 | 0.1032 | 0.1247 | 0.1487 | 0.1753 | 0.2043 | 0.2359 | 0.2700 | 0.3067 | 0.3460 |
| | 10 | 0.0240 | 0.0287 | 0.0366 | 0.0476 | 0.0619 | 0.0792 | 0.0998 | 0.1235 | 0.1503 | 0.1803 | 0.2135 | 0.2498 | 0.2893 | 0.3319 | 0.3777 | 0.4265 |
| | 12 | 0.0243 | 0.0300 | 0.0394 | 0.0527 | 0.0698 | 0.0906 | 0.1152 | 0.1437 | 0.1759 | 0.2119 | 0.2517 | 0.2953 | 0.3427 | 0.3938 | 0.4488 | 0.5065 |
| | 14 | 0.0246 | 0.0312 | 0.0423 | 0.0578 | 0.0777 | 0.1020 | 0.1307 | 0.1639 | 0.2015 | 0.2435 | 0.2899 | 0.3408 | 0.3961 | 0.4558 | 0.5199 | 0.5872 |
| | 16 | 0.0249 | 0.0325 | 0.0451 | 0.0628 | 0.0856 | 0.1134 | 0.1462 | 0.1841 | 0.2271 | 0.2751 | 0.3281 | 0.3863 | 0.4494 | 0.5177 | 0.5910 | 0.6682 |
| | 18 | 0.0252 | 0.0338 | 0.0480 | 0.0679 | 0.0935 | 0.1247 | 0.1617 | 0.2043 | 0.2527 | 0.3067 | 0.3664 | 0.4318 | 0.5028 | 0.5796 | 0.6620 | 0.7497 |
| | 20 | 0.0255 | 0.0350 | 0.0508 | 0.0729 | 0.1013 | 0.1361 | 0.1772 | 0.2245 | 0.2782 | 0.3383 | 0.4046 | 0.4772 | 0.5562 | 0.6415 | 0.7331 | 0.8299 |
| | 22 | 0.0259 | 0.0363 | 0.0537 | 0.0780 | 0.1092 | 0.1475 | 0.1926 | 0.2448 | 0.3038 | 0.3698 | 0.4428 | 0.5227 | 0.6096 | 0.7034 | 0.8042 | 0.9099 |
| | 24 | 0.0262 | 0.0375 | 0.0565 | 0.0830 | 0.1171 | 0.1588 | 0.2081 | 0.2650 | 0.3294 | 0.4014 | 0.4810 | 0.5682 | 0.6630 | 0.7653 | 0.8752 | 0.9899 |

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0.02237883 + 0.00003948425(D^2H)$$

$$r^2 = 0.981$$

Cuadro 16. Tabla de volumen para *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| | | Diámetro (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
| A l t u r a (metros) | 2 | | 0.0850 | 0.0858 | 0.0871 | 0.0890 | 0.0914 | 0.0943 | 0.0977 | 0.1017 | 0.1062 | 0.1112 | 0.1167 | 0.1228 | 0.1294 | 0.1365 | 0.1442 |
| | 4 | 0.0853 | 0.0869 | 0.0895 | 0.0932 | 0.0980 | 0.1038 | 0.1106 | 0.1186 | 0.1275 | 0.1376 | 0.1487 | 0.1608 | 0.1740 | 0.1883 | 0.2036 | |
| | 6 | 0.0856 | 0.0879 | 0.0919 | 0.0974 | 0.1046 | 0.1133 | 0.1236 | 0.1355 | 0.1489 | 0.1640 | 0.1806 | 0.1988 | 0.2187 | 0.2400 | 0.2630 | |
| | 8 | 0.0858 | 0.0890 | 0.0943 | 0.1017 | 0.1112 | 0.1228 | 0.1365 | 0.1524 | 0.1703 | 0.1904 | 0.2126 | 0.2369 | 0.2633 | 0.2918 | 0.3224 | |
| | 10 | 0.0861 | 0.0901 | 0.0967 | 0.1059 | 0.1178 | 0.1323 | 0.1495 | 0.1693 | 0.1917 | 0.2168 | 0.2445 | 0.2749 | 0.3079 | 0.3436 | 0.3819 | |
| | 12 | 0.0864 | 0.0911 | 0.0990 | 0.1101 | 0.1244 | 0.1418 | 0.1624 | 0.1862 | 0.2131 | 0.2432 | 0.2765 | 0.3129 | 0.3525 | 0.3953 | 0.4413 | |
| | 14 | 0.0866 | 0.0922 | 0.1014 | 0.1143 | 0.1310 | 0.1513 | 0.1753 | 0.2031 | 0.2345 | 0.2696 | 0.3084 | 0.3510 | 0.3972 | 0.4471 | 0.5007 | |
| | 16 | 0.0869 | 0.0932 | 0.1038 | 0.1186 | 0.1376 | 0.1608 | 0.1883 | 0.2200 | 0.2559 | 0.2960 | 0.3404 | 0.3890 | 0.4418 | 0.4988 | 0.5601 | |
| | 18 | 0.0871 | 0.0943 | 0.1062 | 0.1228 | 0.1442 | 0.1703 | 0.2012 | 0.2369 | 0.2773 | 0.3224 | 0.3723 | 0.4270 | 0.4864 | 0.5506 | 0.6195 | |
| | 20 | 0.0874 | 0.0953 | 0.1085 | 0.1270 | 0.1508 | 0.1798 | 0.2142 | 0.2538 | 0.2987 | 0.3488 | 0.4043 | 0.4650 | 0.5311 | 0.6024 | 0.6789 | |
| | 22 | 0.0877 | 0.0964 | 0.1109 | 0.1312 | 0.1574 | 0.1893 | 0.2271 | 0.2707 | 0.3201 | 0.3752 | 0.4363 | 0.5031 | 0.5757 | 0.6541 | 0.7384 | |
| | 24 | 0.0879 | 0.0974 | 0.1133 | 0.1355 | 0.1640 | 0.1988 | 0.2400 | 0.2876 | 0.3414 | 0.4017 | 0.4682 | 0.5411 | 0.6203 | 0.7059 | 0.7978 | |
| | 26 | 0.0882 | 0.0985 | 0.1157 | 0.1397 | 0.1706 | 0.2084 | 0.2530 | 0.3045 | 0.3628 | 0.4281 | 0.5002 | 0.5791 | 0.6649 | 0.7576 | 0.8572 | |

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = 0.08476883 + 0.00003300915(D^2H)$$

$$r^2 = 0.986$$

- 7.1 En el proyecto de reforestación Saquichaj, los mayores incrementos tanto en Diámetro, Altura y Volumen los posee *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez, seguido por *Pinus caribaea* Morelet y finalmente *Pinus maximinoi* H.E. Moore; estos incrementos son aceptables ya que en general son mayores a los incrementos que se han determinado en bosques naturales.
- 7.2 La especie que ha tenido el mayor crecimiento es *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez aunque se evidencie un ataque interno de insectos del orden Isoptera, seguido por *Pinus maximinoi* H.E. Moore y finalmente *Pinus caribaea* Morelet.
- 7.3 La especie con menor ahusamiento en el fuste es *Pinus maximinoi* H.E. Moore, seguido por *Pinus caribaea* Morelet y *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez posiblemente este ahusamiento se debió a la falta de manejo y de las características de crecimiento de cada especie.
- 7.4 La especie con menor volumen de corteza es *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez, seguida por *Pinus caribaea* Morelet y *Pinus maximinoi* H.E. Moore.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 El análisis de la información contenida en el estudio puede ser utilizada para la planificación de tratamientos silvícolas, principalmente raleos en plantaciones posteriores que se encuentren bajo condiciones ambientales similares a las de la finca Saquichaj.
- 8.2 Para próximos proyectos de reforestación en el área de estudio se deben tomar en cuenta para la selección de las especies, los requerimientos naturales de las mismas y las condiciones ambientales donde serán establecidas así como brindarles un manejo oportuno.
- 8.3 Las tablas de volumen y ecuaciones de volumen generadas en este estudio deben ser utilizadas únicamente para árboles de dimensiones similares a las que se presentan y que se encuentren en condiciones parecidas a las de la finca saquichaj.

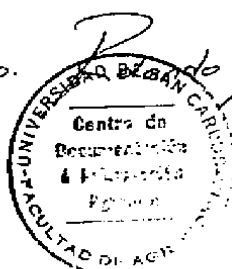
8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Roma, Italia, FAO. Estudio FAO: Montes no. 22/2, 118 p.
2. BAKER, F.S. s.f; Principles of silviculture. New York, United States, Mc Graw Hill, p. 48-50
3. BARRIOS GONZALEZ et.al, 1,993. Inventario forestal y plan de tratamientos silvícolas de la plantación de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Cupressus lusitanica* Miller en la finca chicocom, Cobán, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 89 p.
4. CANO, E. 1993. Relación alométrica entre el área foliar y el área de albura en *Pinus patula* en la región de Zacatlán, Puebla, México. Tesis Mag.Sc. México, colegio de post graduados, Montecillos, estado de México, 89 p.
5. CONTRERAS REINOSO, J.F., 1,987. Estudio del crecimiento y rendimiento de *Pinus caribaea* Morelet., en Machaquilá, Poptún Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía., 96 p.
6. CRUZ, J.R. DE LA. 1,976. Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema holdrige. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
7. DANIEL, T.; HELMS, J.; BAKER, F. 1982. Principios de silvicultura. Trad. por Ramón Elizondo Mata. 2 ed. México, D.F., Mc Graw Hill. 492 p.
8. ESCOBAR SAGASTUME A.A. 1,987. Estudio de crecimiento y rendimiento de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, en Jalapa, departamento de Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía., 75 p.
9. GUATEMALA. 1974. Decreto 58-74 ley forestal de Guatemala. Guatemala. Tipografía Nacional. 46 p.
10. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1,968. Mapa topográfico de Guatemala, hoja cartográfica Rubeltem. no. 2162 IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.

11. _____. 1978. Mapa de cuencas de la República de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. Color.
12. _____. 1982. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
13. _____. 1982. Mapa de la capacidad productiva de la tierra de la República de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
14. _____. 1982. Mapa de regiones fisiográficas de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
15. _____. 1982. Mapa de industrias Forestales de Guatemala. Guatemala. Escala 1:1,000,000. Color.
16. _____. 1982. Mapa geológico de la República de Guatemala; hoja cartográfica Rubeltem, no. 2162IV. Guatemala. Escala 1:50,000. Color.
17. _____. 1988. Mapa de regionalización administrativa de la República de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
18. KLEPAC, D. 1983. Crecimiento y rendimiento de árboles y masas forestales. 2 ed. Chapingo, México., Universidad Autónoma de Chapingo. 365 p.
19. LEMA TAPIAS, A. 1986. Inventarios forestales, diseño de muestreo y planificación. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. 312 p.
20. LÓPEZ PAYES, J.G. 1992. Determinación de índices de sitio y estudio de crecimiento de ciprés común (*Cupressus lusitanica* Miller), establecido en plantación en tres localidades del departamento de Guatemala, Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 87 p.
21. LOJANI, L. 1966. Manual del curso de dasometría. Turrialba, Costa Rica, IICA. 54 p.
22. MACKAY, E. 1964. Dasometría; teoría y técnica de la medición forestal. Madrid, España, Escuela Superior de Ingenieros de Montes. p 549-687

23. MARTÍNEZ, M. 1,948. Los pinos mexicanos. 2 de. México. Ed. Botas. 361 p.
24. NUÑEZ SARAVIA, O. M. 1,986. Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus maximinoi H.E. Moore., en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 130 p.
25. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H., 1959. Carta agrológica de reconocimiento de la República de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:400,000. Color.
26. _____. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala. José Pineda Ibarra. 1000 p.
27. TZIRIN BATZIN, J. 1995. Mapa de estratificación forestal del proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán Alta Verapaz. Guatemala. Esc. 1:20,000.
28. VEILLON, J. 1965. Curso de ordenación forestal. Turrialba, Costa Rica, IICA, Programa Forestal. 85p.

Vo. Bo. *R. de Barrios.*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Centro de
Investigación
& Desarrollo
Agrario
FACULTAD DE AGRICULTURA

10. APENDICE:

Cuadro 18a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase I del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Inversionista | Extensión Hectáreas | Período | Edad Actual en Años |
|----------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| FIASA | 22.89 | 01/01/77 - 31/12/77 | 16 |
| CANELLA | 68.68 | 01/01/77 - 31/12/77 | 16 |
| CERV.C.A,S.A | 228.95 | 01/01/77 - 31/12/77 | 16 |

TOTAL = 320.52 hectáreas

Cuadro 19a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase II del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Inversionista | Extensión Hectáreas | Período | Edad Actual en Años |
|----------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| EDMUNDO NANNE | 6.0144 | Julio/77 - Junio/78 | 15 |
| DIFASA | 32.9056 | Julio/77 - Junio/78 | 15 |

TOTAL = 38.9200 hectáreas

Cuadro 20a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase IV del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Inversionista | Extensión Hectáreas | Período | Edad Actual en Años |
|----------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| ACETIGAS | 45.7896 | Dic/77 - Nov 78 | 15 |
| FABRIGAS | 45.7896 | Enero/78 - Dic/78 | 15 |
| ÓXIDOS DEL SUR | 18.3159 | Enero/78 - Dic/78 | 15 |
| CARBOX | 20.1049 | Abril/78 - May/79 | 15 |

TOTAL = 130.0000 hectáreas

Cuadro 21a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VI del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Inversionista | Extensión Hectáreas | Período | Edad Actual en Años |
|----------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| CERV.C.A,S.A | 228.9482 | Ene/78 - Dic/78 | 15 |
| Inversiones C.A, S.A | 114.4741 | Ene/78 - Dic/78 | 15 |
| Bienes y Serv. | 114.4741 | Ene/78 - Dic/78 | 15 |
| Salvavidas | 114.4741 | Ene/78 - Dic/78 | 15 |

TOTAL = 572.3705 hectáreas

Cuadro 22a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VI-A del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Inversionista | Extensión Hectáreas | Período | Edad Actual en Años |
|---------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| CERV.Nac,S.A | 114.4741 | Ene/79 - Dic/79 | 14 |

TOTAL = 114.4741 hectáreas

Cuadro 23a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VII del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Inversionista | Extensión Hectáreas | Período | Edad Actual en Años |
|---------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| CODESA | 114.4741 | Abr/78 - Mar/79 | 15 |

TOTAL = 114.4741 hectáreas

Cuadro 24a. Inversionistas, Extensión y Edad de la Fase VIII del Proyecto de Reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.

| Inversionista | Extensión Hectáreas | Período | Edad Actual en Años |
|----------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| Embotelladora La Mariposa | 57.2370 | Jul/78 - Jun/79 | 14 |
| Embotelladora del Pacífico | 34.3422 | May/79 - Abr/80 | 14 |

TOTAL = 91.5792 hectáreas

Cuadro 25a. Estratificación forestal y no forestal en la Finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. en negrilla, se indican los estratos que fueron estudiados.

| Estrato | Hectáreas |
|---|-----------|
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet | 94.17 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | 153.66 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | 4.13 |
| <i>Cupressus lusitanica</i> Miller | 126.83 |
| <i>Pinus caribaea</i> Morelet; <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore; <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | 6.48 |
| <i>Pinus caribaeae</i> Morelet; <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | 5.11 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore; <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez | 16.78 |
| <i>Pinus caribaeae</i> Morelet; <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | 11.15 |
| <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore; <i>Cupressus lusitanica</i> Miller | 22.59 |
| <i>Pinus caribaeae</i> Morelet; <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore; <i>Cupressus lusitanica</i> Miller | 3.12 |
| <i>Pinus strobus</i> L. var. <i>chiapensis</i> Martínez; <i>Cupressus lusitanica</i> Miller | 13.59 |
| <i>Pinus caribaeae</i> Morelet; <i>Cupressus lusitanica</i> Miller | 8.39 |
| Plantación Joven de <i>Cupressus lusitanica</i> Miller | 95.02 |
| Plantación Joven de <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore | 9.19 |
| Bosque Natural, Guamiles y Frutales | 1326.71 |

Cuadro 26a. Frecuencia, Área Basal y Volumen total por hectárea y clase diamétrica del estrato de *Pinus caribaea* Morelet, en la finca Saquichaj, Cobán, A.V.

| Rango (cm) | mi (cm) | Frecuencia % | Arboles por ha. | AB/Ha (m ²) | Vol/Ha (m ³) |
|------------|---------|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| < 5 | 2.5 | 0.093 | 1 | 0.011 | 0.075 |
| 5 - 10 | 7.5 | 6.72 | 33 | 0.771 | 5.408 |
| 10 - 15 | 12.5 | 30.53 | 149 | 3.501 | 24.563 |
| 15 - 20 | 17.5 | 42.29 | 206 | 4.849 | 34.569 |
| 20 - 25 | 22.5 | 15.41 | 75 | 1.766 | 12.394 |
| 25 - 30 | 27.5 | 3.92 | 19 | 0.450 | 3.155 |
| 30 - 35 | 32.5 | 0.93 | 5 | 0.107 | 0.751 |
| 35 - 40 | 37.5 | 0.09 | 1 | 0.011 | 0.075 |
| Total | | | 489 | 11.465 | 80.45 |

Cuadro 27a. Frecuencia, Área Basal y Volumen total por hectárea y clase diamétrica del estrato de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, en la finca Saquichaj, Cobán, A.V.

| Rango (cm) | mi (cm) | Frecuencia % | Arboles por ha. | AB/Ha (m ²) | Vol/Ha (m ³) |
|------------|---------|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| < 5 | 2.5 | 0.87 | 5 | 0.1664 | 1.282 |
| 5 - 10 | 7.5 | 9.04 | 55 | 1.7309 | 13.334 |
| 10 - 15 | 12.5 | 21.74 | 132 | 4.1609 | 32.054 |
| 15 - 20 | 17.5 | 26.87 | 163 | 5.1428 | 39.619 |
| 20 - 25 | 22.5 | 23.04 | 139 | 4.4105 | 33.977 |
| 25 - 30 | 27.5 | 11.65 | 70 | 2.2301 | 17.181 |
| 30 - 35 | 32.5 | 5.39 | 33 | 1.031 | 7.949 |
| 35 - 40 | 37.5 | 1.39 | 8 | 0.2663 | 2.051 |
| Total | | | 605 | 19.14 | 147.45 |

Cuadro 28a. Frecuencia, Área Basal y Volumen total por hectárea y clase diamétrica del estrato de *Cupressus lusitanica* Miller, en la finca Saquichaj, Cobán, A.V.

| Rango (cm) | mi (cm) | Frecuencia % | Arboles por ha. | AB/Ha (m ²) | Vol/Ha (m ³) |
|------------|---------|--------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| 5 - 10 | 2.5 | 9.8 | 69 | 1.994 | 6.031 |
| 10 - 15 | 7.5 | 21.41 | 150 | 4.321 | 13.066 |
| 15 - 20 | 12.5 | 33.69 | 236 | 6.803 | 20.571 |
| 20 - 25 | 17.5 | 21.07 | 148 | 4.255 | 12.865 |
| 25 - 30 | 22.5 | 10.32 | 72 | 2.083 | 6.299 |
| 30 - 35 | 27.5 | 3.29 | 23 | 0.665 | 2.010 |
| 35 - 40 | 32.5 | 0.22 | 2 | 0.044 | 0.134 |
| 40 - 45 | 37.5 | 0.11 | 1 | 0.019 | 0.067 |
| Total | | | 701 | 20.187 | 61.044 |

Cuadro 29a. Resumen de las dimensiones de los árboles de *Pinus caribaea* Morelet muestreados en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz

| Árbol | DAP(cm) | Altura(m) | Vol.(m ³) | Cf | K |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 1 | 11.79 | 18.00 | 0.1341 | 0.6408 | 0.8482 |
| 2 | 12.34 | 16.00 | 0.2832 | 0.6981 | 0.8185 |
| 3 | 14.95 | 16.50 | 0.2023 | 0.6835 | 0.8629 |
| 4 | 15.00 | 17.00 | 0.2173 | 0.5851 | 0.9600 |
| 5 | 15.05 | 17.00 | 0.4205 | 0.6688 | 0.8638 |
| 6 | 15.40 | 16.00 | 0.2537 | 0.6975 | 0.8766 |
| 7 | 15.55 | 18.00 | 0.2078 | 0.6357 | 0.9582 |
| 8 | 16.94 | 17.00 | 0.1758 | 0.6688 | 0.8383 |
| 9 | 17.71 | 18.00 | 0.2563 | 0.6436 | 0.8865 |
| 10 | 17.83 | 16.50 | 0.2845 | 0.6741 | 0.8581 |
| 11 | 18.69 | 17.50 | 0.2777 | 0.5754 | 0.9417 |
| 12 | 19.51 | 15.00 | 0.1980 | 0.6315 | 0.9482 |
| 13 | 20.80 | 16.90 | 0.2249 | 0.3916 | 0.8990 |
| 14 | 20.90 | 17.00 | 0.2763 | 0.6687 | 0.8612 |
| 15 | 21.01 | 17.10 | 0.2308 | 0.3894 | 0.8853 |
| 16 | 21.84 | 17.20 | 0.2494 | 0.3869 | 0.8883 |
| 17 | 21.84 | 17.00 | 0.3900 | 0.6602 | 0.8888 |
| 18 | 22.67 | 17.40 | 0.2695 | 0.3838 | 0.8822 |
| 19 | 23.01 | 17.50 | 0.2789 | 0.3831 | 0.8735 |
| 20 | 25.82 | 17.00 | 0.3513 | 0.3948 | 0.8940 |
| 21 | 26.00 | 19.00 | 0.3648 | 0.3615 | 0.8923 |
| 22 | 26.23 | 18.00 | 0.3656 | 0.3759 | 0.8921 |
| 23 | 26.44 | 18.00 | 0.3707 | 0.3750 | 0.8888 |
| 24 | 26.57 | 17.20 | 0.3690 | 0.3901 | 0.8995 |
| 25 | 27.46 | 18.00 | 0.3998 | 0.3751 | 0.8922 |
| 26 | 27.50 | 17.20 | 0.3983 | 0.3869 | 0.8913 |
| 27 | 27.83 | 17.30 | 0.4065 | 0.3862 | 0.9199 |
| 28 | 28.08 | 17.40 | 0.4137 | 0.3839 | 0.9046 |
| 29 | 30.83 | 17.00 | 0.5722 | 0.4509 | 0.8920 |
| 30 | 30.88 | 18.00 | 0.5066 | 0.3758 | 0.9003 |
| Media | 21.55 | 17.22 | 0.3117 | 0.5108 | 0.8902 |

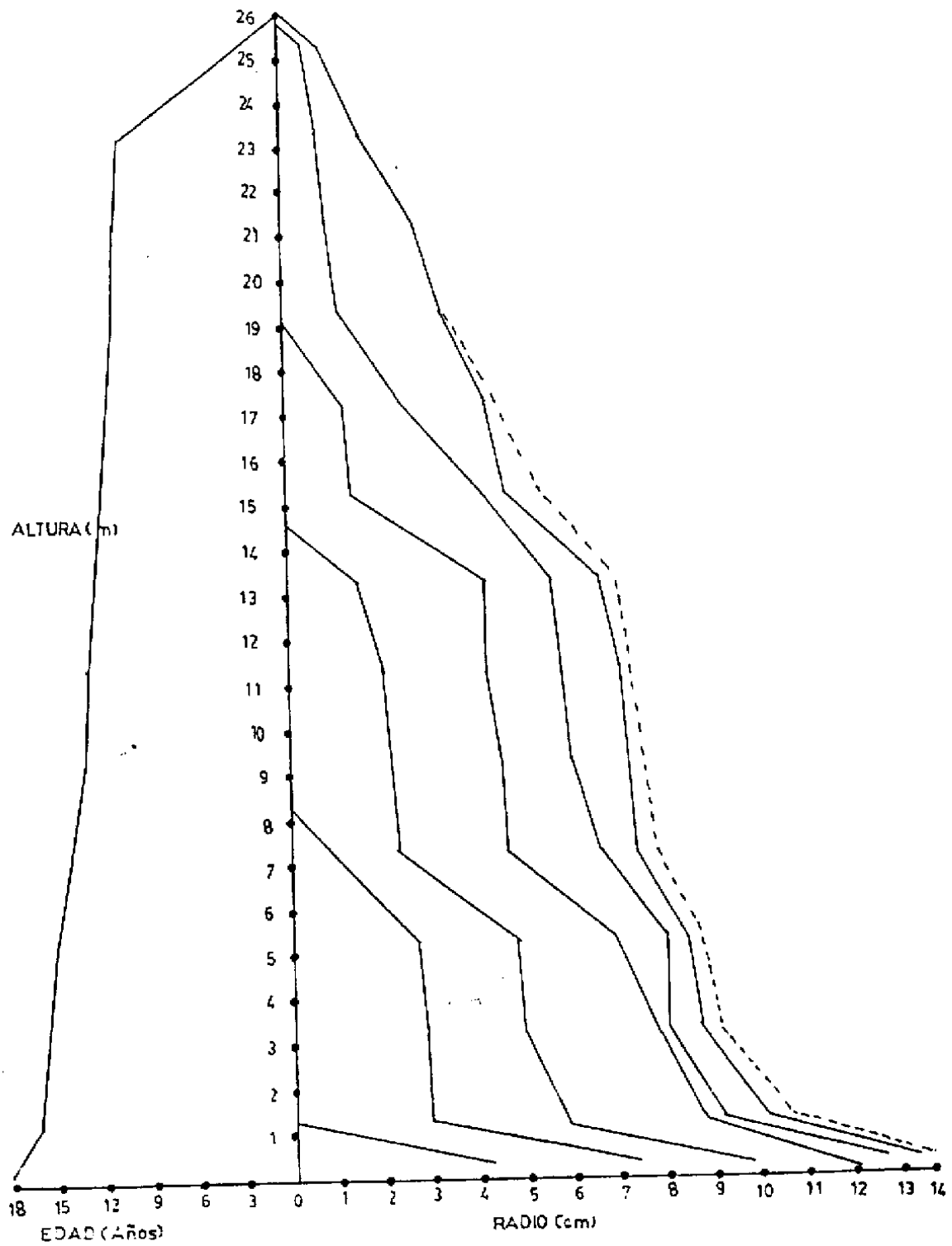
Cuadro 30a. Resumen de las dimensiones de los árboles de *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez muestreados en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz

| Árbol | DAP(cm) | Altura(m) | Vol.(m ³) | Cf | K |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 1 | 8.70 | 13.50 | 0.083 | 0.7236 | 0.9540 |
| 2 | 9.21 | 14.00 | 0.0941 | 0.7476 | 0.9772 |
| 3 | 11.21 | 20.00 | 0.1452 | 0.5682 | 0.9813 |
| 4 | 11.77 | 16.00 | 0.1564 | 0.6543 | 0.9431 |
| 5 | 14.22 | 24.00 | 0.211 | 0.4906 | 0.9845 |
| 6 | 14.67 | 22.00 | 0.2548 | 0.5278 | 0.9611 |
| 7 | 15.24 | 20.00 | 0.2618 | 0.5678 | 0.9810 |
| 8 | 15.36 | 20.00 | 0.2655 | 0.5677 | 0.9766 |
| 9 | 15.80 | 25.50 | 0.2559 | 0.4654 | 0.9823 |
| 10 | 16.13 | 20.00 | 0.2914 | 0.5674 | 0.9578 |
| 11 | 17.70 | 23.00 | 0.3448 | 0.5050 | 0.9774 |
| 12 | 17.92 | 22.00 | 0.3497 | 0.5280 | 0.9710 |
| 13 | 18.33 | 25.00 | 0.3506 | 0.4710 | 0.9820 |
| 14 | 18.98 | 22.00 | 0.3911 | 0.5280 | 0.9747 |
| 15 | 21.57 | 22.00 | 0.5008 | 0.5280 | 0.9179 |
| 16 | 23.70 | 28.00 | 0.5781 | 0.4239 | 0.9789 |
| 17 | 24.40 | 26.00 | 0.6092 | 0.4564 | 0.9820 |
| 18 | 25.60 | 27.00 | 0.6705 | 0.4395 | 0.9809 |
| 19 | 26.23 | 29.00 | 0.7094 | 0.4092 | 0.9684 |
| 20 | 26.25 | 27.00 | 0.5021 | 0.4397 | 0.9676 |
| 21 | 27.03 | 28.00 | 0.7498 | 0.4238 | 0.9804 |
| 22 | 28.00 | 27.00 | 0.8257 | 0.4395 | 0.9810 |
| 23 | 28.36 | 28.00 | 0.8475 | 0.4238 | 0.9771 |
| 24 | 30.02 | 28.00 | 0.9228 | 0.4239 | 0.9827 |
| 25 | 30.46 | 27.40 | 0.947 | 0.4331 | 0.9767 |
| 26 | 31.48 | 28.20 | 1.0143 | 0.4209 | 0.9784 |
| 27 | 31.60 | 25.00 | 1.008 | 0.4747 | 0.9873 |
| 28 | 31.92 | 26.50 | 1.0349 | 0.4478 | 0.9837 |
| 29 | 32.21 | 29.00 | 0.9774 | 0.3724 | 0.9479 |
| 30 | 32.51 | 28.00 | 1.0795 | 0.4238 | 0.9874 |
| Media | 21.89 | 24.04 | 0.5477 | 0.4964 | 0.9727 |

Cuadro 31a. Resumen de las dimensiones de los árboles de *Pinus maximinoi* H.E. Moore muestreados en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz

| Árbol | DAP | Altura(m) | Vol.(m ³) | Cf | K |
|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------|---------------|
| 1 | 7.01 | 11.00 | 0.0319 | 0.7512 | 0.8559 |
| 2 | 8.22 | 15.00 | 0.0563 | 0.7081 | 0.8516 |
| 3 | 8.77 | 11.50 | 0.0566 | 0.7116 | 0.8096 |
| 4 | 8.93 | 11.50 | 0.0512 | 0.7119 | 0.8511 |
| 5 | 9.41 | 13.00 | 0.0658 | 0.7275 | 0.8502 |
| 6 | 9.50 | 12.00 | 0.0599 | 0.7040 | 0.8105 |
| 7 | 10.87 | 14.50 | 0.0903 | 0.6711 | 0.8004 |
| 8 | 12.08 | 15.00 | 0.1145 | 0.6657 | 0.8195 |
| 9 | 13.69 | 16.00 | 0.1420 | 0.6030 | 0.8035 |
| 10 | 14.33 | 18.00 | 0.1822 | 0.6276 | 0.8374 |
| 11 | 15.18 | 17.00 | 0.1833 | 0.5957 | 0.8630 |
| 12 | 15.30 | 17.00 | 0.1838 | 0.5880 | 0.8431 |
| 13 | 15.95 | 18.00 | 0.2067 | 0.5747 | 0.8150 |
| 14 | 16.10 | 16.00 | 0.1966 | 0.6035 | 0.8043 |
| 15 | 16.62 | 18.00 | 0.2504 | 0.6413 | 0.8063 |
| 16 | 18.68 | 17.00 | 0.2740 | 0.5879 | 0.7976 |
| 17 | 19.94 | 21.00 | 0.4105 | 0.6254 | 0.8170 |
| 18 | 21.56 | 21.00 | 0.3802 | 0.4960 | 0.8349 |
| 19 | 21.85 | 23.00 | 0.5291 | 0.6134 | 0.8192 |
| 20 | 23.00 | 21.00 | 0.4326 | 0.4959 | 0.8304 |
| 21 | 23.46 | 20.00 | 0.4406 | 0.5096 | 0.8568 |
| 22 | 23.64 | 22.00 | 0.4670 | 0.4836 | 0.8460 |
| 23 | 24.86 | 21.00 | 0.5055 | 0.4960 | 0.7965 |
| 24 | 25.30 | 20.00 | 0.5366 | 0.5241 | 0.8186 |
| 25 | 26.60 | 25.00 | 0.8418 | 0.6059 | 0.9286 |
| 26 | 26.68 | 21.00 | 0.4511 | 0.3843 | 0.8058 |
| 27 | 27.14 | 22.00 | 0.6153 | 0.4834 | 0.8622 |
| 28 | 28.75 | 22.00 | 0.6906 | 0.4836 | 0.7965 |
| 29 | 31.40 | 22.00 | 0.9612 | 0.5642 | 0.7962 |
| Media | 18.10 | 17.98 | 0.3244 | 0.5944 | 0.8285 |

Figura 18 Grafico fustal de *Pinus strobus* L. Var. *chiapensis* Martinez en el proyecto de reforestacion Saquichaj, Coban, Alta Verapaz.





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

Ref. Sem. 004-98


LA TESIS TITULADA: "ESTUDIO DE CRECIMIENTO DE TRES ESPECIES DE PINO (Pinus spp.)
 EN COBÁN, ALTA VERAPAZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: GERARDO PAIZ SCHWARTZ

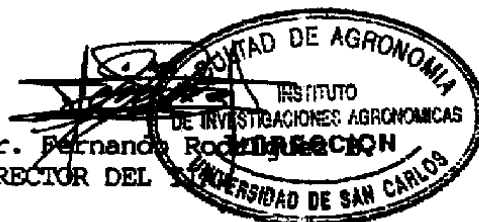
CARNET No: 88-13358

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. César A. Castañeda S.
 Ing. Agr. Edgar A. Martínez T.
 Ing. Agr. Boris Méndez P.
 Ing. Agr. Walter García T.

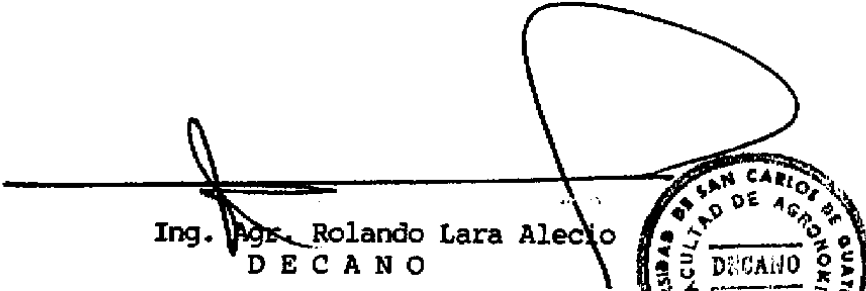
El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha
 cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía
 de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


 Ing. M.Sc. Edwin Camp Morales
 ASESOR

Ing. Agr. Fernando Rodríguez
 DIRECTOR DEL



I M P R I M A S E


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



cc:Control Académico
 Archivo
 PR/pr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770