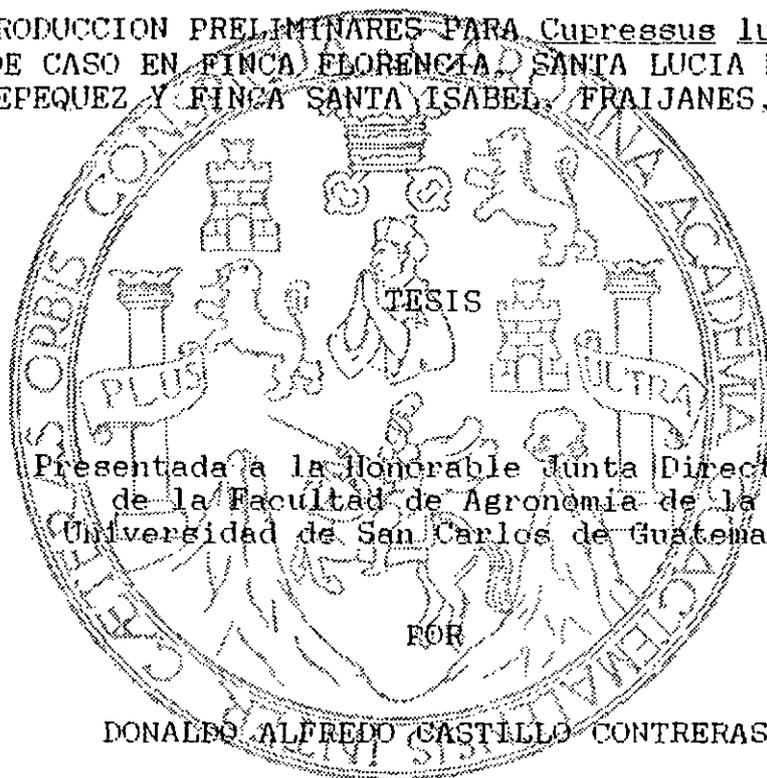


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

TABLAS DE PRODUCCION PRELIMINARES PARA *Cupressus lusitanica* MILLER:  
ESTUDIO DE CASO EN FINCA FLORENCIA, SANTA LUCIA MILPAS ALTAS,  
SACATEPEQUEZ Y FINCA SANTA ISABEL, FRAIJANES, GUATEMALA



Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Agronomía de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

DONALDO ALFREDO CASTILLO CONTRERAS

en el acto de investidura como  
INGENIERO AGRONOMO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

en el Grado Académico de

LICENCIADO

Guatemala, Agosto de 1993.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

RC  
01  
T(1449)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
VOCAL I	Ing. Agr. Mynor Estrada Rosales
VOCAL II	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL III	Ing. Agr. Carlos Motta De Paz
VOCAL IV	P. A. Milton Sandoval
VOCAL V	Br. Gerardo De León
SECRETARIO	Ing. Agr. Marco R. Estrada Muy

Guatemala, agosto de 1993

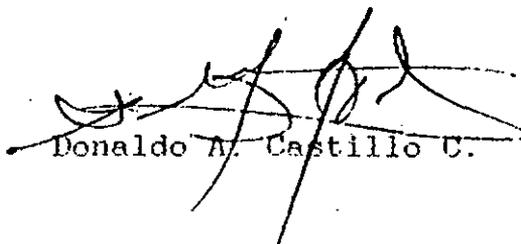
Miembros Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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: "TABLAS DE PRODUCCION PRELIMINARES PARA Cupressus lusitanica MILLER: ESTUDIO DE CASO EN FINCA FLORENCIA, SANTA LUCIA MILPAS ALTAS, SACATEPEQUEZ Y FINCA SANTA ISABEL, FRAIJANES, GUATEMALA". Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo,

Atentamente,



Donald A. Castillo C.

## ACTO QUE DEDICO

- A: Dios, supremo creador del universo
- A: Mis padres: José Efraín y Gloria Esperanza, quienes se sacrificaron por mi superación
- A: Mis hermanos: José Efraín, Carlos Manolo y Sergio Augusto
- A: Ing. Agr. Victor M. De León y su esposa Ninfa L. Contreras De León, por su gran apoyo mostrado durante mis estudios
- A: Mis primos como un estímulo para su formación profesional

## TESIS QUE DEDICO

- A: Mi patria Guatemala
- A: La Universidad de San Carlos de Guatemala
- A: La Facultad de Agronomía
- A: Mis compañeros de promoción

## AGRADECIMIENTOS

Desearía expresar mis más sinceros agradecimientos a mis asesores, los Ingenieros Agrónomos: Juan Humberto González, Oscar Núñez Saravía y Candelario Méndez, por su comprensión, paciencia y asesoría en el desarrollo de la presente investigación.

A la municipalidad de la Antigua Guatemala, por haberme permitido realizar parte del estudio en la finca municipal Florencia.

Al Ing. Agr. Inf. Miguel Fuentes, quien me brindó su valioso apoyo, sin el cual no hubiera sido posible concluir la presente investigación.

Al Ing. Agr. Fernando Valdéz propietario de la finca Santa Isabel, por permitirme realizar en su finca parte de este trabajo de investigación.

Al Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quien me permitió hacer uso del equipo de computación.

## CONTENIDO

	Pg.
Indice de Figuras.....	ii
Indice de Cuadros.....	iv
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCION.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
3. MARCO TEORICO.....	5
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	5
3.1.1 El ciprés.....	5
3.1.2 Sitios Forestales.....	7
3.1.3 Crecimiento y rendimiento.....	9
3.1.4 Análisis fustal.....	14
3.1.5 Tablas de producción.....	16
3.1.6 Parcelas permanentes de muestreo.....	19
3.2 MARCO REFERENCIAL.....	21
3.2.1 Selección de los rodales.....	21
3.2.2 Aspectos generales.....	22
3.2.3 Estudios sobre el ciprés en Guatemala.....	27
4. OBJETIVOS.....	30
5. METODOLOGIA.....	31
5.1 Trazo preliminar de parcelas.....	31
5.2 Prueba de homogeneidad en altura dominante.....	31
5.3 Trazo de las parcelas permanentes de muestreo.....	32
5.4 Suelos.....	34
5.5 Mediciones de variables en el rodal.....	34
5.6 Elaboración de tablas de producción.....	40
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	42
6.1 Análisis fustal.....	42
6.2 Factores de forma y de corteza.....	46
6.3 Análisis de crecimiento e incrementos.....	47
6.4 Suelos.....	58
6.5 Indice de sitio.....	62
6.6 Tablas de producción preliminares.....	63
7. CONCLUSIONES.....	68
8. RECOMENDACIONES.....	69
9. BIBLIOGRAFIA.....	70
10. APENDICE.....	72

## INDICE DE FIGURAS

Fig.

1.	Ubicación del Rodal I, Florencia, Sta. Lucía, Milpas Altas, Sacatepéquez.....	23
2.	Ubicación del Rodal II, Santa Isabel, Fraija- nes, Guatemala.....	24
3.	Curvas de Índice de Sitio e Índices de Sitio para la edad base de 20 años.....	29
4.	Gráfico fustal para <i>Cupressus lusitanica</i> Miller en Florencia.....	43
5.	Gráfico fustal para <i>Cupressus lusitanica</i> Miller en Santa Isabel.....	44
6.	Curvas de crecimiento e incremento en diámetro para el rodal de Florencia.....	50
7.	Curvas de crecimiento e incremento en diámetro para el rodal de Santa Isabel.....	51
8.	Curvas de crecimiento e incremento en área basal para el rodal de Florencia.....	53
9.	Curvas de crecimiento e incremento en área basal para el rodal de Santa Isabel.....	54
10.	Curvas de crecimiento e incremento en altura para el rodal de Florencia.....	56
11.	Curvas de crecimiento e incremento en altura para el rodal de Santa Isabel.....	57
12.	Curvas de crecimiento e incremento en volumen para el rodal de Florencia.....	59

13.	Curvas de crecimiento e incremento en volumen para el rodal de Santa Isabel.....	60
14.	Curvas de Índice de Sitio para los rodales bajo estudio.....	64
15A.	Gráfico del seccionamiento de los árboles para el análisis fustal.....	80

## INDICE DE CUADROS

Fig.

1.	Resumen de los datos obtenidos del análisis de regresión para desarrollar las curvas de Índice de Sitio, para una edad base de 20 años.....	28
2.	Datos generales de las parcelas permanentes establecidas en la localidad de Florencia.....	33
3.	Tratamientos establecidos en las parcelas permanentes de Florencia y Santa Isabel.....	35
4.	Clases diamétricas encontradas en los rodales bajo estudio y número de árboles cortados por cada clase diamétrica.....	36
5.	Serie de ecuaciones que comprende el modelo global para predecir el crecimiento y rendimiento de <i>C. lusitanica</i> Miller en América Central.....	41
6.	Datos promedio de edad, diámetro, altura y volumen para el rodal de Florencia.....	42
7.	Datos promedio de edad, diámetro, altura y volumen para el rodal de Santa Isabel.....	45
8.	Modelos de crecimiento desarrollados para Florencia y Santa Isabel.....	48

9. Resultados del análisis químico de las muestras de suelo tomadas de las calicatas en Florencia y Santa Isabel..... 61

10. Rango de valores de los intervalos de confianza para la determinación del índice de sitio a la edad base de 10 años..... 63

11. Tabla de producción preliminar para Cupressus lusitanica Miller en la localidad de Florencia..... 66

12. Tabla de producción preliminar para Cupressus lusitanica Miller en la localidad de Santa Isabel..... 67

13A. Hoja de descripción de suelos..... 73

14A. Boleta para la toma de datos en las parcelas permanentes de muestreo..... 74

15A. Formulario para la toma de datos de anillos..... 75

16A. Descripción de las calicatas realizadas en las localidades de Florencia y Santa Isabel..... 76

TABLAS DE PRODUCCION PRELIMINARES PARA *Cupressus lusitanica*  
MILLER: ESTUDIO DE CASO EN FINCA FLORENCIA, SANTA LUCIA MILPAS  
ALTAS, SACATEPEQUEZ Y FINCA SANTA ISABEL, FRAIJANES, GUATEMALA

PRELIMINARY YIELD TABLES FOR *Cupressus lusitanica* MILLER: CASE  
STUDY IN FLORENCIA, SANTA LUCIA MILPAS ALTAS, SACATEPEQUEZ AND  
SANTA ISABEL, FRAIJANES, GUATEMALA

RESUMEN

El ciprés es una especie forestal de amplio uso en Guatemala, por sus buenas características, pero no se conoce su productividad con la precisión deseada.

Obedeciendo a la situación anterior se estudió el crecimiento y rendimiento del ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) en dos localidades: Finca Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, con coordenadas 14° 33' 27" Latitud Norte y 90° 41' 04" Longitud Oeste, a una altitud promedio de 1960 msnm y finca Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala, con coordenadas 14° 29' 21" Latitud Norte y 90° 26' 38" Longitud Oeste, a una altura promedio de 1860 msnm. Para el estudio se establecieron parcelas permanentes de muestreo y el análisis fustal de 60 árboles por localidad.

La información obtenida a través del análisis fustal fue sometida a un análisis estadístico por medio de los modelos de regresión simple para obtener modelos de crecimiento que se adaptaran a los rodales bajo estudio.

Se obtuvieron los índices de sitio a una edad base de 10 años para ambas localidades, siendo estos valores de 14.47 y 11.42 m para Florencia y Santa Isabel respectivamente. El factor de forma y de corteza arrojaron valores de:  $ff=0.5113$ ,  $K=0.9509$  en Florencia y  $ff=0.4885$ ,  $K=0.9378$  en Santa Isabel. Los incrementos medios anuales para las diferentes variables (diámetro, área basal, altura y volumen) fueron analizados tomando como base los resultados del análisis fustal y los árboles promedio. Los incrementos medios en diámetro para ambas localidades poseen valores de 1.27 cm/año y 0.96 cm/año en Florencia y Santa Isabel respectivamente. El incremento en área basal posee valores de 3.19 m<sup>2</sup>/ha/año y 2.18 m<sup>2</sup>/ha/año, el comportamiento del incremento en altura es de 1.27 m/año y 0.98 m/año, mientras el incremento en volumen es de 22.97 m<sup>3</sup>/ha/año y 15.77 m<sup>3</sup>/ha/año, para Florencia y Santa Isabel respectivamente.

Se elaboraron 2 tablas preliminares de producción las cuales poseen una producción en volumen de madera total de 229.70 m<sup>3</sup>/ha en 10 años de edad en el rodal de Florencia, mientras en Santa Isabel, 189.25 m<sup>3</sup>/ha en 12 años de edad total.

Con la información anterior se concluye que el sitio de Florencia es de mejor calidad que el de Santa Isabel.

## 1. INTRODUCCION

Uno de los objetivos principales de realizar plantaciones forestales es el obtener productos derivados del crecimiento del fuste de los árboles, en mejores condiciones que si se realiza con bosques naturales o de material generado naturalmente. Dependiendo de la especie en cuestión y de la localidad de trabajo (calidad de sitio) así será el rendimiento de una masa forestal.

Actualmente en Guatemala existe incertidumbre sobre la inversión en las plantaciones forestales porque no se conocen objetivamente los resultados a obtener a corto, mediano y largo plazo.

Si se conocen los niveles de crecimiento y rendimiento de determinada especie para una localidad dada, entonces se podrá realizar un mejor plan de manejo en el que el aprovechamiento sea el óptimo de acuerdo a las tasas de crecimiento y rendimiento determinadas.

El presente estudio se realizó tomando en consideración los aspectos anteriores, para poder predecir la producción de una plantación de ciprés, a través de tablas de producción. El ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) es una de las especies más empleadas en plantaciones forestales debido a que su crecimiento es rápido y su madera es de buena calidad; pero, a pesar de su amplio uso, en nuestro país no se conoce su productividad con la precisión deseada.

Este trabajo corresponde a los lineamientos del Programa de Investigación en Recursos Naturales Renovables (PIRENAR), en el proyecto de Crecimiento y Rendimiento de Árboles y Masas Forestales, del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (IIA). Para poder realizarlo se seleccionaron dos plantaciones de ciprés, de 10 y 12 años. La primera de ellas está ubicada en la finca municipal Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, con coordenadas:  $14^{\circ}33'27''$  Latitud Norte y  $90^{\circ}41'04''$  Longitud Oeste, a una altitud promedio de 1960 msnm. El segundo rodal se encuentra ubicado en la finca Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala, con coordenadas:  $14^{\circ}29'21''$  Latitud Norte y  $90^{\circ}26'38''$  Longitud Oeste, a una altura promedio de 1860 msnm.

Las variables estudiadas fueron el crecimiento e incremento en diámetro, altura, área basal y volumen, desarrollándose modelos de regresión simple que representan el comportamiento del crecimiento de estas variables en función del tiempo. Así mismo se determinó indirectamente la calidad de los sitios forestales en función del Índice de Sitio (Edad-Altura dominante de los rodales); todo esto con la información de campo obtenida a través del análisis fustal de 60 árboles por localidad.

Con toda la información anterior y al existir dos diferentes índices de sitio; se crearon dos tablas de producción preliminares, las cuales representan el crecimiento promedio de los rodales a una edad determinada.

Los resultados generados de la presente investigación proporcionan información del crecimiento y rendimiento del ciprés para los primeros años de su desarrollo, los cuales están dados por la edad de cada uno de los rodales (10 y 12 años de edad para Florencia y Santa Isabel respectivamente). Se aprovechó la oportunidad para establecer parcelas permanentes de muestreo con diferentes densidades, que permitirán seguir el estudio de la especie por un período largo de tiempo, por lo que este trabajo solo representa la primera etapa del estudio que ha de ser concluído cuando se finalice el turno de la plantación.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ciprés (Cupressus lusitanica Miller) es una especie de amplio uso en Guatemala, como a nivel mundial, debido a que posee buenas características maderables, es de rápido crecimiento y se adapta a diferentes condiciones de sitio; pero, no se conoce con la precisión deseada su productividad. Existen pocos trabajos para las condiciones imperantes en Guatemala y no permiten predecir aceptablemente los volúmenes de madera a obtener en bosques artificiales bajo ciertas condiciones y en un tiempo dado.

La información existente sobre el ciprés (Cupressus lusitanica Miller) para Guatemala es escasa. Al no existir información suficiente relacionada a la especie, no se tiene un grado tal de certeza que permita invertir en el campo forestal, para obtener beneficios a mediano o largo plazo.

Si se conocen los niveles de crecimiento y rendimiento para el ciprés entonces se podrán predecir los rendimientos a obtener en plantaciones forestales, bajo ciertas condiciones de calidad de sitio, densidad, método de manejo y edad de la plantación, con lo cual se desea contribuir a despertar el interés por la silvicultura, considerando además que la mayor parte del territorio nacional (70%, con limitaciones en su mayoría por altas pendientes) es de vocación forestal.

La investigación se ha orientado a una de las áreas en donde existe una mayor tendencia al establecimiento y manejo de plantaciones de ciprés (1,500-3,000 msnm)

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 El Ciprés

El ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) es un árbol nativo de Guatemala. Los bosques naturales se encuentran a elevaciones entre 2,200 y 3,300 msnm, en la mayoría de los casos. Es una especie que se adapta a una amplia gama de altitudes, que en muchos casos parece nativo de elevaciones menores (24).

Los departamentos que parecen ser de más adaptación del ciprés son: El Progreso (Sierra de las Minas), Jalapa, Chimaltenango, Quiché, Totonicapán, Quezaltenango y San Marcos. En México se puede encontrar en la parte Central y Sur (24).

Los bosques nativos de ciprés en Guatemala son muy homogéneos pero han sido destruidos muy rápidamente. Uno de los mejores ejemplares de bosques de ciprés en Guatemala estuvo localizado en el Cerro de Tecpán, en Chimaltenango, pero este ha sido degradado por las extracciones de madera. No es posible, salvo por inferencias, determinar en este tiempo la distribución original de ciprés en Guatemala, pues los árboles de ciprés son observados prácticamente en todas las partes del país (24).

## A. Botánica y Ecología

El ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) pertenece a la familia Cupressaceae, alcanza alturas arriba de los 30 metros y diámetros superiores a los 100 cm (4,17,24).

Posee un alto grado de hibridación y variación genética, lo que ha llevado a polémicas en cuanto a su clasificación, sin embargo, con fines prácticos se acepta como *Cupressus lusitanica* al *Cupressus lindleyi*, *Cupressus benthamii* y *Cupressus lusitanica*, así como las diversas variedades para cada especie (4).

La adaptación que el ciprés posee a diversos ambientes hacen que esta especie sea plantada en diferentes condiciones; pero, por sus características de crecimiento se recomienda que sea plantado en un rango de altitud que va de 1,500 a 3,000 msnm, con una precipitación media anual entre 1,000 y 3,000 mm, temperatura media anual arriba de los 12 grados centígrados, en suelos neutros con drenaje adecuado (4,17).

Entre los factores limitantes para el desarrollo de la especie se encuentran: suelos poco profundos y mal drenados, competencia por gramíneas y la existencia de algunos patógenos que causan ciertos daños, sin llegar a constituirse en un problema serio (4).

### 3.1.2 Sitios Forestales

#### A. Calidad de Sitio

La productividad de los sitios forestales se define en gran parte por la calidad de sitio, que se obtiene mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produzca en un tiempo determinado (7). La calidad de sitio es una medida de la capacidad productiva de una localidad para el crecimiento de una especie determinada (12).

La producción de los rodales es afectada por la calidad del sitio y por todos los factores del ambiente que influyen en el crecimiento de los árboles (1). En función de la existencia de determinado microclima, la calidad de sitio es el factor que dirige la toma de decisiones para el manejo de un rodal (7).

La calidad de sitio es función directa de la historia geológica, la fisiografía, el microclima y del desarrollo de la sucesión vegetal, elementos que a la vez se pueden subdividir en: Profundidad del suelo, textura, características del perfil, composición mineral, lo pronunciado de las pendientes, exposición, microclimas, especies presentes (7,21).

De los factores enumerados anteriormente el suelo y su humedad son los factores que ejercen la mayor influencia local en la calidad de los sitios forestales (1).

Existen básicamente 2 métodos para conocer la calidad de los sitios forestales:

a) Método Directo: Este consiste en el establecimiento de plantaciones forestales en sitios definidos y por tiempos determinados.

b) Métodos Indirectos: Un ejemplo claro de este método es el Índice de Sitio (7), el cuál analiza a través de la altura dominante de los rodales, la influencia del clima, topografía y aspectos edáficos sobre el crecimiento de los árboles (17).

## B. Índice de Sitio

Sirve para estimar la calidad de un sitio forestal. Es la altura dominante (media aritmética de la altura de un número de árboles seleccionados, por un criterio prefijado) que alcanza el rodal a una edad de referencia (21).

La altura de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador del potencial productivo de ese tipo de bosque en ese sitio particular (2).

El índice de sitio es una medida eficiente de la calidad de sitio para ser empleado en modelos de crecimiento. Refleja la calidad normal del sitio, expresando la altura dominante que alcanzaría el rodal, a una edad preestablecida, en condiciones no alteradas por efectos incontrolables (tiempo meteorológico, impactos de agentes destructores) o por prácticas silviculturales

que modifiquen esa altura dominante (21).

#### a. Curvas de Índice de Sitio

Muestran las relaciones entre la edad del rodal y su altura dominante, para diferentes niveles de calidades de sitio (21,12). Estas curvas son empleadas para evaluar la calidad de sitio en rodales que no han alcanzado la edad de referencia a la cual se determina el índice de sitio (21).

La realización de curvas altura/edad para diferentes clases de sitio, es el primer paso en la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento (2) y debe ser con base en datos obtenidos de parcelas permanentes de muestreo o a través del análisis fustal de árboles dominantes (21).

#### b. Altura Dominante

Es la altura promedio de los 100 árboles mas gruesos por hectárea. La altura del árbol se toma como un indicador de la calidad de estación (2,18).

### 3.1.3 Crecimiento y Rendimiento

#### A. Crecimiento Forestal

El crecimiento es la esencia del manejo forestal para una producción continua de madera. El principal objetivo del manejo forestal consiste en aprovechar al máximo la capacidad productiva de un sitio para que pueda brindar productos cosechables

económicamente. Sin considerar el crecimiento, un plan de manejo se convierte puramente en una guía para la instalación y liquidación de un cultivo forestal existente (8).

En el caso del manejo forestal, la predicción del crecimiento tradicionalmente ha tomado la forma de tablas de producción (5). Existe una razón de mucha importancia para estudiar que tan rápido crece un árbol o un rodal, y esta es la necesidad de predecir el crecimiento futuro (1).

#### **B. Rendimiento**

Es el volumen de los árboles de una cosecha, o el volumen de los árboles de un grupo particular de especies o también algún producto no maderable tal como corteza, follaje, resina, etc. (2).

#### **C. Crecimiento e Incremento de las Masas Forestales**

El desarrollo e incremento de las masas forestales es diferente al desarrollo e incremento de los árboles individuales, debido a que las masas forestales no es la simple suma de los árboles individuales sino un todo integrado el cual está regido por una multitud de interrelaciones (18).

#### **D. Factores Que Controlan el Crecimiento**

Existen una gama de factores que controlan el crecimiento, entre los cuales se pueden citar:

**a) Factores Climáticos:**

- Precipitación
- Velocidad del viento
- Humedad relativa

**b) Factores del Suelo:**

- Características físicas
- Composición química
- Humedad del suelo
- Fauna bacteriana

**c) Edad y densidad del rodal en el que los árboles están creciendo (3).****E. Desarrollo e Incremento del Arbol en Altura**

El crecimiento e incremento está en función de la especie, edad, fertilidad del suelo y el método o tratamiento silvícola (11,12).

Con respecto a la especie se puede decir que existen especies de crecimiento rápido (Ej. Eucaliptos) que alcanzan su altura total en menos de la mitad de tiempo que otras especies de crecimiento lento. En relación a la edad se observa que es más acentuado en general durante la juventud de las masas (11,7,12,22). El factor principal del crecimiento en altura es la fertilidad del suelo, pues de varias masas cuyo volumen total de producción sea el mismo las más desarrolladas serán aquellas que crezcan sobre suelos más fértiles (7,11).

El crecimiento e incremento en altura está más influenciado por el medio ambiente que el diámetro (18).

En cuanto a los tratamientos silvícolas el mayor o menor grado de espesura de las masas tiene marcada influencia sobre el crecimiento en altura, alcanzando la máxima altura en densidades normales o medias (11).

#### F. Desarrollo e Incremento en Diámetro

Obedece a las mismas condiciones que el crecimiento en altura. Su punto culminante se retrasa de 15 a 25 años con respecto al crecimiento en altura y varía con la densidad de los bosques (7,11,18).

El incremento anual en diámetro puede ser estudiado a través de los anillos de crecimiento. Normalmente cada árbol de coníferas produce un anillo de crecimiento por año (18).

El incremento en diámetro es pequeño al inicio, aumentando hasta que alcanza su máxima actividad en la edad joven del árbol, disminuyendo gradualmente, observándose un incremento muy reducido en árboles viejos. La curva de crecimiento en diámetro al igual que la de altura toma la forma sigmoide (18).

## G. Desarrollo e Incremento en Volumen

Es el resultado del crecimiento e incremento combinado en altura y diámetro (11,7,18). El crecimiento total para una especie se mide mediante el cálculo del volumen producido por las masas de cada una de ellas durante un espacio de tiempo, o sencillamente averiguando para cada especie cuánto tiempo precisa para proporcionarnos una producción de un volumen de madera determinado, y a tal efecto se calculan tablas de producción para cada especie en relación con la edad (11).

El incremento total en volumen del árbol se divide en 3 partes: a) La madera propiamente dicha, b) Follaje, semillas y frutos y c) Parte que se pierde por medio de la transpiración (18).

El incremento en volumen siempre culmina después del incremento en altura, diámetro y área basal. Esto es como consecuencia de que el incremento en diámetro interviene al cuadrado en el incremento en volumen, por lo que al disminuir el incremento en diámetro no necesariamente disminuye el incremento en volumen (18).

Escobar Sagastume (9) en estudio de crecimiento y rendimiento de *Pinus maximinoi* en Jalapa, encontró una curva de crecimiento en ascenso hasta los 25 años de edad, permaneciendo constante hasta los 45 años. Villafuerte Villeda (25) encontró para *Pinus oocarpa* que el crecimiento en volumen aún no había

disminuído a los 65 años de edad.

## **II. Métodos Para Determinar el Incremento y la Producción**

Se pueden clasificar en dos métodos básicos

- a) Métodos Indirectos
- b) Métodos Directos

Los métodos indirectos se basan en factores tales como el clima o la cubierta vegetal. Los métodos directos se dividen en: Tablas de incremento y producción, métodos del taladro de Pressler, Método de control y análisis troncales. En los métodos directos se toman medidas directas de los incrementos (18).

### **3.1.4 Análisis Fustal**

En las áreas de clima templado las capas de incremento anual son apreciadas claramente, por lo que es posible inferir el tamaño, diámetro, altura del árbol a cierta edad de su vida. A este procedimiento mediante el cuál es posible reconstruir la vida del árbol se le llama análisis troncal o fustal. El procedimiento en el análisis fustal consiste en el apeo de los árboles, seguido de cortes transversales a intervalos preestablecidos a lo largo del fuste (18).

Mucha información puede ser obtenida del análisis fustal para conocer la dinámica de un rodal, pero la utilización de este método solo es posible en climas estacionales y para especies que produzcan anillos claramente definidos (2,12). Como resultado, el crecimiento anual en diámetro de los árboles aparece como una serie de anillos concéntricos. El número de anillos de una sección transversal brinda la edad del árbol (3,12).

Para la obtención del crecimiento en altura solo es necesario anotar la altura de corte y el número de anillos en la sección. La edad en la cuál el árbol alcanza una altura determinada está dada por el número de anillos en la base del árbol menos el número de anillos a dicha altura. Existen especies con anillos bien definidos por lo que las lecturas es posible realizarlas directamente en el campo, no así especies con anillos no muy claros, para los cuales es necesario cortar discos y analizarlos por:

- a) Pulitura del disco, seguido de un conteo de anillos a lo largo de 2 ejes, utilizando un microscopio.
- b) Corte de 2 muestras en cruz, con un análisis subsiguiente por densidometría con rayos x (2).

#### A. Relaciones Alométricas

Una relación alométrica es la que se establece entre dos mediciones de un rodal. Ej. la relación entre el diámetro de la copa y el diámetro del fuste o entre la altura total y la altura

del fuste. Indican relaciones estáticas entre variables que son dadas para determinado tiempo, ej. tablas de volumen.

Las variables dinámicas son aquéllas utilizadas para predecir, partiendo de un estado previo del árbol (2).

### 3.1.5 Tablas de Producción

#### A. Producción Forestal

Uno de los objetivos primordiales en la realización de las plantaciones forestales es el de obtener productos derivados del crecimiento de los árboles, ya sea como productos finales (madera de aserrío) o bien subproductos que en el mercado posean cierto valor, esto es el propósito y la razón por todo el proceso productivo (8).

En el campo forestal se usa el término "producción" en dos maneras: Primero es usado para expresar la salida de productos forestales, medidos ya sea en volumen o en unidades, cosechados de un rodal en un particular tiempo o durante un período dado. Segundo: El término es usado para expresar el volumen o cantidad de productos forestales que estarán presentes en un rodal específico y en un tiempo dado; una tabla de producción es una ilustración (8). El término rendimiento a diferencia de producción, no hace referencia a un período de tiempo en el que se alcanza un volumen de madera, sino simplemente al volumen de los árboles de una cosecha (2); por otro lado, la productividad

es la capacidad que tienen el suelo y el clima de producir madera (7).

#### B. Tabla de Producción

Las tablas de producción describen las características de las variables dasométricas más importantes de una masa en función de la edad y la calidad de la estación (12), dan los volúmenes de productos forestales que pueden ser obtenidos por unidad de área, a una edad dada, sitio, densidad y un método de manejo, incluyendo volúmenes tomados a través de aclareos (1,8).

Desde que las tablas de producción indican el crecimiento forestal acumulado, dan valiosas bases para estimar producciones que pueden ser obtenidas de un rodal. Esta es la razón principal por qué los investigadores están muy interesados en las tablas de producción (8).

Una tabla de producción normal es una tabulación de volúmenes, área basal, número de árboles por unidad de área encontrados en densas poblaciones sobre sitios específicos y a edades específicas. La mayoría de tablas de producción han sido preparadas para ser aplicadas estrictamente en rodales puros de la misma edad (10).

## C. Usos y limitaciones de las Tablas de Producción

### a. Usos

- i. Muestran el volumen máximo, número de árboles y área basal que determinado sitio puede soportar a una edad dada.
- ii. Dan una medida útil de la productividad de sitios comparados.
- iii. Brindan una imagen compuesta útil de un desarrollo promedio de los rodales.
- iv. Son útiles en la estimación del crecimiento siempre que ciertas precauciones sean tomadas.

### b. Limitaciones

- i. No representan el ordenamiento de los rodales, ya sea natural o plantaciones encontradas en la práctica, donde la estructura de los rodales puede ser profundamente diferente de aquellos encontrados en rodales comunes.
- ii. Los valores más altos por unidad de área mostrados por las tablas no necesariamente indican volúmenes de crecimiento alcanzables o comerciales para intentar obtenerlos en la práctica.
- iii. La mortalidad está integrada y es obtenida únicamente por inferencia.
- iv. No miden la potencialidad del crecimiento total de los rodales (8).

### 3.1.6 Parcelas Permanentes de Muestreo

Son áreas delimitadas a través de un diseño experimental, las cuales son destinadas a la evaluación de tratamientos y prácticas silviculturales con el fin de conocer el efecto de éstas sobre desarrollo y crecimiento de los árboles y cambios que se presentan en la vegetación y el suelo, como consecuencia de los diferentes tratamientos (20).

Muchos investigadores forestales consideran la información proveniente de ellas como la contribución más importante para los modelos de crecimiento y rendimiento (2).

#### A. Donde Ubicar las Parcelas

- a) Deben establecerse en masas formadas por especies prioritarias por su importancia económica y su mayor amplitud de distribución.
- b) Los rodales donde se establezcan deben ser representativos para que los resultados que se obtengan puedan extrapolarse a condiciones más o menos semejantes y en una extensión importante.
- c) Se debe contar con cierta seguridad, principalmente contra incendios, pastoreo no controlado, cambios en el uso del suelo y explotación clandestina.
- d) Deben tener buena accesibilidad (de preferencia todo el año), para reducir los costos de establecimiento, remediación y protección de las áreas experimentales (2,20).

## B. Cómo Establecer las Parcelas

Se deben establecer siguiendo un diseño experimental con un número de repeticiones necesarias para reducir al máximo posible (técnica y económicamente) el error experimental (20).

## C. Cantidad de Parcelas Requeridas

No existe un número definido de parcelas de muestreo permanente desde un punto de vista puramente estadístico. La precisión de cualquier modelo derivado de datos de parcelas dependerá de la localización de las parcelas, de la duración de las mediciones posteriores, así como de las covarianzas de las diferentes variables predictoras y coeficientes en el modelo ajustado (2).

## D. Tamaño de las Parcelas

El tamaño de las parcelas es función del tipo de bosque, la homogeneidad de la masa forestal y la distribución de las especies. Para bosques uniformes son usadas normalmente parcelas de 0.05 ha (2).

## E. Forma de las Parcelas

Es posible usar parcelas rectangulares o circulares. Las parcelas circulares presentan como ventaja su rápida ubicación para tamaños menores a 0.1 ha, en rodales no muy densos, mientras las rectangulares se aconsejan para áreas mayores a 0.1 ha. Para terrenos planos con poca pendiente las parcelas cuadradas son mas

fáciles de ubicar como resultado de su menor perímetro (2).

## F. Diseños Experimentales

Los experimentos forestales proporcionan la información más útil para desarrollar modelos de crecimiento y rendimiento. Los diseños experimentales para el desarrollo de este tipo de investigación se pueden dividir en 2 grupos: Aleatorios y Sistemáticos. Los diseños aleatorios pueden estar sujetos al análisis de varianza convencional, mientras que los sistemáticos son normalmente satisfactorios cuando la regresión es el principal método de análisis. El análisis de regresión puede ser aplicado también a los diseños aleatorios por lo que los hace preferible en la mayoría de los casos, exceptuando los experimentos de espaciamientos de plantaciones (2).

### 3.2 Marco Referencial

#### 3.2.1 Selección de los Rodales

Para el presente estudio se ha considerado trabajar en dos localidades diferentes, lo cual permitirá comparar el crecimiento de la misma especie en diferentes localidades.

Se eligieron dos plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) que estuvieran ubicadas en zonas adecuadas para su cultivo, además que presentaran edades adecuadas para poder desarrollar tablas de producción en una primera fase y que no presentaran manejo alguno por el hombre, por lo que fueran

consideradas como plantaciones no disturbadas.

#### A. Ubicación

El primero de ellos está ubicado en la finca municipal Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez; mientras el segundo se encuentra localizado en la finca Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala (Ver figuras 1 y 2).

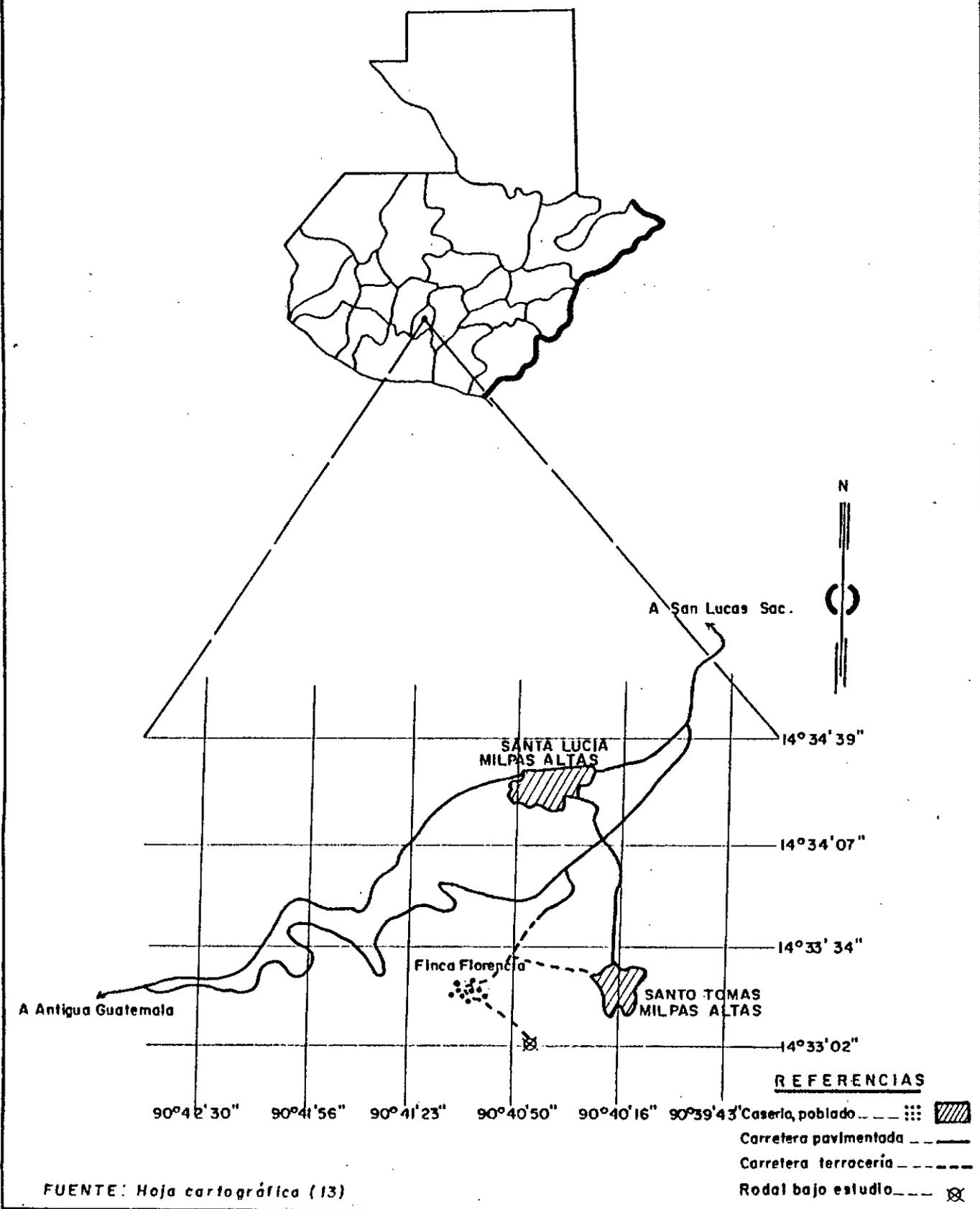
### 3.2.2 Aspectos Generales

#### A. Origen de los Rodales

Rodal 1: (Ubicado en la finca Florencia): Rodal mixto (*Cupressus lusitanica* y *Pinus maximinoi*) plantado en 1982 por personal del Instituto Nacional Forestal (ya desaparecido) y personal de campo de la finca Florencia. Dicho rodal fue establecido como iniciativa de trabajadores del Instituto Nacional Forestal, al observar áreas despobladas, aptas para incrementar los bosques de la finca.

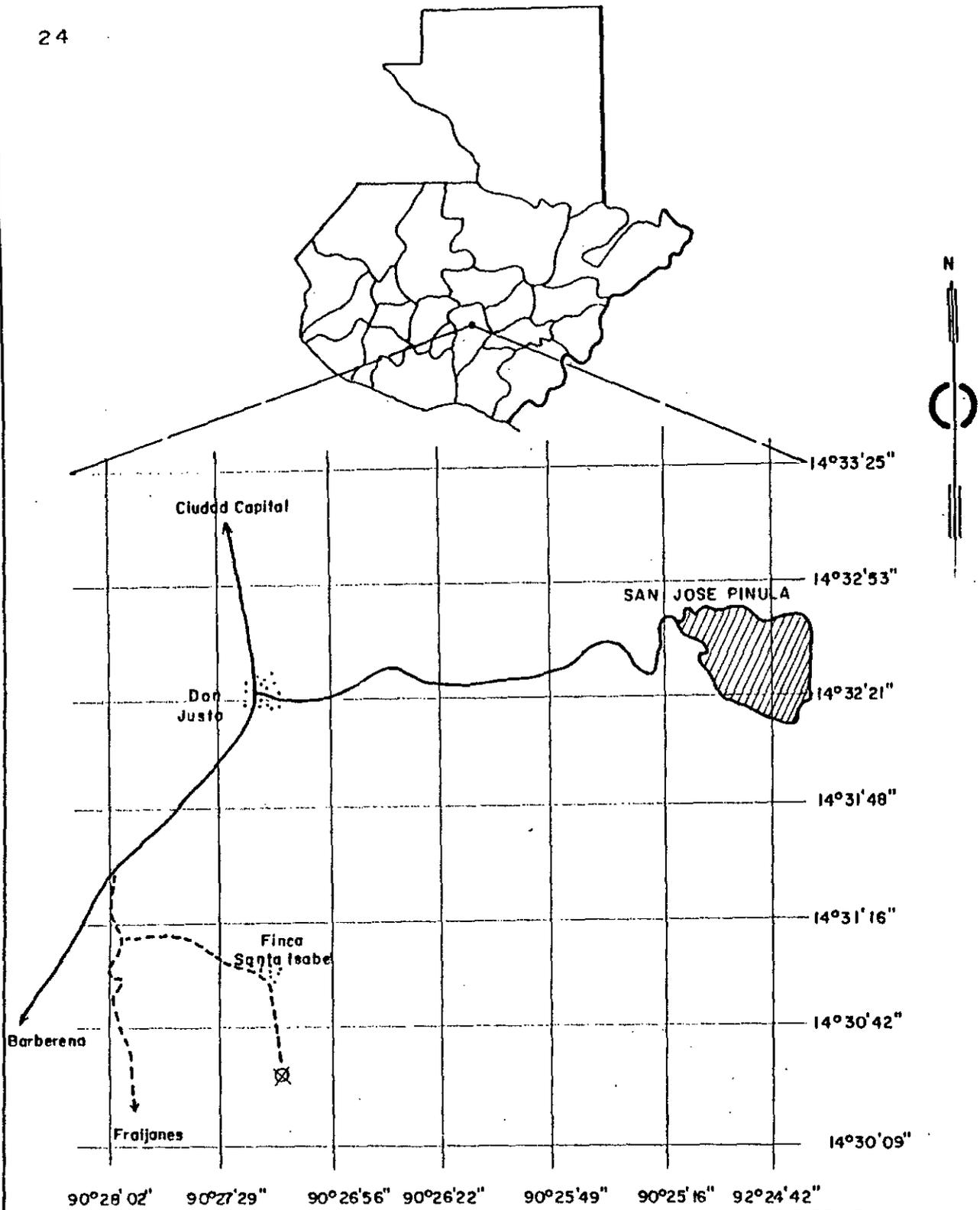
A largo plazo los bosques mencionados podrían proporcionar a la finca protección al suelo y diversos productos y subproductos de valor económico.

Desde su establecimiento no ha sido sometido a manejo alguno, por lo que presenta alta densidad y alta incidencia de la roya del pino.



**ÉSCALA 1:50,000**  
**DONALDO C.**

**Figura 1. UBICACION DEL RODAL I**  
**FLORENCIA, STA. LUCIA M.A. SACATEPEQUEZ**



FUENTE: Hoja cartográfica (14)

**REFERENCIAS**

- Caserío, poblado ..... ☐ ▨
- Carretera pavimentada ..... —
- Carretera terracería ..... - - - -
- Rodal bajo estudio ..... ☒

ESCALA 1:50,000  
DONALDO C.

**Figura 2. UBICACION DEL RODAL II  
SANTA ISABEL, FRAIJANES, GUATEMALA**

Rodal II: (Ubicado en la finca Santa Isabel).  
Plantación pura de Cupressus lusitanica. Fué establecida en 1980 por el propietario de la finca, con la finalidad de brindar protección a aquellas áreas no aptas para cultivos limpios, cuya limitante es la pendiente (mayor del 70%) y que en un período considerable de tiempo pudieran brindar algún beneficio económico.

Desde que fueron establecidos estos rodales no presentan manejo alguno, por lo que la densidad es alta, tornándose necesario una intervención a través de un raleo.

#### B. Extensión

El bosque No. I presenta una extensión de 7.7 ha, mientras el segundo posee una extensión aproximada de 12 ha.

#### C. Accesibilidad

La accesibilidad de ambas localidades es buena, pudiendo llegar a la finca Florencia por medio de la carretera No. 10 que conduce de la Ciudad Capital a la Antigua Guatemala, encontrándose localizada la finca a la altura del kilómetro número 35. Dentro de la finca existen caminos de terracería que conducen directamente al rodal, los cuales son transitables por vehículos automotores durante todo el año (ver figura 1).

La finca Santa Isabel está ubicada en jurisdicción del municipio de Fraijanes; dista 21.5 km de la Ciudad Capital, de los cuales 18.5 km son de carretera pavimentada (Ruta CA1 que conduce a El Salvador), el resto (3 km) es carretera de terracería transitable durante todo el año. Dentro de la finca existen caminos que conducen al rodal, los cuales se mantienen en buenas condiciones durante todo el año (ver figura 2).

#### D. Altitud y Fisiografía

El rodal I se encuentra ubicado a una altitud promedio de 1960 msnm. La configuración topográfica en el rodal muestra una pendiente promedio de 8%. El rodal II presenta una altitud promedio de 1860 msnm; la pendiente promedio es de 62%.

#### E. Clima

Para la finca municipal Florencia se tiene una precipitación media anual de 914.5 mm (16), temperatura media de 12.06 grados centígrados con una máxima de 18.01 y una mínima de 5.4 grados centígrados.

La finca Santa Isabel posee una precipitación pluvial media de 1675 mm (14), temperatura media de 18 grados centígrados, con una mínima de 12 y una máxima de 22 grados centígrados.

## F. Zona de Vida

Según DE LA CRUZ (6) ambas localidades pertenecen a la zona de vida del Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical.

## G. Suelos

Según SIMMONS et al (23) los suelos del rodal I pertenecen a la serie Cauqué. Las características generales que presentan son las siguientes: Material Madre: Ceniza volcánica (pomácea de color claro); drenaje a través del suelo: regular; capacidad de abastecimiento de humedad: regular; capa que limita la penetración de las raíces: ninguna; peligro de erosión: alta; fertilidad natural: alta; problemas especiales en el manejo del suelo: combate de erosión y mantenimiento de materia orgánica.

El rodal II posee suelos de la serie Finula (23). Son suelos profundos, bien drenados y desarrollados sobre toba volcánica en un clima moderado. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas y superiores. El suelo superficial a una profundidad de 25 cms es franco limoso de color café oscuro. El contenido de materia orgánica es alrededor de 5 al 10%. La estructura es granular, su pH oscila alrededor del 5.5.

### 3.2.3 Estudios Sobre el Ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller)

#### Realizados en Guatemala

López Payes (19) en su trabajo: Determinación de índices de sitio para ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller) en tres

plantaciones del departamento de Guatemala, determinó dos diferentes índices de sitio para tres localidades (San José Pinula, Palencia y Villa Canales), con valores de 21.90 y 19.70 metros respectivamente, para una edad base de 20 años. Ver figura 3.

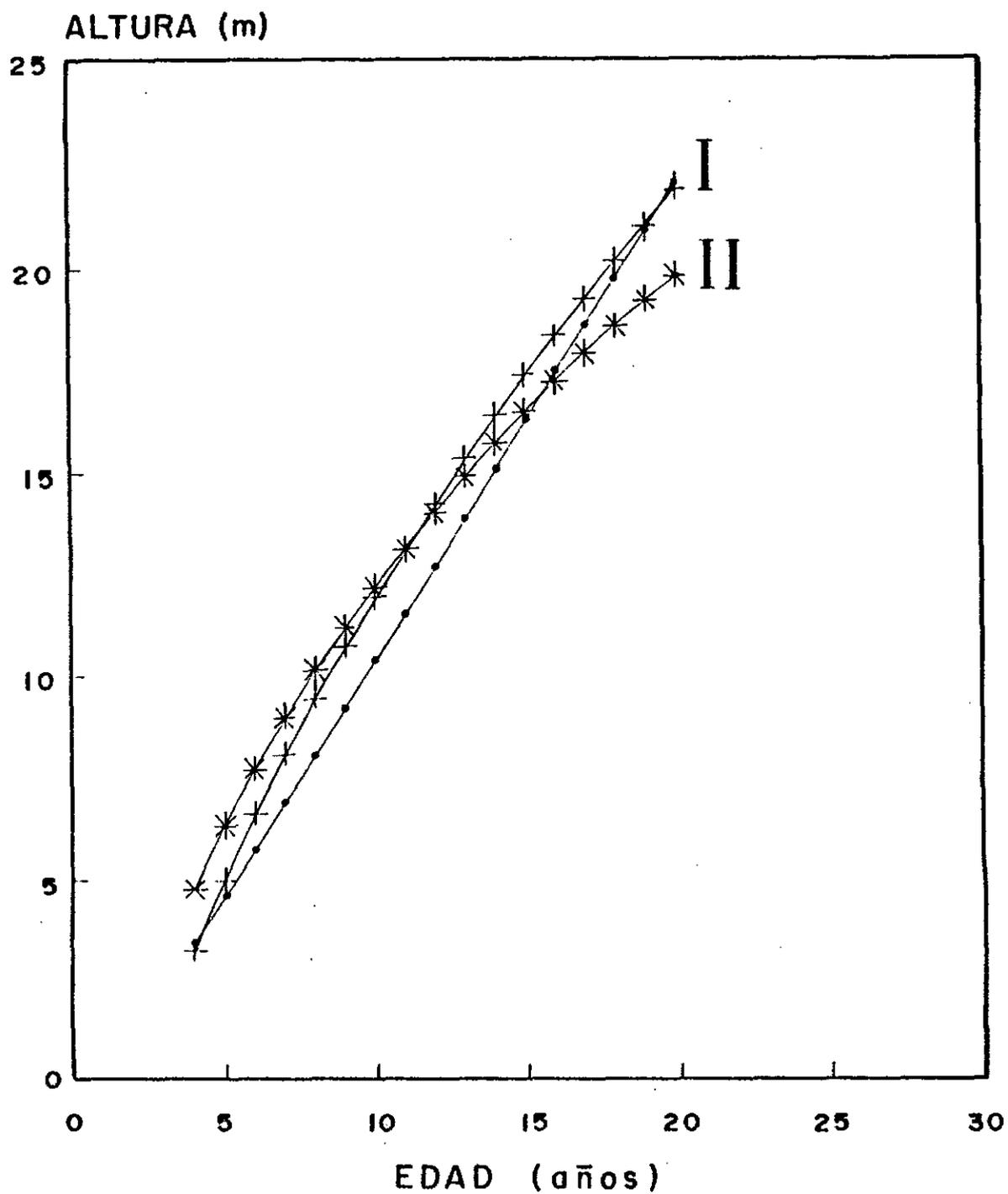
Los modelos utilizados para la elaboración de las curvas pueden ser observados en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Resumen de los Datos Obtenidos del Análisis de Regresión para Desarrollar las Curvas de Índice de Sitio, para *Cupressus lusitanica*, a una Edad Base de 20 Años en 3 localidades del departamento de Guatemala.**

PLANT.	MODELO ESTADISTICO	VALOR DE H DOMINANTE (m)	INTERVALO DE CONFIANZA (m)	
			Li	Ls
A	Lineal $y=1.136273+1.165009*X$ $r = 0.98$	21.96	21.14-22.79	
B	Raiz Cuadrada $y=11.86299+7.52757*X^{0.5}$ $r = 0.99$	21.80	21.39-22.21	
C	Raiz Cuadrada $y=9.74106+(0.26089*X)+$ $7.75882*X^{0.5}$ $r = 0.99$	19.74	19.24-20.34	

En donde: Y=altura en metros  
X=edad en años

Fuente: López Fayes (19).



**FIGURA 3** CURVAS DE INDICE DE SITIO E INDICES DE SITIO  
PARA LA EDAD BASE DE 20 AÑOS.

Fuente: LOPEZ PAYES (19)

#### 4. OBJETIVOS

##### 4.1 GENERAL

Elaborar tablas de producción preliminares de *Cupressus lusitanica* Miller, para los sitios de Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez y Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala.

##### 4.2 ESPECIFICOS

- 4.2.1 Determinar el crecimiento e incremento en diámetro, altura y volumen por unidad de área para *Cupressus lusitanica* Miller, en los dos sitios de estudio.
- 4.2.2 Determinar el índice de sitio en las áreas estudiadas y elaborar tablas de producción preliminares locales bajo los índices encontrados.
- 4.2.3 Determinar el factor mórfoico y de corteza local para el ciprés (*Cupressus lusitanica* Miller).

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Trazo Preliminar de Parcelas

Se trazaron parcelas preliminares directamente en el campo, las cuales fueron marcadas con postes de madera temporales. Estas parcelas fueron sujetas a un análisis estadístico para conocer su homogeneidad:

### 5.2 Prueba de Homogeneidad en Altura Dominante

A un número de 10 árboles/parcela (aproximadamente 100 árboles/ha) de diámetros mayores se les tomó la altura total por medio de hipsómetro. Estos valores fueron promediados para encontrar la altura dominante por parcela. Las alturas dominantes encontradas fueron sujetas a una prueba de "t" al 0.05 de probabilidad para encontrar el grado de homogeneidad entre las parcelas.

Ambas localidades (Florencia y Santa Isabel) poseen homogeneidad en altura dominante en los diferentes bloques y parcelas permanentes de muestreo trazados en el campo.

La altura dominante promedio para Florencia equivale a 14.56 metros y 13.77 metros para Sta. Isabel.

La prueba de homogeneidad en altura dominante es de mucha importancia para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo debido a que estas solo pueden ser establecidas en

lugares estadísticamente iguales: así mismo la confiabilidad de una tabla de producción depende de la homogeneidad del lugar de donde provengan los datos base para su elaboración.

### 5.3 Trazo de las Parcelas Permanentes de Muestreo

Al existir homogeneidad en altura dominante por localidad, se trazaron parcelas permanentes de muestreo en los rodales, contando con las características siguientes: Tamaño: 1225 m<sup>2</sup> (35x35 m). forma cuadrada, número: 12 parcelas, diseño experimental: Bloques al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

El tamaño de las parcelas fué definido tomando en cuenta el área total de cada rodal y el tamaño recomendado por Alder (2). Las características de las parcelas antes y después del raleo pueden ser observadas en el cuadro 2.

Todas las parcelas fueron delimitadas en los vértices por medio de postes de concreto, con la finalidad que resistan las inclemencias y el paso del tiempo.

Este trabajo fue hecho en ambas localidades y los resultados que de ellas se obtengan serán analizados por el IIA.

Cuadro 2. Datos generales de las parcelas permanentes de muestreo establecidas en las localidades de Florencia, Sta. Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez y Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala. 1993

Localidad	No. Bloque	No. Parcela	AB Total (m <sup>2</sup> /ha)	AB Remanente (m <sup>2</sup> /ha)*
Florencia	1	1	30.30	30
		2	27.61	25
		3	35.81	20
		4	36.88	35
	2	1	39.74	20
		2	40.15	25
		3	35.20	35
		4	31.24	30
	3	1	34.26	30
		2	33.30	25
		3	25.88	20
		4	37.00	35
Sta. Isab.	1	1	25.79	20
		2	28.52	25
		3	22.49	15
		4	31.01	30
	2	1	27.91	20
		2	38.33	30
		3	33.81	25
		4	24.98	15
	3	1	32.31	25
		2	31.45	15
		3	35.18	20
		4	33.78	30
-----				
Localidad	Altura media (m)	Altura dom media (m)	Area Basal media (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen medio m <sup>3</sup> /ha
Florencia	13.49	14.56	33.95	229.70
Sta. Isabel	11.74	13.77	30.47	189.25

\* Tratamientos

## 5.4 Suelos

Además de la descripción de suelos según SIMMONS et al (23), se realizaron calicatas en cada uno de los bloques que se trazaron en el campo, para poder relacionarlos con la calidad de sitio. La lectura de las mismas se hizo con base en el Manual de Levantamientos de Suelos de los Estados Unidos, utilizando para el efecto la boleta que aparece en el cuadro 13A.

Las muestras que se tomaron en la lectura de perfiles fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para sus respectivos análisis físico-químicos.

## 5.5 Mediciones de Variables en el Rodal

### 5.5.1 Mediciones Cuantitativas

Se usó la boleta del cuadro 14A, la cuál comprende: No. de árbol, especie, diámetro, altura, observaciones (plagas, enfermedades, defectos).

### 5.5.2 Raleo

Se realizó un raleo de tipo selectivo, dirigido primordialmente a eliminar aquellos individuos enfermos, torcidos, dominados y mal conformados, pero también fueron incluidos árboles comprendidos en todas las clases diamétricas encontradas, para ser utilizados en el análisis fustal.

Con base en el área basal total por parcela se asignaron diferentes intensidades de raleo, a manera de dejar 4 diferentes áreas basales remanentes en cada bloque (tratamientos), los cuales aparecen en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Tratamientos establecidos en las parcelas permanentes de muestreo de Florencia y Santa Isabel: 1993**

LOCALIDAD	TRATAMIENTO No.	AB (M <sup>2</sup> /ha) *
Florencia	I	20
	II	25
	III	30
	IV	35
Sta. Isabel	I	15
	II	20
	III	25
	IV	30

\* Area basal remanente

Las áreas basales remanentes comprenden los tratamientos en el diseño experimental, los cuales serán evaluados a largo plazo por el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la FAUSAC. Los resultados que se obtengan de las posteriores evaluaciones serán una contribución mas para el desarrollo de las tablas de producción, por lo que esa información será el complemento de la presente investigación.

### 5.5.3 Mediciones Después del Raleo

Un total de 60 árboles por localidad (5 árboles/parcela) producto del raleo, fueron sujetos a una serie de mediciones las cuales se detallan a continuación:

A. A cada árbol analizado se le midió su altura total por medio de cinta métrica.

#### B. Análisis Fustal

En la realización del análisis fustal se tomaron árboles comprendidos en las clases diamétricas presentadas en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Clases diamétricas encontradas en los rodales bajo estudio y número de árboles cortados por cada clase

CLASES DIAMETRICAS	No. DE ARBOLES CORTADOS	
	Elorenzia	Sta. Isabel
5.1 - 8	7	9
8.1 - 11	14	20
11.1 - 14	18	18
14.1 - 17	13	8
17.1 - 20	5	2
20.1 - 23	3	3
23.1 - 26	0	0

Los árboles asignados a cada clase diamétrica para este análisis fustal, fué proporcional al número de árboles encontrados en cada una de las clases por cada localidad.

Los árboles se cortaron con motosierra a una altura de 0.3 metros desde su base, para luego ser seccionados cada metro hasta una altura de 2 metros. Posterior a esto se realizaron secciones cada 2 metros hasta cubrir 10 metros de altura total. El resto de la altura de los árboles se seccionó cada metro.

En cada una de las secciones realizadas se tomaron discos. A cada disco se le tomó el diámetro con y sin corteza, número de anillos presentes en dos diámetros perpendiculares. Todos los datos resultantes fueron anotados en la boleta que aparece en el Cuadro 15A.

El área basal fué calculada para cada disco en el seccionamiento de los árboles; esto se hizo por medio de la fórmula:

$$AB = \frac{3.1416 * DAP^2}{4}$$

4

El volumen para cada sección del árbol se calculó por medio de la fórmula de Huber, excepto para el tocón que se usó la fórmula del cilindro y para la última sección que se usó la fórmula del cono. La sumatoria de todas las secciones da el volumen total del árbol y el promedio del volumen de todos los árboles analizados (volumen del árbol promedio) sirvió para calcular el volumen por parcela y por hectárea.

El factor de forma y de corteza para el rodal es el promedio de los factores de cada árbol analizado, los cuales se obtuvieron mediante las fórmulas:

$$\begin{aligned} - \text{Factor de forma:} & \quad ff = \frac{\text{Vol. real}}{\text{Vol. cilindro}} \\ - \text{Factor de corteza:} & \quad K = \frac{\text{DAP} * \text{DAPsc}}{\text{DAP}^2} \end{aligned}$$

El factor de forma es de gran utilidad para poder encontrar los volúmenes de madera reales en los fustes de los árboles, en tanto el factor de corteza ayuda a estimar volumen total de madera sin corteza.

#### 5.5.4 Análisis de Crecimiento e Incrementos

El crecimiento fué analizado a través de las relaciones existentes entre: Edad-Altura, Edad-Diámetro, Edad-AB, y Edad-Volumen. Para realizar las correspondientes gráficas se probaron los siguientes modelos de regresión simple:

- a. Modelo lineal  $(Y=b_0+b_1*X)$
- b. Modelo Logarítmico  $(Y=b_0*X^{b_1})$
- c. Modelo Geométrico  $(Y=b_0*b_1^x)$
- d. Modelo Cuadrático  $(Y=b_0+b_1*X+b_2*X^2)$
- e. Modelo Raíz Cuadrada  $(Y=b_0+b_1*X+b_2*X^{1/2})$

En donde: Y=variable dependiente que puede tomar los valores de altura, diámetro, área basal y volumen; X=variable independiente que representa la edad en años.

Se usaron aquellos modelos que presentaron el mayor coeficiente de correlación.

El incremento en diámetro se obtuvo dividiendo el diámetro entre la edad; de igual forma se calculó el incremento en AB.

Para obtener los incrementos en altura y volumen se dividieron estos valores entre la edad total del árbol.

Los incrementos promedio para el rodal se obtuvieron mediante el promedio de los incrementos de todos los árboles analizados por localidad.

Para poder realizar las gráficas de incrementos anuales (en las diferentes variables: diámetro, altura, área basal y volumen), se obtuvieron estos incrementos directamente en el análisis fustal por diferencia en el crecimiento de años consecutivos, hasta cubrir la edad total.

#### A. Índice de Sitio

A través de la relación altura-edad se estudió el índice de sitio de las plantaciones y en función de su diferencia se elaboraron 2 tablas preliminares de producción.

El índice de sitio se determinó mediante el análisis fustal del árbol dominante promedio por localidad (promedio de 100 árboles mas gruesos/ha). Con los datos del análisis fustal se probaron los modelos estadísticos del inciso 5.4 y se optaron por

los que mejor se adaptaron para la construcción de las curvas de índice de sitio a una edad base de 10 años.

#### 5.5.5 Marcación de Árboles Remanentes

Los árboles remanentes después del raleo fueron marcados con placas de aluminio que contienen: No. de árbol, No. de parcela y Bloque, para su posterior estudio.

#### 5.6 Elaboración de Tablas de Producción

Las tablas preliminares de producción fueron elaboradas con base en las variables de diámetro, altura, edad (variables independientes y volumen (variable dependiente) de los árboles en los dos rodales estudiados.

El modelo base de elaboración de las tablas de producción fue el desarrollado por Hughell y Chaves (17) que básicamente utiliza las ecuaciones que aparecen en el cuadro 5. Este modelo permite confeccionar una tabla de rendimiento para ciprés en América Central, bajo una densidad inicial de 1,111 árboles/ha, con una calidad de sitio media ( $IS=21.5$  m a una edad base de 20 años), para un turno preestablecido de 30 años y aclareos recomendados con la finalidad de obtener leña y madera de aserrío.

Los datos utilizados en la creación de la tabla de rendimiento provienen de parcelas de crecimiento en diferentes localidades de América Central.

Además se probaron los diferentes modelos de regresión simple existentes en el centro de cómputo de la FAUSAC (modelo Lineal, Logarítmico, Geométrico, Cuadrático y Raíz Cuadrada), y se optaron por los que mejor se adaptaron.

**Cuadro 5. Serie de Ecuaciones que Comprende el Modelo Global para predecir el Crecimiento y Redimiento de *Cupressus lusitanica* Miller en América Central. 1991**

1.  $\ln(IS) = 5,608 + (\ln(Hd) - 5,608)(E/EB)^{0,229}$   
 $R^2 = 0,90 \quad n = 111$
2. Volumen total sin corteza  
 $v = 0.0134651922 + 0.0000289134 (d^2 \cdot h) \quad (1)$
3. N número de árboles  
 $NA = 0,960 NI$
4. Altura media  $n = 62 \quad R^2 = 0,94$   
 $H = 26,0 (1 - \exp(-0,06448 e))^{1,2059}$
5. ICA en área basal  $n = 64 \quad R^2 = 0,94$   
 $ICA = 3,275 G^{0,7993} - 1,682 G$

---

IS = Índice de sitio  
 Hd = Altura dominante  
 EB = Edad base de 20 años  
 E = Edad de la medición  
 v = Volumen comercial sin corteza hasta un diámetro mínimo de utilización de 10 cm (m<sup>3</sup>/árbol)  
 d, h = dap (cm) y altura del árbol (m)  
 ICA = Incremento corriente anual en área basal (m<sup>2</sup>/ha)  
 NI = Densidad inicial (árboles plantados por ha)  
 NA = Número de árboles actual (árboles vivos por ha)

(1) FAO, 1977

Fuente: Hughell y Chaves (17)

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

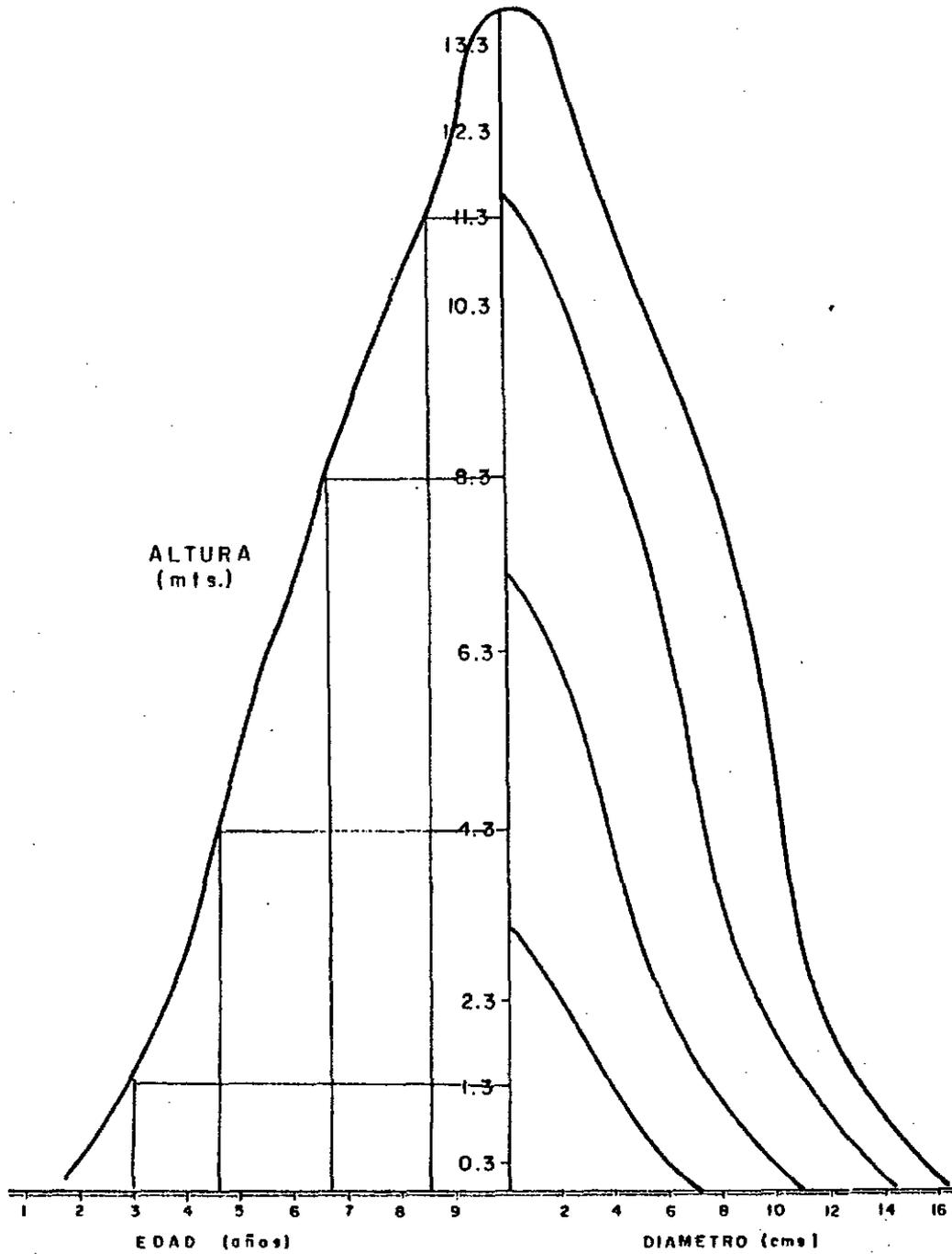
Con base en la metodología planteada para responder a los objetivos propuestos, se analizó e interpretó la información de la etapa de campo del presente estudio, sintetizando la siguiente información:

### 6.1 Análisis Fustal

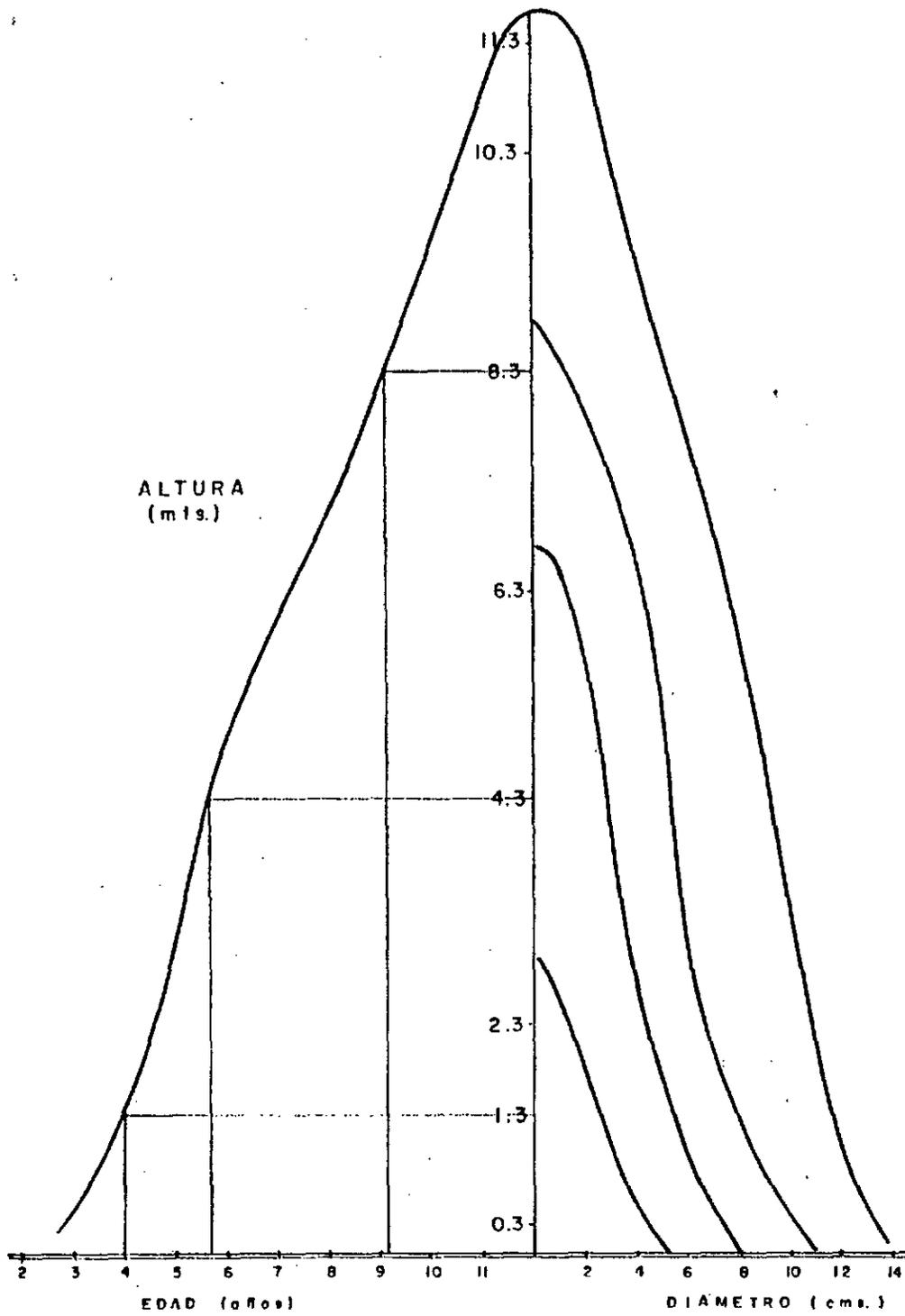
El análisis fustal fue realizado a un total de 60 árboles por localidad. Todos los datos fueron analizados y promediados de tal manera que se obtuvieron los cuadros 6 y 7, que sirvieron de base para la elaboración de los gráficos fustales (ver figuras 4 y 5).

Cuadro 6. Promedio de edad, diámetro y volumen de todos los fustes estudiados, en la localidad de Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez

altura corte (m)	edad promedio (años)	edad a la que se alcanza la altura de la sección	Diámetro con corteza (cms)	Diámetro sin corteza (cms)	Volumen de la sección (m <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )
0.3	8.15	2.00	15.53	14.85	0.0061	0.0061
1.3	7.09	3.06	12.74	12.12	0.0169	0.0230
2.3	6.48	3.67	11.56	10.99	0.0128	0.0358
4.3	5.59	4.56	10.25	9.73	0.0202	0.0560
6.3	4.61	5.54	9.11	8.56	0.0160	0.0720
8.3	3.59	6.65	7.43	6.93	0.0123	0.0843
10.3	2.35	7.89	5.13	4.82	0.0080	0.0923
11.3	1.58	8.57	3.82	3.55	0.0025	0.0948
12.3	1.14	9.01	2.81	2.57	0.0016	0.0964
13.3	0.74	9.41	1.83	1.68	0.0009	0.0973



**Figura 4** GRAFICO FUSTAL PARA *Cupressus lusitanica* Miller en Florencia, Santa Lucia, Milpas Altas, Satepéquez



**Figura 5** GRAFICO FUSTAL PARA *Cupressus lusitanica* Miller en Santa Isabel, Fraijones, Guatemala.

Cuadro 7. Promedio de edad, diámetro y volumen de todos los fustes estudiados, en la localidad de Sta. Isabel, Fraijanes, Guatemala.

altura corte (m)	edad promedio (años)	edad a la que se alcanza la altura de la sección	Diámetro con corteza (cm)	Diámetro sin corteza (cm)	Volumen de la sección (m <sup>3</sup> )	Volumen acumulado (m <sup>3</sup> )
0.3	7.48	3.00	12.25	12.67	0.0016	0.0016
1.3	8.53	3.95	11.54	10.85	0.0132	0.0148
2.3	7.78	4.70	10.43	9.82	0.0104	0.0252
4.3	6.75	5.73	9.01	8.43	0.0164	0.0416
6.3	5.21	7.27	7.44	6.91	0.0121	0.0537
8.3	3.35	9.13	5.22	4.83	0.0098	0.0625
10.3	1.70	10.78	2.94	2.69	0.0044	0.0669
11.3	1.13	11.35	2.05	1.87	0.0013	0.0682

Estos gráficos fustales son de mucha importancia debido a que reconstruyen la vida de los árboles, relacionando las principales variables que son: Edad, altura y diámetro.

En la figura 4 se puede notar que para la edad en el tocón de 6.7 años se obtuvo una altura de 8.3 metros; así también para un diámetro en el tocón de 10 cm el árbol alcanza una altura de casi 6.3 metros. Si se compara el crecimiento en altura de ambas localidades se puede observar que para una misma edad el crecimiento promedio del rodal de Florencia es mayor que el crecimiento medio de Santa Isabel (para una edad de 10 años el crecimiento medio en Florencia es de 13.40 m y 9 m en Santa Isabel).

## 6.2 Factores de Forma y de Corteza

Los factores de forma ( $ff$ ) y de corteza ( $k$ ) para los rodales bajo estudio se derivaron del análisis fustal. Para el caso del  $ff$  éste brinda la relación existente entre el volumen real del árbol y el volumen de un cilindro de igual diámetro y altura que el árbol analizado.

En los rodales de Florencia y Santa Isabel se obtuvieron  $ff$  con valores de 0.5113 y 0.4885 respectivamente.

Cuando el valor del  $ff$  es más cercano a la unidad, esto indica que la forma del fuste del árbol es más cilíndrica. Si se comparan los valores anteriores se puede notar que en Florencia los árboles son más cilíndricos que en Santa Isabel.

El factor de forma varía con la edad, calidad de la semilla y manejo silvicultural, por lo que uno o más de estos factores están influyendo directamente.

El factor de corteza ( $k$ ) es de utilidad para poder determinar volúmenes de madera sin corteza, lo cual es de mucha importancia si se considera que en términos generales la corteza no posee la misma utilización que la madera propiamente dicha.

Los valores obtenidos son: 0.9509 para Florencia y 0.9378 para Santa Isabel. Según las cifras anteriores el volumen de

corteza producido por el rodal de Santa Isabel es mayor que el volumen de corteza producido en Florencia.

### 6.3 Análisis de Crecimiento e Incrementos

El crecimiento e incrementos medios anuales para las diferentes variables (diámetro, área basal, altura y volumen) fue analizado tomando como base los resultados del análisis fustal y los árboles promedio que aparecen en los cuadros 6 y 7. Los modelos de crecimiento desarrollados para las diferentes variables estudiadas, aparecen en el cuadro 8, y son el resultado de la reconstrucción del historial del bosque. Al aplicar estos modelos tomando como variable independiente (x) la edad, es posible inferir el valor de "y" (variable dependiente), a determinada edad, considerando un rango de cero hasta la edad actual del rodal.

Cuadro 8. Modelos de crecimiento desarrollados para Florencia y Santa Isabel.

<u>LOCALIDAD</u>	<u>RELACION</u>	<u>MODELO</u>	<u>COEFICIENTES</u>	<u>R<sup>2</sup></u>
Florencia	EDAD-DAP (años-cm)	Cuadrático $Y=bo+b1*X+b2*X^2$	bo=-11.0286 b1= 4.2667 b2=-0.1905	0.998
	EDAD-AB (años-cm <sup>2</sup> )	Cuadrático $Y=bo+b1*X+b2*X^2$	bo=-99.0234 b1= 27.9283 b2=-0.5291	0.995
	EDAD-ALTURA (años-m)	Lineal $Y=bo+b1*X$	bo=-3.8524 b1= 1.8006	0.996
	EDAD-VOLUM. (años-m <sup>3</sup> )	Cuadrático $Y=bo+b1*X+b2*X^2$	bo= 0.0052 b1=-0.0078 b2= 0.0017	0.999
	**EDAD-ALTURA (años-m)	Lineal $Y=bo+b1*X$	bo=-3.2098 b1= 1.7676	0.99
Sta. Isab.	EDAD-DAP (años-cm)	Lineal $Y=bo+b1*X$	bo= 0.2299 b1= 0.9329	0.96
	EDAD-AB (años-cm <sup>2</sup> )	Lineal $Y=bo+b1*X$	bo=-36.630 b1= 11.1118	0.998
	EDAD-ALTURA (años-m)	Lineal $Y=bo+b1*X$	bo=-3.6372 b1= 1.3146	0.996
	EDAD-VOLUM. (años-m <sup>3</sup> )	Cuadrático $Y=bo+b1*X+b2*X^2$	bo= 0.0065 b1=-0.0043 b2= 0.0007	1.00
	**EDAD-ALTURA (años-m)	Lineal $Y=bo+b1*X$	bo=-3.2044 b1= 1.4620	0.99

\*\* árbol dominante

La utilización de los modelos anteriores se limita a las edades que poseen los rodales (10 años para Florencia y 12 años para Santa Isabel), no siendo confiables realizar proyecciones

para edades futuras.

### 6.3.1 Crecimiento e Incremento en Diámetro

El crecimiento en diámetro es observado en las figuras 6 y 7. Para Florencia el modelo de regresión que mejor se adapta es el cuadrático y en Santa Isabel se ha encontrado un modelo lineal (ver cuadro 8).

Los rodales de ambas localidades son jóvenes (10 y 12 años) por lo que se pueden observar curvas de crecimiento en ascenso.

El incremento medio anual en diámetro para todo el rodal, en Florencia se encontró un valor de 1.27 cm/año y 0.96 cm/año para Sta. Isabel.

Las curvas de incremento medio anual que son mostradas en las figuras 6 y 7 indican que a partir del quinto y sexto año el incremento disminuye debido a la competencia de los individuos, haciéndose necesario los raleos para permitir a la curva estabilizarse, o ir en ascenso, de lo contrario la curva seguirá descendiendo hasta valores muy bajos.

López Payes (19) encontró para ciprés, valores de 1.09, 1.16 y 1.25 cm/año, en tres localidades del departamento de Guatemala, valores cercanos a los del presente estudio.

Edad (años)	3	4	5	6	7	8	9	10
Diáme. (cms)	0.06	2.99	5.54	7.71	9.5	10.9	11.9	12.54
Inc. cm/año	0.06	2.93	2.55	2.17	1.79	1.40	1	0.64

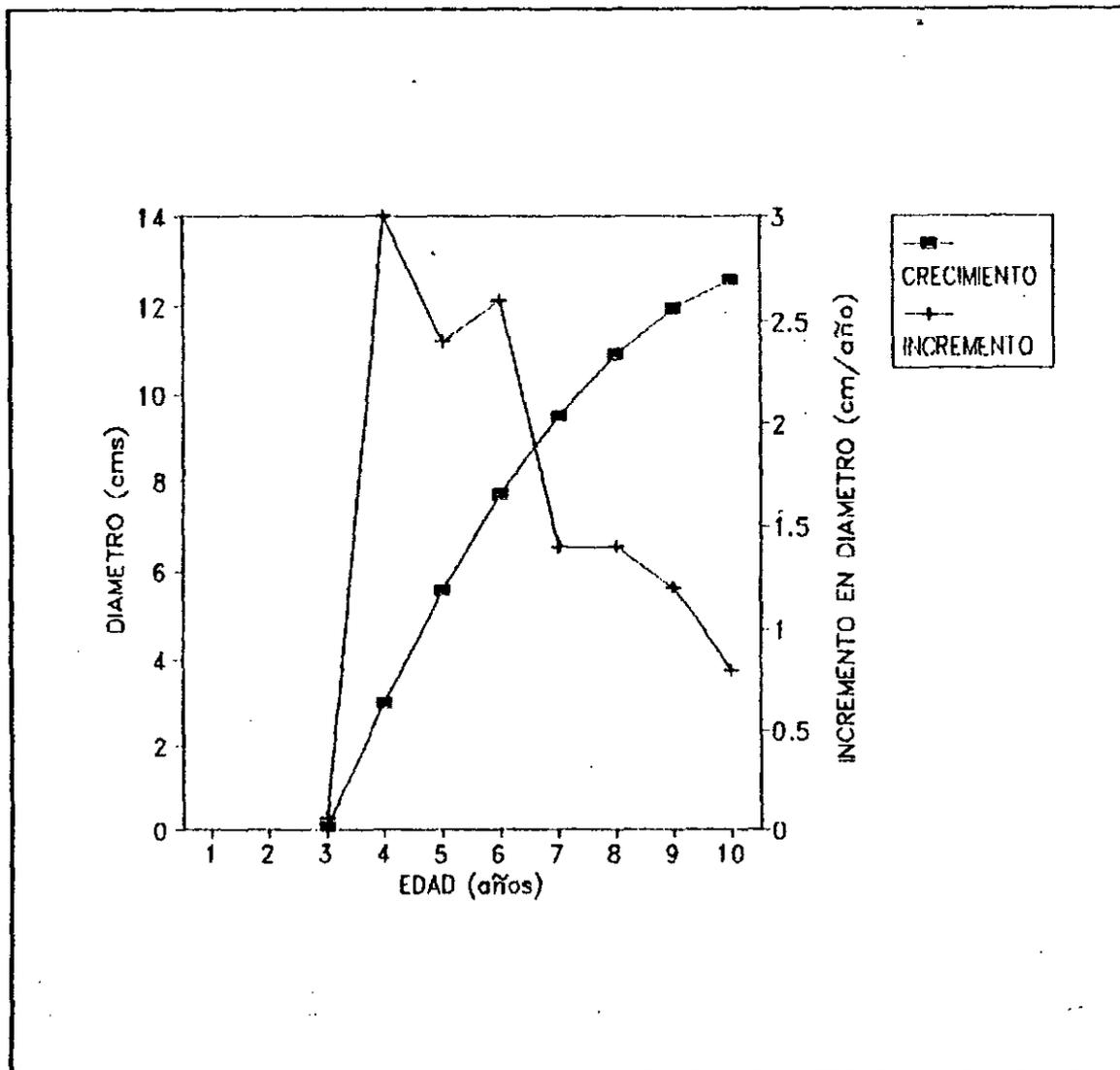


Figura 6. Curvas de Crecimiento e Incremento en Diámetro para el Rodal de Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.

Edad (años)	5	6	7	8	9	10	11	12
Diáme. (cms)	4.89	5.83	6.76	7.69	8.63	9.56	10.49	11.42
Inc. cm/año	2	1.6	1	0.8	0.8	0.6	0.8	0.6

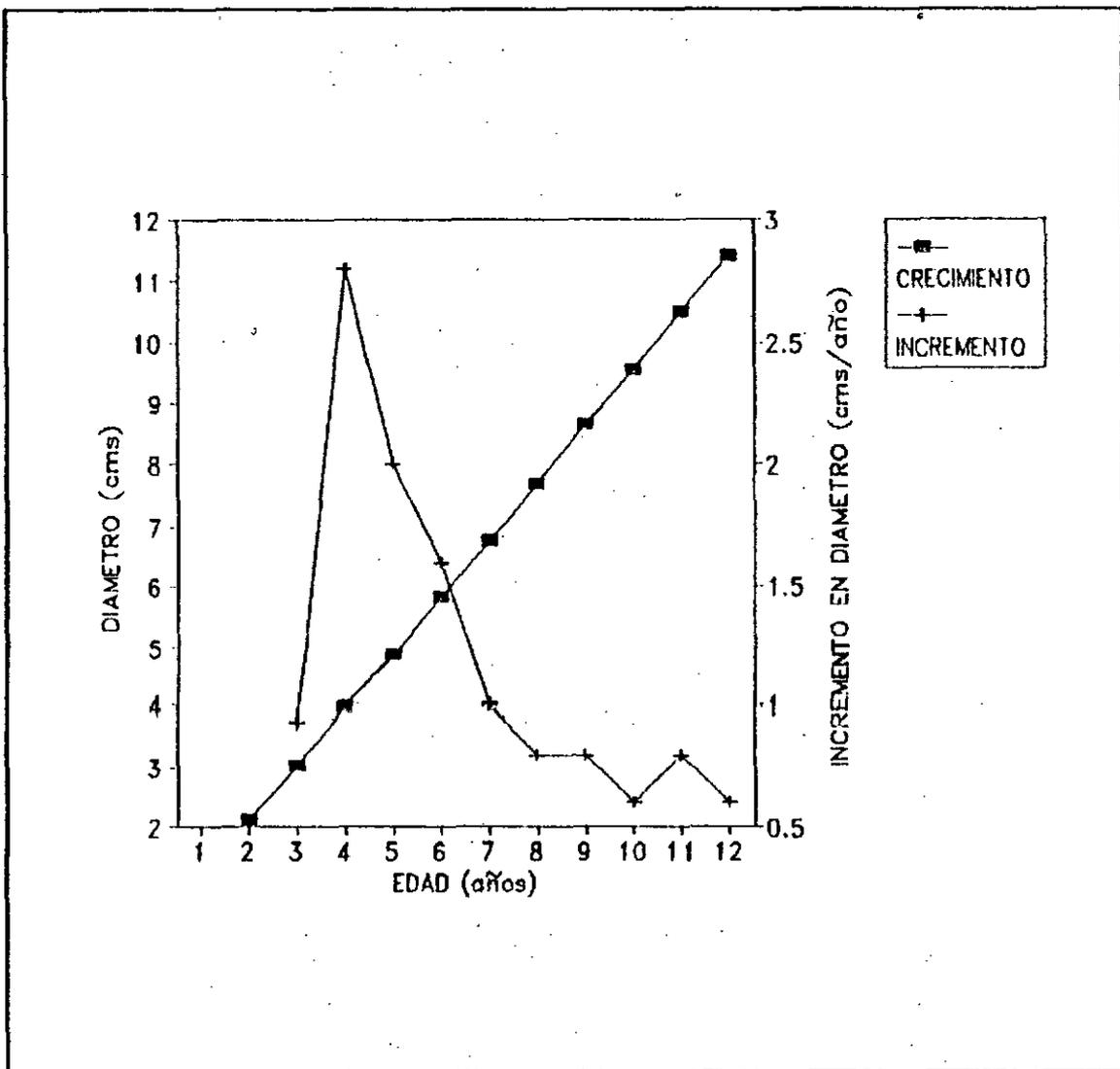


Figura 7. Curvas de Crecimiento e Incremento en Diámetro para el Rodal de Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala.

### 6.3.2 Crecimiento e Incremento en Área Basal

El crecimiento e incremento en área basal se deriva directamente de los valores del diámetro. Las figuras 8 y 9 ilustran el crecimiento con los modelos cuadrático y lineal para Florencia y Sta. Isabel respectivamente.

Los modelos base para la creación de las figuras, son mostrados en el cuadro 8.

Los incrementos medios anuales para los rodales indican que Florencia posee un valor mas alto ( $3.19 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ ), lo que se traduce en un sitio de mejor productividad, considerando que ambas localidades poseen la misma densidad. Sta. Isabel posee un valor de  $2.18 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ , lo que significa una producción menor en  $1.01 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{año}$ .

Las gráficas de incremento (figuras 8 y 9 ) muestran que este inicia su descenso en los años 6 y 7 aproximadamente. Manejando la densidad de los rodales y el AB actual será posible conocer en un futuro (por medio del diseño experimental establecido) el comportamiento del crecimiento e incremento de esta variable, lo cual será de mucha utilidad para continuar con el desarrollo de las tablas preliminares de producción y recomendar su utilización.

Edad (años)	4	5	6	7	8	9	10
Area B. (cm <sup>2</sup> )	4.22	27.39	49.50	70.55	90.54	109.47	127.35
Inc. AB cm <sup>2</sup> /año	4.22	15.83	27.36	19.13	22.21	21.49	15.58

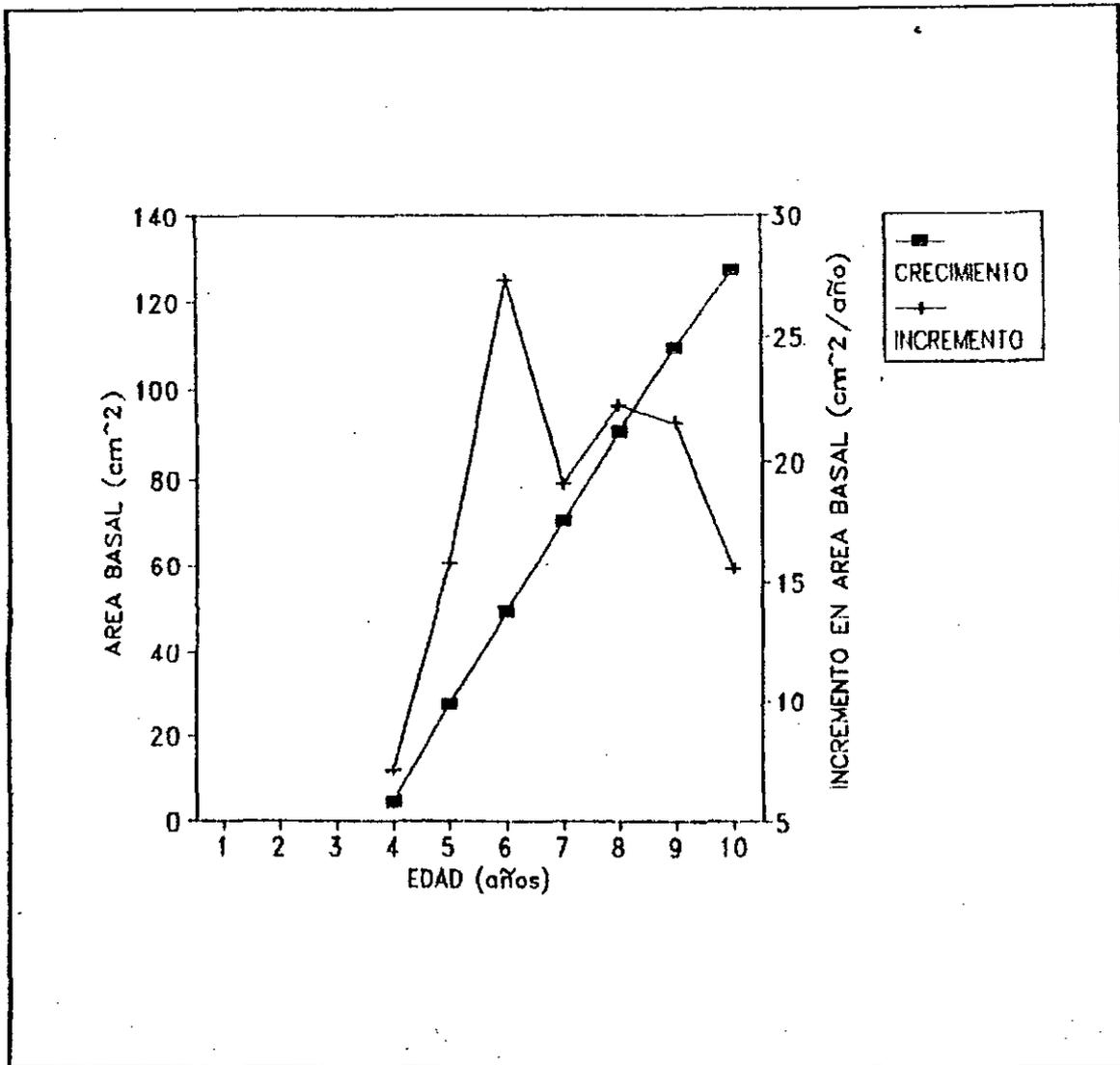


Figura 8. Curvas de Crecimiento e Incremento en Area Basal para el Rodal de Florencia, Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez.

Edad (años)	5	6	7	8	9	10	11	12
Area B. (cm <sup>2</sup> )	18.9	30.0	41.15	52.26	63.38	74.49	85.60	96.71
Inc. AB cm <sup>2</sup> /año	11.9	14.0	10.84	9.80	10.81	8.87	12.57	10.08

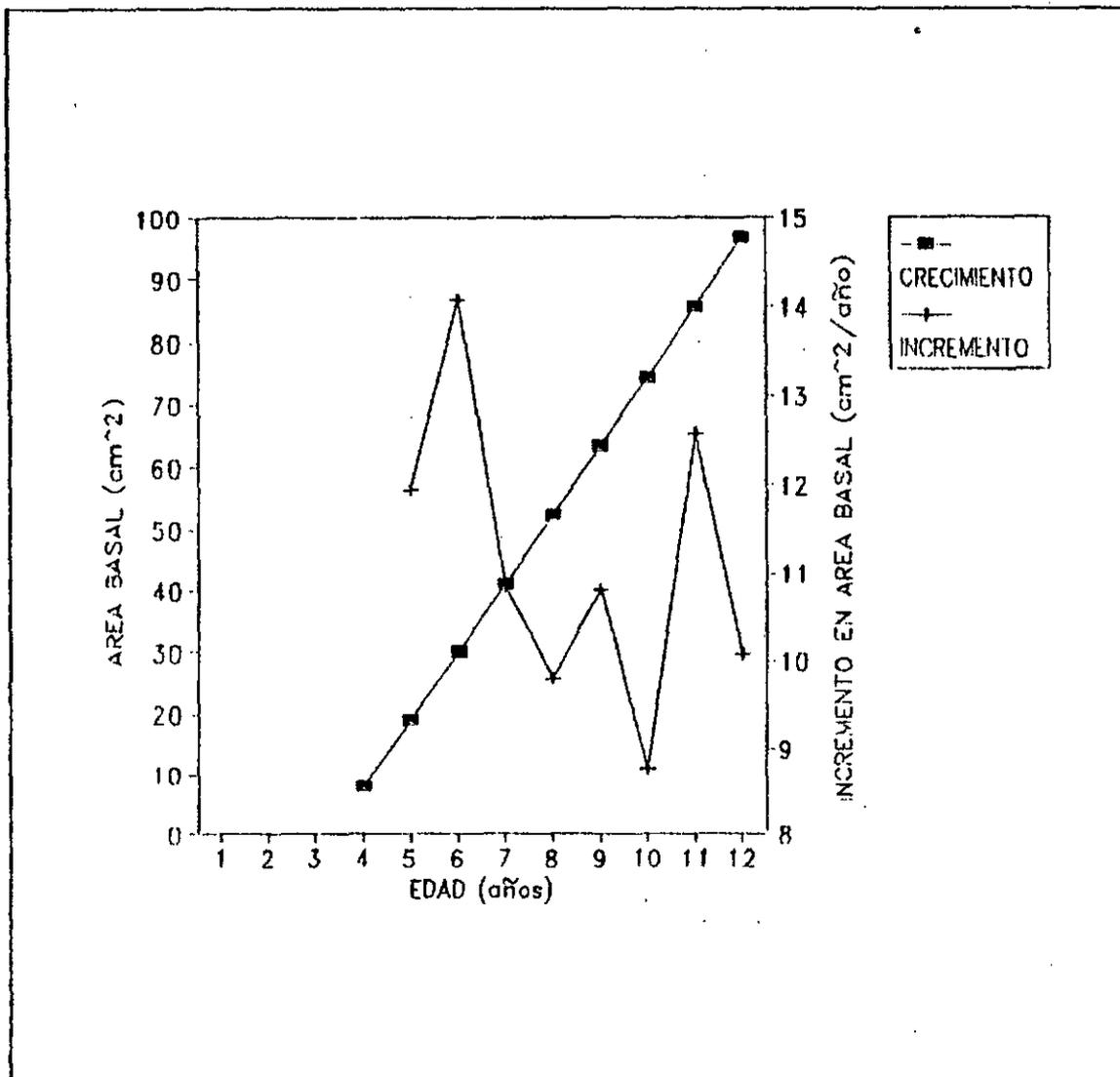


Figura 9. Curvas de Crecimiento e Incremento en Area Basal para el Rodal de Santa Isabel, Frajanes, Guatemala.

### 6.3.3 Crecimiento e Incremento en Altura

El comportamiento del crecimiento promedio en altura para los rodales, puede ser observado en las figuras 10 y 11, las cuales fueron realizadas con base en los árboles promedio de los cuadros 6 y 7, y los modelos de regresión simple que aparecen en el cuadro 8.

Por la corta edad que tienen los rodales los modelos que mejor se adaptan son los lineales, los cuales presentan curvas en ascenso.

Los valores de incremento medio para los rodales son de 1.27 y 0.98 m/año para Florencia y Sta. Isabel respectivamente. Estos valores muestran que Florencia posee un mejor incremento anual lo cual es confirmado posteriormente por los valores de índice de sitio.

Las curvas de incrementos (figuras 10 y 11) muestran como alcanzan un valor mínimo de incremento anual a los 8 años de edad (para Florencia) y de 9-10 años para Sta. Isabel. Luego de este periodo los incrementos vuelven a tener un ascenso, posiblemente porque muchos árboles fueron dominados, cediendo el paso a los mas fuertes o existe una marcada influencia de las características físicas y químicas del suelo.

Edad (años)	3	4	5	6	7	8	9	10
Altura (m)	1.55	3.35	5.15	6.95	8.75	10.55	12.35	14.15
Inc. H (m/año)	1.55	2.25	2.04	1.80	1.74	1.30	2.27	2.50

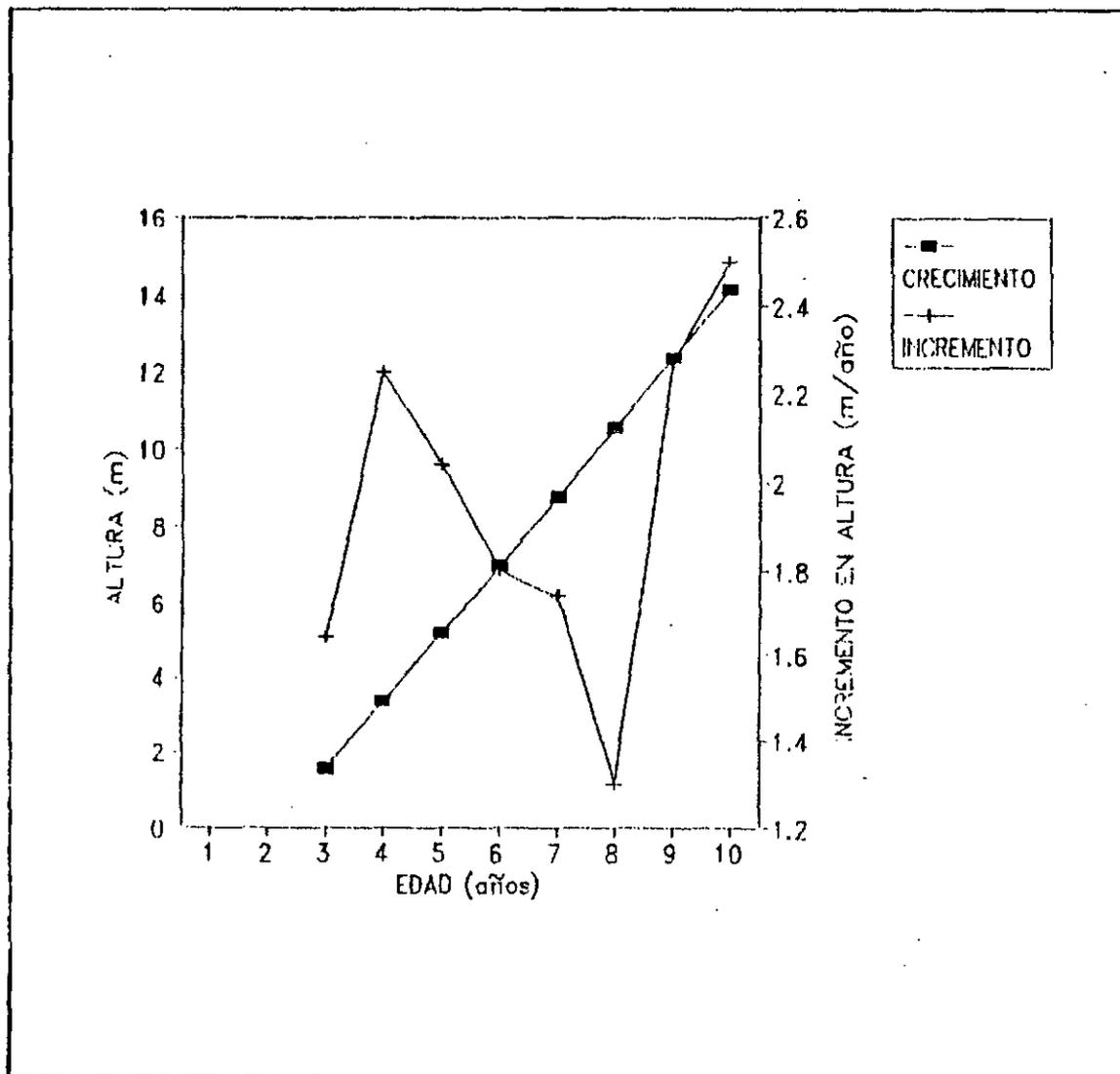


Figura 10. Curvas de Crecimiento e Incremento en Altura para el Rodal de Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.

Edad (años)	5	6	7	8	9	10	11	12
Altura (m)	2.94	4.25	5.57	6.88	8.19	9.51	10.82	12.14
Inc. H (m/año)	1.33	1.94	1.30	1.08	1.08	0.61	0.61	1.75

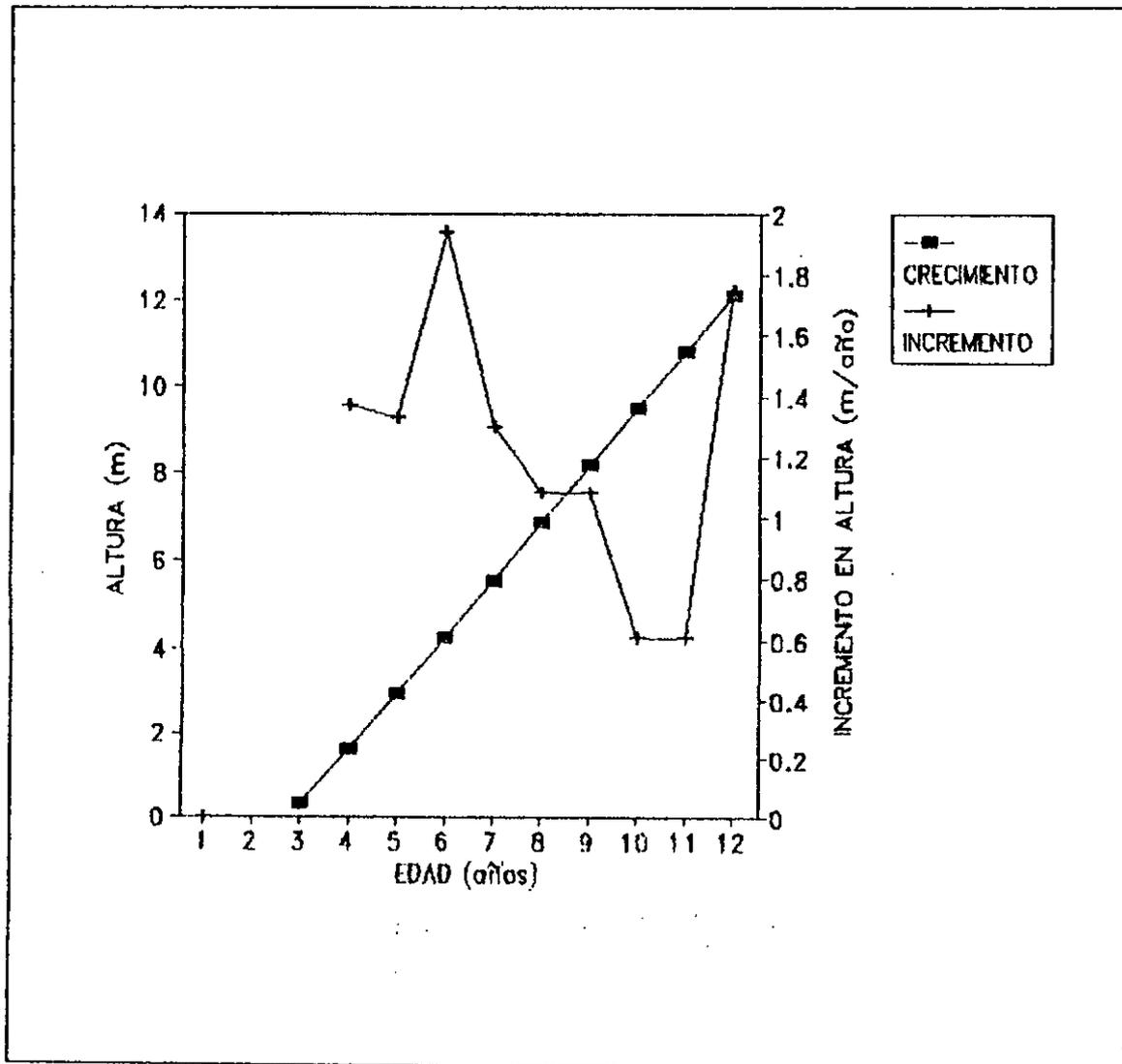


Figura 11. Curvas de Crecimiento e Incremento en Altura para el Rodal de Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala.

#### 6.3.4 Crecimiento e Incremento en Volumen

El crecimiento e incremento en volumen es función directa del crecimiento e incremento en diámetro, área basal y altura.

Las curvas tanto de crecimiento como de incremento para ambas localidades (ver figuras 12 y 13) muestran una tendencia ascendente, lo cual es posible mantener si se controla la densidad y el  $\Delta B/ha$ .

El incremento medio en volumen total para Florencia tiene un valor de 22.97  $m^3/ha/año$ , en tanto en Santa Isabel se ha encontrado un valor de 15.77  $m^3/ha/año$ .

Los incrementos en volumen se mantienen en ascenso (ver figuras 12 y 13) en función de la variable de altura (como variable principal de este incremento) debido a que en los últimos años la tendencia del crecimiento e incremento en altura es de ir en ascenso, no así el diámetro que ha disminuído considerablemente.

#### 6.4 Suelos

Se realizaron calicatas en cada uno de los bloques en ambas localidades. Los resultados del análisis químico de las muestras tomadas aparecen en el cuadro 9, mientras la descripción de los perfiles puede ser observada en el Cuadro 16A.

Edad (años)	4	5	6	7	8	9	10
Volumen ( $m^3$ )	0.001	0.009	0.020	0.034	0.052	0.073	0.097
Inc. Vol $m^3/año$	—	0.008	0.011	0.014	0.018	0.021	0.025

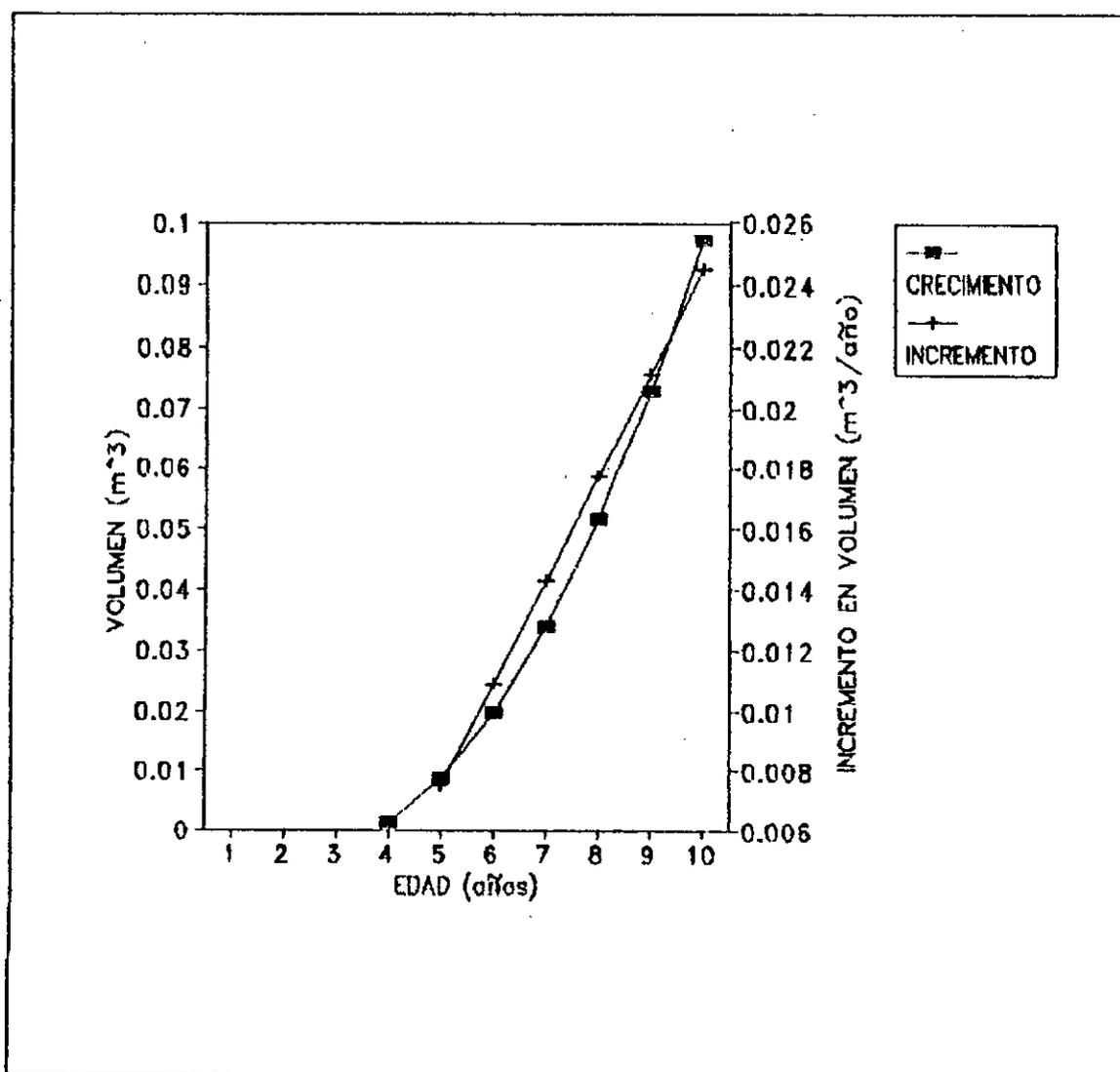


Figura 12. Curvas de Crecimiento e Incremento en Volumen para el Rodal de Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.

Edad (años)	5	6	7	8	9	10	11	12
Volumen (m <sup>3</sup> )	.003	.006	.011	.017	.025	.034	.044	.056
Inc. Vol m <sup>3</sup> /año	.002	.003	.005	.006	.008	.009	.010	.012

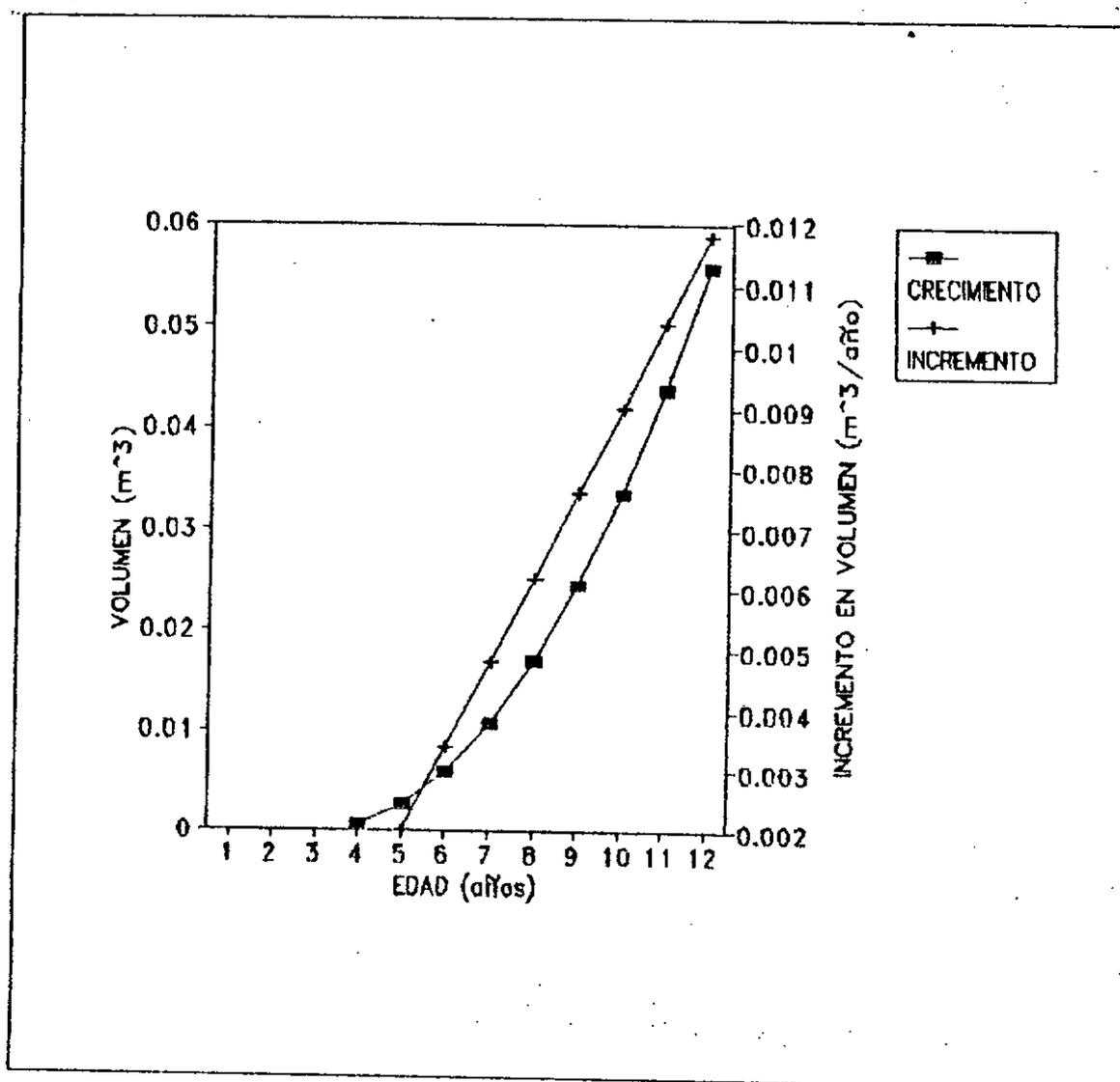


Figura 13. Curvas de Crecimiento e Incremento en Volumen para el Rodal de Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala.

En general los suelos de Florencia son mas profundos, lo que permite mayor espacio para el desarrollo radicular, mayor almacenamiento de nutrientes y por consiguiente mejor desarrollo de los árboles (ver cuadro 9). Al considerar las características químicas para ambas localidades, Florencia posee un mayor contenido de fósforo y calcio, (en tanto que los otros nutrientes poseen valores similares) lo que viene a significar una mayor disponibilidad de nutrientes primarios para un mejor rendimiento de los rodales.

Cuadro 9. Resultados del análisis químico de las muestras de Suelo tomadas de las calicatas en Florencia y Sta. Isabel

SITIO	CALICATA No.	Hte	Prof.	pH	P	K	Ca Mg	
							(meq/100 gr)	
Florencia	1	A	00-43	6.40	0.25	190	8.42	0.97
		AB	43-76	6.25	0.45	345	8.42	1.64
		B	76-	6.60	0.25	182	9.67	2.36
	2	A	00-33	6.40	1.00	240	8.10	1.38
		BA	33-92	5.90	0.75	370	9.36	3.05
		B	92-	6.30	0.45	318	11.85	3.93
3	A	00-33	5.50	2.80	253	9.04	1.23	
	BA	33-	6.50	0.75	345	10.29	2.41	
Sta. Isabel	4	A	00-24	6.30	0.69	365	9.68	3.13
		BA	24-37	5.70	0.69	275	3.12	1.23
		B	37-	5.90	0.00	217	2.81	1.23
	5	A	00-13	6.60	0.02	378	11.54	3.03
		B	13-31	5.80	0.00	368	4.37	2.47
		2A	31-	5.80	0.00	325	6.86	1.80
6	A	00-05	6.80	0.02	300	12.47	2.57	
	BA	05-55	6.30	0.02	675	5.61	2.47	
	B	55-	5.60	0.00	625	4.05	2.16	

### 6.5 Índice de Sitio

La determinación de los índices de sitio para las dos localidades se basó en el análisis fustal de los árboles dominantes.

La información obtenida del análisis fustal fué sometida al análisis de regresión simple, con la cuál se obtuvieron los modelos que aparecen en el cuadro 8, los cuales representan el mayor coeficiente de determinación y por consiguiente son los que mejor se adaptan en la relación edad-altura.

Para una edad base de 10 años el índice de sitio (IS) de Florencia es de 14.47 metros con intervalos de confianza de 15.40 m - 13.54 m (Ls-Li), mientras en Sta. Isabel se encontró un IS con un valor de 11.42 metros, con intervalos de confianza de 12.80 m - 10.04 m (Ls-Li). Los intervalos de confianza nos indican que ningún rango de valores de una localidad está comprendido en la otra, por lo que existen claramente 2 diferentes índices de sitio (ver cuadro 10).

Con la información anterior es posible decir que el sitio de Florencia es mas productivo (como resultado de las mejores características físicas y químicas del suelo, topografía con menor porcentaje de pendiente) que el de Sta. Isabel, por lo que se espera que el rendimiento de los rodales, en términos de volumen de madera para Florencia sea mayor.

Cuadro 10. Rango de valores de los intervalos de confianza para la determinación de Indices de Sitio a la Edad base de 10 años

INTERVALOS DE CONFIANZA			IS	VALOR (m)
	LS	LI		
FLORENCIA	15.40	13.54	I	14.47
STA. ISABEL	12.80	10.04	II	11.42

Las curvas de IS desarrolladas según los modelos de regresión, pueden ser observadas en la figura 14.

López Payes (19) en su trabajo: Determinación de Indices de Sitio para Cupressus lusitanica Miller, determinó 2 diferentes índices de sitio para 3 localidades en el departamento de Guatemala. A una edad base de 20 años obtuvo los valores de 21.90 y 19.70 m respectivamente. Si se aplican los modelos desarrollados por su persona, a una edad de 10 años es posible obtener los valores de 12.79 y 17.40; valores cercanos a los obtenidos en el presente estudio.

#### 6.6 Tablas Preliminares de Producción

Considerando que fueron encontrados 2 IS diferentes, se elaboraron 2 tablas de producción preliminares (una por cada localidad). Las tablas de producción indican ciertas características de los rodales a una edad determinada y bajo

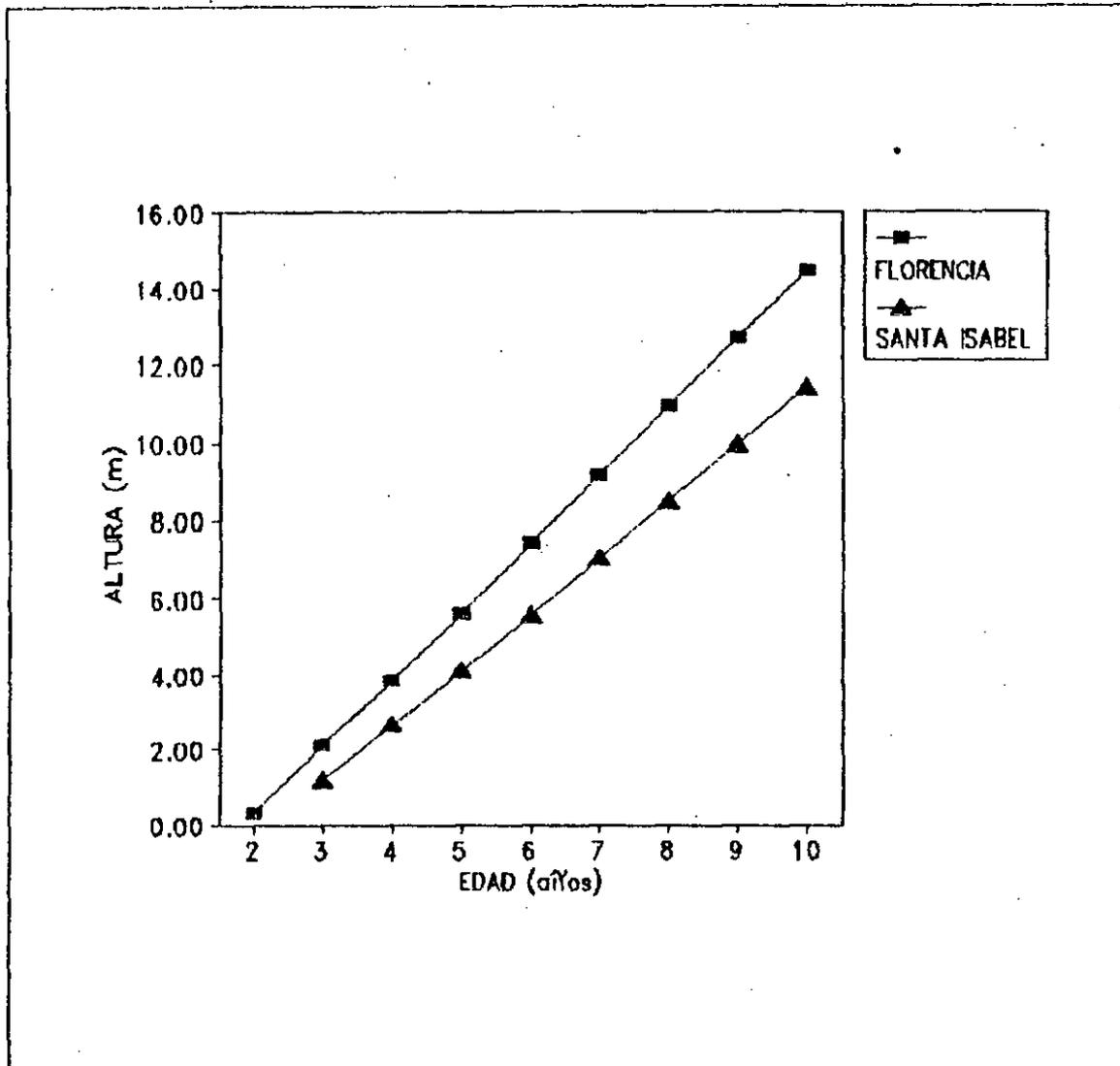


Figura 14. Curvas de Índice de Sitio para los rodales bajo estudio

ciertas características.

Para Florencia la tabla resultante puede ser observada en el cuadro 11, mientras que para Sta. Isabel el cuadro 12 ilustra la tabla elaborada.

Los modelos de regresión que aparecen en el cuadro 8, son los que sirvieron de base para la creación de estas tablas preliminares de producción. En ellas es posible determinar el volumen, área basal, altura y diámetro que alcanza la plantación a una edad determinada y bajo similares condiciones de IS y densidad inicial. Con estas tablas locales es posible predecir el rendimiento de una plantación, previo a su establecimiento.

Cuadro 11. Tabla de producción preliminar para Cupressus lusitanica Miller, en la localidad de Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez

		IS= 14.47	N inicial = 2,500				
EDAD (años)	N (N/ha)	DAP (cm)	H (m)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	VOL (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha)	
4	2,500	6.07	3.35	1.06	3.00	0.75	
6	2,500	7.71	6.95	12.37	49.00	23.00	
8	2,500	10.91	10.55	22.64	129.00	40.00	
10	2,500	12.74	13.49	33.95	229.70	50.35	

En donde:

IS = Índice de Sitio

N = Densidad

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1.30 m)

H = Altura promedio

AB = Área Basal

VOL = Volumen

IMA = Incremento medio anual

Cuadro 12. Tabla de producción preliminar para Cupressus lusitanica Miller, en la localidad de Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala

EDAD (años)	IS = 11.42			N inicial = 2,500		
	N (N/ha)	DAP (cm)	H (m)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	VOL (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha)
4	2,500	3.96	1.62	1.95	1.25	0.31
6	2,500	5.83	4.25	7.51	14.75	6.75
8	2,500	7.69	6.88	13.07	42.25	13.75
10	2,500	9.56	9.51	18.62	83.75	20.75
12	2,500	11.54	11.74	30.47	189.25	52.75

En donde:

IS = Índice de Sitio

N = Densidad

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1.30 m)

H = Altura promedio

AB = Área basal

VOL = Volumen

IMA = Incremento medio anual

Según las tablas presentes, Florencia tiene una producción mayor en términos de volumen de madera en una edad inferior por lo que corrobora el dato presentado por el IS de la mejor calidad del sitio forestal.

Las tablas preliminares de producción están completas en una primera fase, pero su desarrollo debe continuar con los resultados que se obtengan del diseño experimental que se dejó establecido en el campo (parcelas permanentes de muestreo), lo cual es tarea que el IIA debe de continuar.

## 7. CONCLUSIONES

1. El crecimiento en las diferentes variables (diámetro, área basal, altura y volumen) para ambas localidades, presenta una tendencia ascendente, lo cual es producto de la edad juvenil que tienen ambos rodales. La producción de volumen total de madera para una edad de 10 años es mayor para Florencia (229.70 m<sup>3</sup>/ha) que para Sta. Isabel (83.75 m<sup>3</sup>/ha).
2. Según los valores de índice de sitio encontrados a una edad base de 10 años, el sitio de Florencia tiene mejor productividad que el de Santa Isabel. Se considera que esta diferencia se debió básicamente a que Florencia posee mayor profundidad del suelo, mayor contenido de fósforo y calcio y menor porcentaje de pendiente.
3. Los árboles de Florencia tienen un crecimiento más cilíndrico, según lo demuestra el factor de forma con un valor de 0.5113, en tanto que Santa Isabel presenta un factor de forma de 0.4885.

Los factores de corteza para Florencia y Santa Isabel son 0.9509 y 0.9378 respectivamente. Las variaciones observadas en los factores de forma y de corteza se debieron a la diferencia existente en la calidad de estación.

## B. RECOMENDACIONES

1. Las tablas de producción preliminares resultantes del presente estudio pueden ser usadas confiablemente en las localidades de donde provienen, para poder predecir el rendimiento de nuevas plantaciones, o bien ser usadas como una guía en otras localidades bajo similares condiciones.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. ACHAPMAN, H.; MAYER, W. 1949. Forest mensuration. New York, McGraw-Hill. p.298-370
2. ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento; predicción del rendimiento. Roma, FAO. Estudio de Montes 22/2. v.2, 118 p.
3. BRUCE, D.; SCHUMACHER, F. 1950. Forest mensuration. 3 ed. New York, McGraw-Hill. 483 p.
4. CHAVES, E.; FONSECA, W. 1991. Ciprés Cupressus lusitanica Mill especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 66 p.
5. CLUTTER, J.L. 1983. Timber management. New York, John Wiley. p. 89-137
6. CRUZ, R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
7. DANIEL, T.; HELMS, J.; BAKER, F. 1982. Principios de silvicultura. Trad. por Ramón Elizandro Mata. México, McGraw-Hill. 492 p.
8. DAVIS, K.P. 1966. Forest management. 2 ed. New York, McGraw-Hill. 519 p.
9. ESCOBAR SAGASTUME. 1987. 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.
10. FORBES, R.D. 1955. Forestry handbook. Editor Arthur B. Meyer. New York, John Wiley & Sons Inc. p. 301-361
11. GONZALES, E. 1947. Silvicultura. 2 ed. España, Possat. p. 180-190.
12. GRIJPMAN, P. 1982. Producción forestal. México, Trillas. 134 p.
13. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL . 1982. Mapa topográfico de la República de Guatemala; hoja cartográfica Ciudad de Guatemala, no. 2059 I. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
14. \_\_\_\_\_. 1982. Mapa topográfico de la República de Guatemala; hoja cartográfica San José Pinula, no. 2159 IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.

15. \_\_\_\_\_ . INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Tarjeta de registro de datos meteorológicos de la estación "La Negra", no. 6.9.9 del municipio de San José Pinula, Guatemala.
- Sin publicar
16. \_\_\_\_\_ . Tarjeta de registro de datos meteorológicos de la estación "Suiza Contenta", no. 16.11.1 del municipio de San Lucas, Sacatepéquez.
- Sin publicar
17. HUGHELL, D.; CHAVES, E. 1990. Modelo preliminar de crecimiento y rendimiento de ciprés (Cupressus lusitanica Miller) en América Central. Silvoenergía (C.R.) no. 38:1-4.
18. KLEPAC, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2 ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 365 p.
19. LOPEZ 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.
20. MEXICO. SUBSECRETARIA FORESTAL, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION FORESTAL. 1983. Modelos de crecimiento. México. Publicación Especial no. 44, 209 p.
21. MORALES, A. et al. 1979. Modelos de simulación y manejo para plantaciones forestales. Chile, Corporación Nacional Forestal. Doc. de Trabajo no. 30. 155 p.
22. NUÑEZ SARAVIA, O.N. 1986. 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.
23. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
24. STANDLEY, P.; STEYERMARK, J. 1958. Flora of Guatemala. Chicago, Natural History Museum. v. 24, pte. 1.
25. VILLAFUERTE VILLEDA, H.R. 1987. Estudio de crecimiento y rendimiento de Pinus oocarpa Schiede, en San José La Arada, Chiquimula. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 85 p.

Vo. Bo.  
*Petrucci*



10. APENDICE

HOJA DE DESCRIPCION DE SUELOS

Mapa Top. No. \_\_\_\_\_ Fotog. No. \_\_\_\_\_ Lv. \_\_\_\_\_ Esc. \_\_\_\_\_ Coord (UTM) \_\_\_\_\_  
 Localidad \_\_\_\_\_ Situación \_\_\_\_\_ Altitud \_\_\_\_\_  
 Pendiente \_\_\_\_\_ Posición Fisiográfica \_\_\_\_\_ U. Mapeo \_\_\_\_\_  
 Clima: pp \_\_\_\_\_ Cultivo ó Vegetación Natural \_\_\_\_\_  
 Mat. Originario \_\_\_\_\_ Pedregosidad \_\_\_\_\_ Erosión \_\_\_\_\_ Drenaje \_\_\_\_\_  
 Humedad del Suelo \_\_\_\_\_ Microtopografía \_\_\_\_\_ Salinidad ó Alc. \_\_\_\_\_  
 Serie (Simmons et. al.) \_\_\_\_\_ Clasificación \_\_\_\_\_

HTE.	PROF.	COLOR			TEXT.	CONSISTENCIA			ESTRUCTURA			POROS	NAF	Ph	RAICES	LIMITES	
		SECO	HUMEDO	MOJADO		SECO	HUMEDO	MOJADO	TIPO	CLASE	GRADO					N	F

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_ RECOLECTOR \_\_\_\_\_





**Cuadro 16A. Descripción de las calicatas realizadas en las localidades de Florencia y Santa Isabel.**

Calicata No. 1

Ubicación: Florencia, Sta. Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez  
(Bloque No. 1).

Altitud: 1960 msnm

Posición Fisiográfica: Ladera

Pendiente: 5%

Vegetación predominante: Ciprés común (plantación)

Material Originario: Ceniza volcánica

Temperatura media anual: 22.06 grados centígrados

Precipitación total anual: 914.5 mm

Zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

Pedregosidad: Sin piedras

Drenaje: Bien drenado

Descripción del Perfil:

(cm)

- A 0-43 Franco arcilloso; consistencia en húmedo: suelto, en mojado ligeramente adherente, estructura: bloques subangulares, mediana, grado medio, raíces comunes y medianas, límite neto, forma plana.
- AB 43-76 Franco arcilloso; consistencia en húmedo: muy friable, en mojado ligeramente adherente, estructura: bloques subangulares, clase media, grado débil, raíces comunes y medianas, límite neto, forma plana.
- B 76- Arcilloso; consistencia en húmedo: muy friable, en mojado ligeramente adherente, estructura: bloques angulares, clase mediana, grado débil, raíces pocas y medianas.

Calicata No. 2

Ubicación: Florencia, Sta. Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.  
(Bloque No. 2)

Altitud: 1960 msnm

Posición fisiográfica: Ladera

Pendiente: 5%

Vegetación predominante: ciprés común (plantación)

Material originario: Ceniza volcánica

Temperatura media anual: 12.06 grados centígrados

Precipitación total anual: 914.5 mm

Zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

Pedregosidad: Sin piedras

Drenaje: Bien drenado

Descripción del perfil:

(cm)

- A 0-33 Franco arcilloso; consistencia en húmedo: Muy friable, en mojado: ligeramente adherente, estructura: Bloques subangulares, clase mediana, grado medio, raíces comunes y medianas, límite gradual, forma ondulada.

BA 33-92 Arcilloso; consistencia en húmedo: muy friable, en mojado: ligeramente adherente, estructura: Bloques subangulares, clase mediana, grado débil, raíces comunes y medianas, límite gradual, forma ondulada.

B 92- Arcilloso; consistencia en húmedo: muy friable, en mojado: adherente, estructura: Bloques angulares, clase mediana, grado medio, raíces pocas y medianas.

### CALICATA No. 3

Ubicación: Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez  
(Bloque No. 3)

Altitud: 1960 msnm

Posición fisiográfica: Ladera

Pendiente: 4%

Vegetación predominante: ciprés común (plantación)

Material originario: Ceniza volcánica

Temperatura media anual: 12.06 grados centígrados

Precipitación total anual: 914.5 mm

Zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

Pedregosidad: Sin piedras

Drenaje: Bien Drenado

Descripción del perfil:  
(cm)

A 0-33 Franco arcilloso, consistencia en húmedo muy friable, en mojado: ligeramente adherente, estructura: Bloques subangulares, clase mediana, grado medio, raíces comunes y medianas, límite neto, forma ondulada.

BA. 43- Arcilloso; consistencia en húmedo: muy friable, en mojado ligeramente adherente, estructura: Bloques subangulares, clase mediana, grado débil, raíces comunes y medianas.

### Calicata No. 4

Ubicación: Sta. Isabel, Fraijanes, Guatemala (Bloque No. 1)

Altitud: 1860 msnm

Posición fisiográfica: Ladera

Pendiente: 65%

Vegetación predominante: ciprés común (plantación)

Material originario: Ceniza volcánica

Temperatura media anual: 18 grados centígrados

Precipitación total anual: 1675 mm

Zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

Pedregosidad: Sin piedras

Drenaje: Bien drenado

## Descripción del perfil:

- (cm)
- A 0-24 Franco arcilloso; consistencia en seco: ligeramente duro, muy friable, en mojado adherente; estructura: Bloques subangulares, mediana, grado medio; raíces comunes, límite gradual, forma ondulada.
- BA 24-37 Arenoso; consistencia en seco: suelto, en húmedo: suelto, en mojado: no adherente, estructura: sin estructura, raíces: comunes, límite gradual, forma ondulada.
- B 37- Arenoso; consistencia en seco: suelto, en húmedo: suelto, en mojado: no adherente; sin estructura; raíces comunes.

Calicata No. 5

Ubicación: Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala (Bloque No. 2)  
 Altitud: 1860 msnm  
 Posición fisiográfica: Ladera  
 Pendiente: 54%  
 Vegetación predominante: ciprés común (plantación)  
 Material originario: Ceniza volcánica  
 Temperatura media anual: 18 grados centígrados  
 Precipitación total anual: 1675 mm  
 Zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical  
 Pedregosidad: Sin Piedras  
 Drenaje: Bien drenado

## Descripción del perfil

- (cm)
- A 0-13 Franco arcilloso; consistencia en seco: Ligeramente duro, en húmedo: muy friable, en mojado: ligeramente adherente; estructura: Bloques subangulares, mediana, grado medio; raíces comunes; límite gradual, forma ondulada.
- B 13-31 Arcilloso; consistencia en seco: ligeramente duro, en húmedo: muy friable, en mojado: muy adherente; estructura: Bloques subangulares, mediana, grado medio; raíces comunes; límite neto, plano.
- 2A 31- Franco arcilloso; consistencia en seco: Blando, en húmedo: muy friable, en mojado: Adherente; estructura: Bloques subangulares, mediana, grado medio; raíces comunes.

Calicata No. 6

Ubicación: Santa Isabel, Fraijanes, Guatemala (Bloque No. 3)  
 Altitud: 1860 msnm  
 Posición fisiográfica: Ladera  
 Pendiente: 55%  
 Vegetación predominante: ciprés común (plantación)  
 Material originario: Ceniza volcánica  
 Temperatura media anual: 18 grados centígrados  
 Precipitación total anual: 1675 mm  
 Zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical

Pedregosidad: Sin piedras

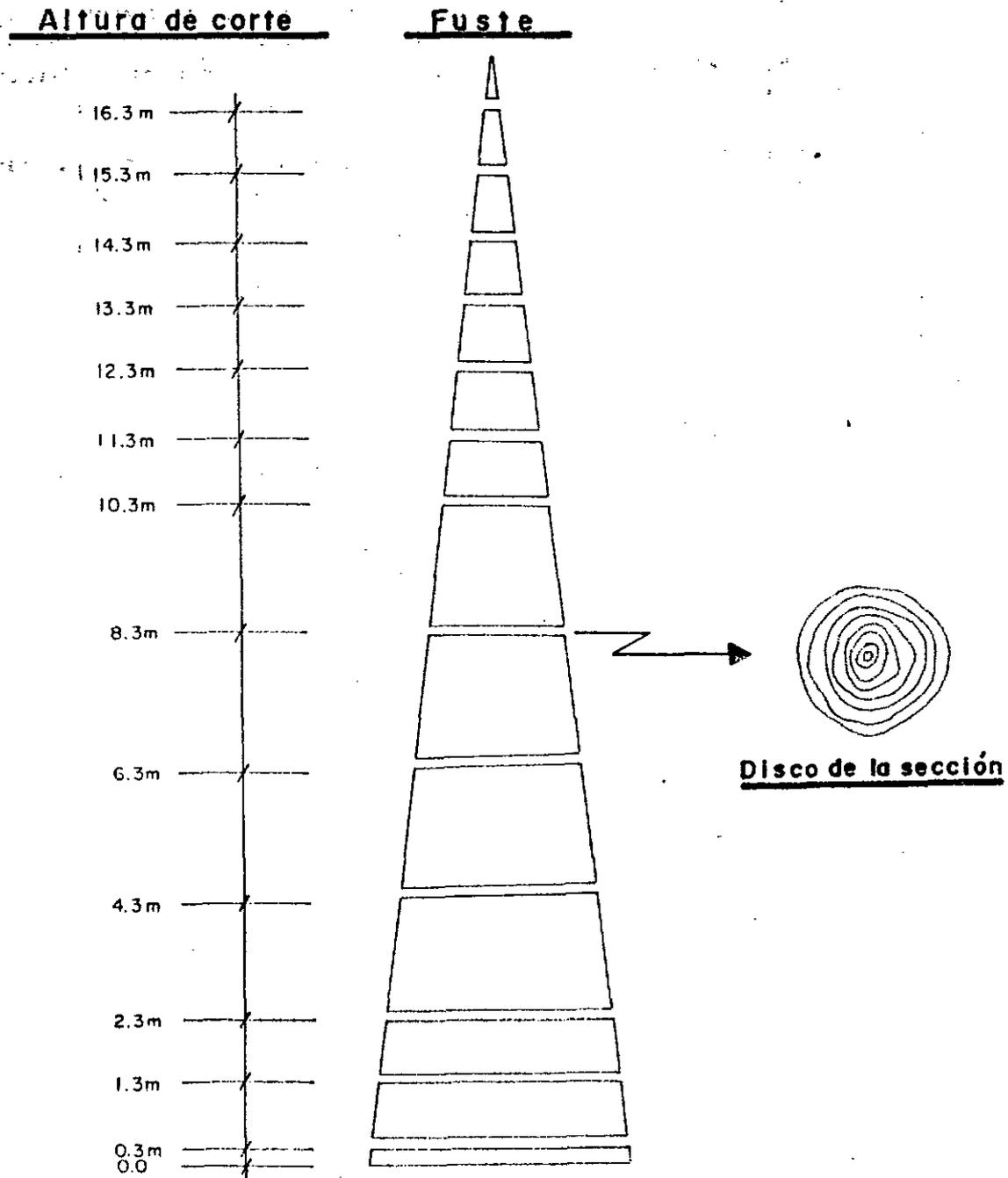
Drenaje: Bien drenado

Descripción del perfil:

(cm)

- A 0-5 Franco arcilloso; consistencia en seco: Ligeramente duro, en húmedo: muy friable, en mojado: ligeramente adherente; estructura: Bloques subangulares, mediana, grado medio; raíces comunes; límite gradual, forma irregular.
- BA 5-55 Arcilloso; consistencia en seco: muy duro, en húmedo: muy friable, en mojado: muy adherente; estructura: Bloques angulares, mediana, clase media; raíces comunes, límite gradual, forma irregular.
- B 55- Arcilloso; consistencia en seco: muy duro, en húmedo: muy firme, en mojado: muy adherente; estructura: Laminar, gruesa, grado fuerte; raíces comunes.

A N E X O





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

Ref. Sem.033-93

LA TESIS TITULADA: "TABLAS DE PRODUCCION PRELIMINARES PARA Cupressus lusitanica  
 MILLER: ESTUDIO DE CASO EN FINCA FLORENCIA, SANTA LUCIA MIL-  
 PAS ALTAS, SACATEPEQUEZ Y FINCA SANTA ISABEL, FRAIJANES, GUA-  
 TEMALA"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: DONALDO ALFREDO CASTILLO CONTRERAS

CARNET No: 84-40059

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Luis Ortíz  
 Ing. Agr. Carlos Fernández  
 Ing. Agr. Milton Chan  
 Ing. Agr. Eugenio Orozco

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

Ing. Agr. Oscar Nuñez  
 ASESOR

Ing. Agr. Candelario Méndez  
 ASESOR

Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
 DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales  
 DECANO EN FUNCIONES



c.c. Control Académico

Archivo.  
 /prr.

APARTADO POSTAL 1545 - 01901 GUATEMALA, C. A.  
 TELEFONO 769794 - FAX (5022) 769770

