

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE TRES ESPECIES
FORESTALES BAJO DOS METODOS DE REFORESTACION EN
SAN ANDRES ITZAPA Y PARRAMOS, CHIMALTENANGO

TESIS

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

FOR

OSWALDO MORALES ZECENA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO.

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, agosto de 1993

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

VL
01
7(1418)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JUAN ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Mynor Estuardo Estrada Rosales
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Carlos R. Motta De Paz
VOCAL CUARTO:	P. Agr. Milton Abel Sandoval Guerra
VOCAL QUINTO:	Br. Ivan Gerardo De León
SECRETARIO:	Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy

Guatemala, agosto de 1993

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

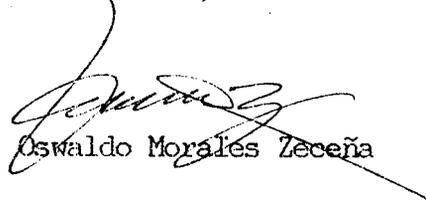
Señores Miembros:

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

EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE TRES ESPECIES
FORESTALES BAJO DOS METODOS DE REFORESTACION EN
SAN ANDRES ITZAPA Y PARRAMOS, CHIMALTENANGO

al presentarlo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,



Oswaldo Morales Zeceña

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Todopoderoso y omnipotente

A MI PADRE

José María Morales Farfán

A LA MEMORIA DE MI MADRE

Celestina Zeceña (Q. E. P. D.)

A MI ESPOSA

Rosa Angela Carrillo

A MI HIJA

Mariaceleste Morales Carrillo

A MIS HERMANOS

En especial a:
Tonita
Avelina
Rosa María
y Fernando (Q. E. P. D.)

A MIS AMIGOS

En especial a:
Carlos Gil
Javier Ramos
Mario Ruano
Alberto Pineda

TESIS QUE DEDICO

- A MI PATRIA GUATEMALA
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
- A LA FACULTAD DE AGRONOMIA
- AL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
- A LA DIRECCION GENERAL DE BOSQUES Y VIDA SILVESTRE
- A LOS QUE REALIZAN INVESTIGACIONES SOBRE RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

- A Mis asesores de tesis, Ing. Agr. José Miguel Leiva e Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno, por su valiosa ayuda al proporcionarme sugerencias muy útiles durante todas las etapas del desarrollo de este trabajo.
- A La Dirección General de Bosques y Vida Silvestre, donde se me dio la oportunidad de llevar a cabo la presente investigación.
- A Todas las personas que, de una forma o de otra han contribuido a la realización de esta tesis, en particular a Tonita Morales Zeceña.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CONTENIDO

TITULO	PAGINA
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE CUADROS	xi
RESUMEN	xiv
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	4
3.1 MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1 Sistemas de Producción Agroforestal	4
3.1.2 Características Principales de los Sistemas Agroforestales	5
3.1.3 Descripción de las Especies Forestales Bajo Estudio	6
A. <u>Casuarina equisetifolia</u> L. ex J.R. Forst & G. Forst	6
B. <u>Eucalyptus globulus</u> Labill	7
C. <u>Alnus acuminata</u> H. B. K.	7
3.1.4 Crecimiento e Incremento en Volumen de Masas Forestales	8
A. Relaciones Alométricas	9
3.1.5 El Análisis Financiero Aplicado a la Producción Forestal	10
A. Función de Producción Biológica	10
B. Función de Producción Económica	11
C. El Factor Tiempo Aplicado a la Producción Forestal	11
3.2 MARCO REFERENCIAL	12
3.2.1 Silvicultura de Especies Forestales en Condiciones de Plantación Taungya	12
3.2.2 Silvicultura de Especies Forestales en Condiciones de Plantación Pura	13
3.2.3 Ubicación y Descripción del Area de Estudio	14
4. OBJETIVOS	17
5. HIPOTESIS	18

6.	METODOLOGIA	19
	6.1 Material Experimental	19
	6.2 Metodología Experimental	20
	6.2.1 Diseño Experimental y Descripción de los tratamientos	20
	6.2.2 Arreglo Espacial de los tratamientos	23
	6.2.3 Variables Respuesta	23
	6.2.4 Modelo Matemático	24
	6.3 Manejo del Experimento	25
	6.3.1 Especies Forestales	25
	6.3.2 Cultivos	25
	6.3.3 Toma de Datos	25
	A. Especies Forestales	25
	B. Cultivos	26
	C. Suelo	26
	6.4 Análisis de la Información	27
	6.4.1 Rendimiento de Leña y Cultivos	27
	6.4.2 Análisis Financiero	27
	6.4.3 Estudio del Suelo	28
7.	RESULTADOS	29
	7.1 Efecto de los Métodos de Reforestación sobre la Producción de Leña	29
	7.2 Efecto de los Métodos de Reforestación sobre la Producción Agrícola	31
	7.3 Relaciones Alométricas	34
	7.4 Factibilidad Financiera de los Métodos de Reforestación	48
	7.5 Efecto de los Métodos de Reforestación sobre el Suelo	54
8.	CONCLUSIONES	56
9.	RECOMENDACIONES	57
10.	BIBLIOGRAFIA	58
11.	APENDICES	60

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAGINA
1.	Ubicación de los municipios donde se localizan los sitios experimentales.	15
2.	Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales y su distribución en el campo, en San Andrés Itzapa.	21
3.	Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales y su distribución en el campo, en en Parramos.	22
4.	Relación entre altura y dap para <u>A. acuminata</u> asociado, en San Andrés Itzapa.	36
5.	Relación entre altura y dap para <u>A. acuminata</u> no asociado, en San Andrés Itzapa.	36
6.	Relación entre altura y dap para <u>E. globulus</u> asociado, en San Andrés Itzapa.	37
7.	Relación entre altura y dap para <u>E. globulus</u> no asociado, en San Andrés Itzapa.	37
8.	Relación entre altura y dap para <u>C. equisetifolia</u> asociado, en San Andrés Itzapa.	38
9.	Relación entre altura y dap para <u>C. equisetifolia</u> no asociado, en San Andrés Itzapa.	38
10.	Relación entre altura y dap para <u>A. acuminata</u> asociado, en Parramos.	39
11.	Relación entre altura y dap para <u>A. acuminata</u> no asociado, en Parramos.	39
12.	Relación entre altura y dap para <u>E. globulus</u> asociado, en Parramos.	40
13.	Relación entre altura y dap para <u>E. globulus</u> no asociado, en Parramos.	40
14.	Relación entre altura y dap para <u>C. equisetifolia</u> asociado, en Parramos.	41
15.	Relación entre altura y dap para <u>C. equisetifolia</u> no asociado, en Parramos.	41

16.	Relación entre rendimiento de leña y altura para A. <u>acuminata</u> asociado, en San Andrés Itzapa.	42
17.	Relación entre rendimiento de leña y altura para A. <u>acuminata</u> no asociado, en San Andrés Itzapa.	42
18.	Relación entre rendimiento de leña y altura para E. <u>globulus</u> asociado, en San Andrés Itzapa.	43
19.	Relación entre rendimiento de leña y altura para E. <u>globulus</u> no asociado, en San Andrés Itzapa.	43
20.	Relación entre rendimiento de leña y altura para C. <u>equisetifolia</u> asociado, en San Andres Itzapa.	44
21.	Relación entre rendimiento de leña y altura para C. <u>equisetifolia</u> no asociado, en San Andrés Itzapa.	44
22.	Relación entre rendimiento de leña y altura para A. <u>acuminata</u> asociado, en Parramos.	45
23.	Relación entre rendimiento de leña y altura para A. <u>acuminata</u> no asociado, en Parramos.	45
24.	Relación entre rendimiento de leña y altura para E. <u>globulus</u> asociado, en Parramos.	46
25.	Relación entre rendimiento de leña y altura para E. <u>globulus</u> no asociado, en Parramos.	46
26.	Relación entre rendimiento de leña y altura para C. <u>equisetifolia</u> asociado, en Parramos.	47
27.	Relación entre rendimiento de leña y altura para C. <u>equisetifolia</u> no asociado, en Parramos.	47

INDICE DE CUADROS

CUADRO	TITULO	PAGINA
1.	Características generales de las localidades en las cuales se establecieron los sitios experimentales.	16
2.	Comparación múltiple de medias para rendimiento de leña en San Andrés Itzapa.	30
3.	Comparación múltiple de medias para rendimiento de leña en Parramos.	30
4.	Comparación múltiple de medias en forma combinada para rendimiento de leña en San Andrés Itzapa y Parramos.	30
5.	Comparación múltiple de medias para rendimiento de maíz en San Andrés Itzapa.	32
6.	Comparación múltiple de medias para rendimiento de maíz en Parramos.	32
7.	Comparación múltiple de medias en forma combinada para rendimiento de maíz en San Andrés Itzapa y Parramos.	32
8.	Comparación múltiple de medias para rendimiento de frijol en San Andrés Itzapa.	33
9.	Comparación múltiple de medias para rendimiento de frijol en Parramos.	33
10.	Comparación múltiple de medias en forma combinada para rendimiento de frijol en San Andrés Itzapa y Parramos.	33
11.	Producción e ingresos totales por tratamiento asociado y no asociado, en San Andrés Itzapa.	49
12.	Producción e ingresos totales por tratamiento asociado y no asociado, en Parramos.	50
13.	Flujo de caja (Q/ha) para los tratamientos asociados y no asociados, en San Andrés Itzapa.	51
14.	Flujo de caja (Q/ha) para los tratamientos asociados y no asociados, en Parramos.	52

15A	Rendimiento de leña (estéreos/parcela) por tratamiento y por bloque en San Andrés Itzapa.	61
16A	Rendimiento de leña (estéreos/parcela) por tratamiento y por bloque en Parramos.	61
17A	Rendimiento de maíz (kg/parcela) por tratamiento y por bloque en San Andrés Itzapa.	62
18A	Rendimiento de maíz (kg/parcela) por tratamiento y por bloque en Parramos.	62
19A	Rendimiento de frijol (kg/parcela) por tratamiento y por bloque en San Andrés Itzapa.	63
20A	Rendimiento de frijol (kg/parcela) por tratamiento y por bloque en Parramos.	63
21A	Análisis de varianza para rendimiento de leña de los tratamientos asociados y no asociados en San Andrés Itzapa.	64
22A	Análisis de varianza para rendimiento de leña de los tratamientos asociados y no asociados en Parramos.	64
23A	Análisis de varianza combinado para rendimiento de leña de los tratamientos asociados y no asociados en San Andrés Itzapa y Parramos.	64
24A	Análisis de varianza para rendimiento de maíz por tratamiento en San Andrés Itzapa.	65
25A	Análisis de varianza para rendimiento de maíz por tratamiento en Parramos.	65
26A	Análisis de varianza combinado para rendimiento de maíz por tratamiento en San Andrés Itzapa y Parramos.	65
27A	Análisis de varianza para rendimiento de frijol por tratamiento en San Andrés Itzapa.	66
28A	Análisis de varianza para rendimiento de frijol por tratamiento en Parramos.	66
29A	Análisis de varianza combinado para rendimiento de frijol por tratamiento en San Andrés Itzapa y Parramos.	66
30A	Detalle de los costos de producción (Q/ha) por tratamiento asociado y no asociado, Chimaltenango.	67

- 31A Resultados de los análisis de suelos por tratamiento, realizados en el primer año de establecimiento en el sitio experimental de San Andrés Itzapa. 68
- 32A Resultados de los análisis de suelos por tratamiento, realizados en el quinto año de establecimiento en el sitio experimental de San Andrés Itzapa. 68
- 33A Resultados de los análisis de suelos por tratamiento, realizados en el primer año de establecimiento en el sitio experimental de Parramos. 69
- 34A Resultados de los análisis de suelos por tratamiento, realizados en el quinto año de establecimiento en el sitio experimental de Parramos. 69

EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES
BAJO DOS METODOS DE REFORESTACION EN
SAN ANDRES ITZAPA Y PARRAMOS, CHIMALTENANGO

YIELD EVALUATION OF THREE FOREST SPECIES UNDER
TWO AFFORESTATION METHODS IN SAN ANDRES ITZAPA AND
PARRAMOS, CHIMALTENANGO

RESUMEN

El aumento nacional de la demanda de productos forestales y la destrucción de las reservas naturales de los bosques, incrementa el interés por las plantaciones agroforestales. De ahí la importante necesidad de un mayor conocimiento de las especies forestales de rápido crecimiento en combinación con cultivos agrícolas. El presente estudio se llevó a cabo con el propósito principal de evaluar productiva y financieramente el rendimiento de leña y agrícola de tres especies forestales de rápido crecimiento asociadas con cultivos anuales y en plantación pura, a la edad de cinco años. También se realizó un estudio comparativo de resultados de análisis de suelos efectuados al inicio y al quinto año de plantación. El desarrollo de este trabajo está enmarcado dentro de dos sitios experimentales establecidos en 1987 en la parte alta de la cuenca del río Achiguate, repetidos en las comunidades de San Andrés Itzapa y Parramos, y constituye la fase final del proyecto "Prueba de especies forestales y métodos de reforestación en la parte alta de la cuenca del río Achiguate".

Los experimentos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar, con siete tratamientos, tres repeticiones y parcelas útiles de 15 árboles plantados a 2 m * 3 m en un área de 100 m² dentro de la parcela bruta. Los tratamientos incluyeron plantaciones puras y asociaciones (método Taungya) de Alnus acuminata H.B.K., Eucalyptus globulus Labill y Casuarina equisetifolia L. ex J.R. Forst & G. Forst, con maíz blanco (Zea mays L.) y frijol común (Phaseolus vulgaris L.); además, se consideró como testigo el cultivo tradicional de siembra de maíz y frijol, sin árboles.

Las variables evaluadas fueron, el rendimiento de leña en estéreos/ha, el rendimiento agrícola en kg/ha de grano de maíz y frijol, la factibilidad financiera con base en los indicadores financieros valor actual neto (VAN), relación beneficio-costos B/C y la tasa interna de retorno (TIR). Asimismo, se realizaron relaciones alométricas entre las variables dasométricas altura-dap y rendimiento de leña-altura, mediante análisis de regresión y correlación lineal simple.

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre rendimiento de leña, los tratamientos no asociados, es decir sin cultivos, fueron ligeramente superiores a los asociados. En general, los mejores rendimientos de leña se obtuvieron con la especie E. globulus; A. acuminata obtuvo rendimientos intermedios, mientras que los tratamientos con C. equisetifolia alcanzaron los rendimientos más bajos, lo que puede indicar poca adaptación de esta especie a las condiciones de los sitios.

Los rendimientos agrícolas más altos, corresponden a las parcelas testigo; los tratamientos asociados con C. equisetifolia presentaron valores intermedios y los menores rendimientos agrícolas fueron los combinados con A. acuminata y E. globulus. Con base en la evaluación financiera agroforestal realizada, se determinó que financieramente los tratamientos testigo, es decir sin árboles, fueron ligeramente mejores que los tratamientos asociados. Sin embargo, podrían dejarlo de ser al tener el agricultor que incurrir en gastos por necesidades de leña.

De acuerdo con los análisis de regresión y correlación realizados, entre las variables altura-dap y rendimiento de leña-altura, los tratamientos en plantación pura estuvieron más estrechamente ajustados que los tratamientos asociados.

Por otra parte, no parece haber influencia notable del efecto de los métodos de reforestación sobre las propiedades físicas del suelo. Finalmente, con respecto a la fertilidad del suelo, los resultados obtenidos indican que ésta mejoró, ya que los contenidos de nutrimentos aumentaron a cantidades aceptables.

En consecuencia, es recomendable el establecimiento de E. globulus y A. acuminata, dado al buen potencial que mostraron como componente forestal en plantaciones puras y en asocio con cultivos agrícolas, a fin de encontrar un modelo apropiado de reforestación para los agricultores de estas localidades tendiente a hacer un uso sostenible de la tierra y a aliviar la presión sobre el bosque natural.

1. INTRODUCCION

Guatemala se distingue por su gran diversidad de ecosistemas y el rápido crecimiento de sus especies vegetales. Sin embargo, los pequeños y medianos agricultores enfrentan problemas para mantener la sostenibilidad de sus sistemas de producción al utilizar prácticas inadecuadas que provocan, no solo una mayor degradación de los recursos naturales, sino un efecto depresivo en la economía familiar al reducirse los niveles de producción. El fenómeno de la escases de la vegetación boscosa natural se ha dado por diversas causas y una de las principales es el uso de la madera para combustible.

En América Central, la leña representa más del 50% de la energía consumida, y en Guatemala el 78% de la población utiliza este combustible. Esta cifra indica que la leña constituye el combustible más importante principalmente en el sector rural (Reiche <26>).

Ante esta situación y a medida que la demanda de productos forestales aumenta en el país, se da una creciente conciencia de lo importante que es el manejo y la investigación forestal, así como lo que pueda contribuir esa investigación al desarrollo forestal.

En la parte alta de la cuenca del río Achiguate existen lugares con problemas de degradación del recurso forestal, causado por la utilización insostenible de la tierra y por la ampliación de la frontera agrícola. En este contexto, los sistemas agroforestales se presentan como una alternativa para utilizar en forma más eficiente los recursos naturales renovables mediante el manejo y uso sostenido de la tierra a través de la combinación de especies leñosas con cultivos agrícolas (Aguilar <1>; Nufio <21>).

En el presente estudio se comparó la producción agroforestal de dos métodos de reforestación de cinco años de edad establecidos en parcelas de plantación pura y en asocio con cultivos agrícolas anuales, mediante la cuantificación del rendimiento de leña y agrícola, y de la evaluación financiera agroforestal. También se estudió el componente suelo de las unidades experimentales a través de la comparación de resultados de análisis de suelos realizados en el primero y quinto año de establecimiento.

El área experimental se localiza en la parte alta de la cuenca del río Achiguate en las comunidades de San Andrés Itzapa y Parramos. Las especies forestales bajo estudio fueron, Alnus acuminata H.B.K., Eucalyptus globulus Labill, y Casuarina equisetifolia L. ex J.R. Forst & G. Forst, especies consideradas de rápido crecimiento y promisorias para la producción de leña. Los tratamientos incluyeron plantaciones forestales puras y árboles intercalados (método Taungya) con los cultivos de maíz blanco (Zea mays L.) y frijol común (Phaseolus vulgaris L.).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La destrucción de la cubierta boscosa constituye uno de los más graves problemas ambientales en nuestro país, debido en gran medida a la sustitución de áreas forestales por cultivos agrícolas y a la deforestación por utilización de leña ya que, se pierde diariamente cerca de 138 hectáreas por estas causas. El consumo de leña como fuente de energía doméstica ha provocado detrimento de los bosques, al ser utilizada directa o indirectamente por el 78% los habitantes, contribuyendo ésta en el 65% al balance energético nacional (Plan de Acción Forestal para Guatemala. 1992 <25>).

En los últimos años este problema se ha incrementado en la parte alta de la cuenca del río Achiguate lo que ha ocasionado una disminución de la cubierta forestal en un 45% de los 434.5 km² que abarca dicha región. Particularmente, en los municipios de San Andrés Itzapa y Parramos la utilización de la vegetación arbórea por parte los habitantes de estas comunidades es en forma prioritaria para uso como leña ya que el 85% emplea este recurso para la cocción de alimentos. De esta manera la superficie forestal de estas localidades ha disminuido considerablemente, lo que se traduce en un deterioro de los demás recursos naturales (Leiva <18>).

La realización del presente trabajo tuvo como objetivo fundamental evaluar el rendimiento agroforestal de tres especies forestales de rápido crecimiento, asociadas con cultivos anuales y en plantación pura; a efecto de generar información básica sobre estas especies promisorias por su rendimiento de leña, y que su recomendación coadyuve a proponer alternativas de reforestación para los pequeños productores del área, tendientes a aliviar la presión sobre el bosque.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Sistemas de Producción Agroforestal

Fassbender (12) define los sistemas de producción agroforestal como una serie de sistemas tecnológicos del uso de la tierra en las que se combinan árboles con cultivos agrícolas y/o pastos en función del tiempo y espacio para incrementar y optimizar la producción sostenida. En algunos casos se ha utilizado el término Agroforestería para describir a los sistemas agroforestales; la palabra Agroforestería llegó al español por vía anglosajona, aunque este término se origina de las palabras latinas (Agri = campo; y foresta = bosque). Existen diferentes clasificaciones de los sistemas agroforestales; los sistemas basados en plantaciones asociados con rotaciones de cultivos temporales con la finalidad de producción de madera en su etapa final, han sido descritos como sistemas de Agrosilvicultura o sistemas Taungya. El cultivo agrícola es producido a un corto periodo de 1 a 4 años hasta que los árboles plantados cierran su dosel. Estos sistemas fueron desarrollados originalmente en el sureste de Asia, especialmente en Tailandia de donde viene etimológicamente la denominación Taung = colina, y Ya = cultivo, o sea cultivo de colina.

El sistema Taungya, permite una mejor utilización del espacio a la vez que reduce el costo y la limpieza inicial de las plantaciones cuando se compara con las plantaciones establecidas sin agricultura. En la rotación agrícola-forestal se tiene una buena protección del suelo, se activa el ciclaje de elementos nutritivos, especialmente del nitrógeno si se usan leguminosas, aumenta las necesidades de mano de obra y permite a largo plazo un cambio de agricultura migratoria en plantaciones forestales de alto valor. Para el éxito de este sistema se deben tener las condiciones propicias de tenencia a área de la tierra, los agricultores deben ser consientes de su trabajo forestal, las cosechas implican exportaciones fuertes de

elementos nutritivos, se requiere capital supervisión y condiciones favorables en las relaciones propietario-campesino (Fassbender <12>).

3.1.2 Características Principales de los Sistemas Agroforestales

Según Budowski (4) en los sistemas agroforestales la descomposición de la hojarasca ocurre de manera rápida; los nutrimentos son absorbidos por las raíces localizadas principalmente en los horizontes más superficiales del suelo. Este ciclo relativamente cerrado de nutrientes explica porque los suelos asociados con una vegetación tan abundante son a menudo relativamente pobres en nutrimentos cuando se utilizan para la agricultura con monocultivos. Con ésto se logra una mayor eficiencia en el reciclaje de nutrientes que se han desplazado a través del perfil del suelo hacia las áreas inaccesibles a los cultivos anuales o perennes, asimismo sistema radicular superficial de los árboles reduce la pérdida de nutrimentos y suelo por lixiviación y erosión; mejora la porosidad y la capacidad de infiltración del suelo y aereación, y sus raíces profundas bombean nutrimentos hacia la superficie para ser incorporados en la biomasa. También se ha observado que la biomasa no aprovechable de los cultivos disminuye los problemas de malezas si se deja en el terreno de plantación. Otros mecanismos de conservación de nutrimentos de los sistemas agroforestales son los siguientes; la presencia de algas sobre la superficie de las hojas pueden acumular agua y nutrimentos, fijar nitrógeno en algunas especies arbóreas, o producir condiciones de elevada acidez del suelo que pueden inhibir la acción de algunos microorganismos. En el caso de *A. acuminata* y *C. equisetifolia* éstas fijan nitrógeno atmosférico que puede mejorar la fertilidad del suelo y favorecer la productividad de los cultivos asociados (Budowski <4>). En los sistemas agroforestales el desarrollo de las especies arbóreas y sus incrementos, algunas veces son favorables, una competencia por los cultivos agrícolas no es siempre constante; en ese sentido se han considerado una serie de posibles efectos de las plantaciones forestales sobre el balance de los

nutrimentos. Al considerar los valores comparativos en diferentes partes del mundo, se dice que en términos generales la salida de nutrimentos excede a las entradas, aunque el balance varía para las diferentes cationes. La variación de las entradas y las salidas está relacionada con la ubicación geográfica, las especies, así como la edad de las plantaciones (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza <6>).

3.1.3 Descripción de las Especies Forestales Bajo Estudio

A. Casuarina equisetifolia L. ex J. R. Forst & G.

Forst

Nombre común: Casuarina

Familia: Casuarinaceae

Esta especie es nativa de las costas tropicales de Bangladesh, Filipinas, y el norte de Australia; es un árbol siempreverde de fuste recto y tamaño mediano a grande de 15 a 30 m de altura y diámetros de 20 a 50 cm, posee ramillas delgadas aciculadas que se asemejan a las de los pinos, de copa delgada que se hace ancha con la edad, es capaz de fijar nitrógeno atmosférico mediante la relación simbiótica establecida entre las raíces de los árboles y el actinomiceto endófito del género Frankia sp. Los racimos florales son poco conspicuos de color ligeramente marrón las flores masculinas y femeninas se encuentran generalmente en el mismo árbol, las flores masculinas se encuentran en amentos al final de las ramillas, y las femeninas forman cabezuelas de pedicelo corto las cuales consisten de un pistilo con ovario de pequeñas dimensiones, un estilo corto y dos estigmas alargados. Crece en zonas cálidas tropicales y subtropicales con temperaturas medias entre 10 y 33°C con precipitaciones que van de 0 hasta 2000 mm. Crece en un amplio rango de suelos, desde calcáreos y ligeramente salinos hasta ligeramente ácidos, presenta mal desarrollo en suelos pesados

y muy arcillosos como los vertisoles; es resistente a fuertes vientos. Los principales factores limitantes para el desarrollo de esta especie detectados en América Central, son la presencia de malezas en las primeras etapas de crecimiento, suelos compactados arcillosos y el ataque de plagas defolioras (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza <7>).

B. Eucalyptus globulus Labill

Nombre común: Eucalipto

Familia: Myrtaceae

Es la especie de eucalipto más conocida y plantada en el mundo, es un árbol de gran porte siempreverde de 40 a 45 m de altura con fuste recto, grueso y casi cilíndrico, de 0.6 a 2 m de diámetro y cerca de dos terceras partes de la altura total libres de ramas; ramas con corteza lisa delgada de color verde azulado. Presenta flores individuales blancas en la base de las hojas con pedicelo delgado y corto, frutos en forma de cápsulas simples en la base de las hojas, redondeadas, tetragonales y arrugadas con semillas numerosas irregulares y elípticas de 2 a 3 mm de longitud de color negro mate. Es nativa de climas templados y se cultiva en áreas con temperaturas medias anuales de 12 a 18 °C, precipitaciones de 600 a 1100 mm, alturas de 1200 msnm; prefiere los suelos bien drenados, profundos y arcillosos arenosos. Su desarrollo se ve limitado por competencia de malezas, suelos con excesivo drenaje, inundaciones periódicas y ataque de hormigas y hongos (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza <7>).

C. Alnus acuminata H. B. K.

Nombre común: Ilamo, aliso

Familia: Betulaceae

El ilamo es una especie nativa de Centroamérica y Suramérica, es un

árbol de porte medio de crecimiento rápido así como fijador de nitrógeno atmosférico a través del hongo Frankia sp. Mide de 10 a 15 m de altura con diámetros de 20 a 50 cm, de base recta con corteza lisa o ligeramente arrugada con fisuras horizontales; presenta hojas simples, alternas pecioladas con borde doblemente aserrado, ovaladas elípticas acuminadas y bases redondeadas. Presenta inflorescencias en amentos pendulares estrechamente cilíndricos, provenientes de yemas del año anterior con los sexos separados en la misma rama; flores monoicas, las semillas se agrupan en conos y se presentan en grupos de tres a seis frutos sobre pedicelos cortos compuestos por numerosas bracteas leñosas que permanecen adheridas después de la apertura del fruto. Esta especie ocurre en lugares con temperaturas medias anuales entre 4 y 20 °C con precipitaciones de 1000 a 3000 mm anuales, y alturas que van de 1000 a 3200 msnm, con suelos profundos bien drenados limosos o limosos arenosos de origen aluvial o volcánico. Los principales factores que limitan su desarrollo son las malezas y las hormigas defoliadora, así como el ataque de hongos en la fase de vivero (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza <7>).

3.1.4 Crecimiento e Incremento en Volumen de Masas Forestales

Daniel (10) indica que el crecimiento de los rodales se ve afectado por el estado de desarrollo de la comunidad, la edad, la calidad de sitio, la densidad en términos del área basal y el número de árboles por unidad de superficie. Debido a que los factores que influyen en el crecimiento de los rodales por lo general son interdependientes, los principios del crecimiento del rodal se tienen que determinar mediante la observación de la interacciones entre los factores. Para conocer el desarrollo e incremento de una masa abórea, es necesario la utilización de tablas de rendimientos. En vista de que el diámetro altura pecho (dap) es una de las características más prominentes en la descripción de una plantación resulta

indispensable el conocimiento de los efectos de la calidad de sitio y de la edad sobre esa característica si se desea estudiar el crecimiento de la plantación. El desarrollo del dap de la plantación en función de la edad presenta una curva del tipo S, variando de acuerdo con la especie. A medida que el número de árboles por unidad de área aumenta, el dap aumentará con cada árbol, hasta el momento en que los árboles comienzan a competir entre sí. Una vez se inicia la competencia entre los individuos y se intensifica al aumentar el número de estos, la suma de las área será mayor, pero el área individual disminuirá. La altura que alcanzará un árbol cuando crece en un cierto sitio y hasta una edad determinada es, supuestamente, dependiente del suelo y el clima, excepto cuando la afecta la densidad de la plantación. El crecimiento en altura de los árboles se ve afectado negativamente tanto por la presencia de plantaciones muy abiertas, como por la de plantaciones muy densas. El patrón que rige el desarrollo de la altura media de la plantación es análogo al que influye en el desarrollo de los árboles individuales. En incremento anual es al principio pequeño, después aumenta; alcanza su culminación, disminuye y finalmente cesa. Por lo tanto, el curso del desarrollo de la altura media de la plantación muestra una curva en forma de S, si la altura media se considera en función de la edad de la plantación. El desarrollo de la altura media de la plantación puede ser expresado en función del dap, ésto es frecuente en la práctica forestal cuando se muestran los cursos de altura de tala de la plantación (Daniel <10>; Husch <15>; Klepac <17>).

A. Relaciones Alométricas

Alder (2) señala que una relación alométrica, es la que se establece entre dos variables de crecimiento de un árbol. Las relaciones alométricas son importantes para la predicción de modelos de crecimiento; cada árbol del rodal o parcela está representado por un conjunto de variables, en el caso más simple el árbol estará representado por una sola variable la cual puede

ser su diámetro, altura u otra variable de crecimiento o rendimiento. Las variables alométricas representan relaciones estáticas entre diferentes dimensiones del árbol en un momento determinado; y las variables dinámicas son aquellas que predicen partiendo del estado del árbol en un periodo previo.

3.1.5 El Análisis Financiero Aplicado a la Producción Forestal

La producción forestal se caracteriza por ser una inversión de recursos, cuyos rendimientos, dependiendo de la especie, del sitio y del manejo de la plantación, el productor tiene que esperar algunos años para obtener la producción y el ingreso derivado de su inversión. Esta característica hace la producción forestal sea comparada con una cuenta de ahorro en la cual el dinero capitaliza su valor con el tiempo. El análisis de la economía relacionada con la producción forestal utiliza los principios del valor del dinero en el tiempo y la metodología del análisis beneficio costo para analizar la rentabilidad forestal tanto desde el punto de vista financiero (privado) como desde el punto de vista económico en función de la sociedad en conjunto (Reiche <27>).

A. Función de Producción biológica

Cuando se analiza un cultivo anual se generan relaciones biológicas de producción entre insumos y productos, los cuales forman una función de producción. Cuando son diferentes cultivos entonces cada uno tiene su propia función de producción, al conjunto de las mismas se les denomina opciones o alternativas técnicas de producción (Reiche <27>).

B. Función de Producción Económica

Si se va a analizar los aspectos del valor económico de los insumos y productos directos de una función biológica ésta deberá ser valorada con los precios unitarios de mercado de los insumos y los productos. La diferencia entre los ingresos y costos da los ingresos o pérdidas netas de la actividad de la producción (Reiche <27>).

C. El Factor Tiempo en la Producción Forestal

Para el caso de la producción forestal, el tiempo es un factor muy importante a considerar; en este caso se debe hacer la proyección de una función en el tiempo, con base en el flujo de ingresos y costos de la producción forestal será posible calcular los indicadores financieros utilizando una tasa de descuento o de actualización. Los indicadores financieros más usados en la producción forestal son, la relación beneficio-costos (B/C), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). La relación B/C se considera como la relación obtenida cuando el valor de los beneficios, se divide entre el valor actual de los costos; el VAN se define como la diferencia entre el valor actual de los beneficios menos el valor actual de los costos; se considera la TIR como el interés máximo que podría pagar un proyecto si se desea que se recupere la inversión, es decir, es la tasa de interés en la que los costos descontados son iguales a los ingresos descontados, generalmente se utiliza la tasa de interés bancario. (Reiche <27>).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Silvicultura de Especies Forestales en Condiciones de Plantación Taungya

Martinez (19) señala que en los sistemas de reforestación Taungya se combina la producción de árboles con la siembra de cultivos agrícolas durante los primeros años del establecimiento de la plantación, es decir trata de conjugar los intereses del agricultor que no dispone de tierras para la agricultura, con la silvicultura. A nivel Centroamericano se ha acumulado alguna experiencia en el establecimiento de plantaciones de diferentes especies en asociación con cultivos. En algunos sitios de Costa Rica, C. equisetifolia en asociación con cultivos anuales, a una densidad de 2500 árboles/ha alcanzó alturas de 2.8 m a los 12 meses de edad, al aprovechar el rastrojo como fuente de nutrientes; asimismo, la especie se benefició con la limpieza y fertilización de los cultivos anuales (Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza <8>).

Padilla (23) estudió el comportamiento inicial de C. equisetifolia en Santa Rosa Guatemala, asociada con maíz y frijol y obtuvo alturas de 80 cm a los 6 meses de edad con una densidad de siembra de 2500 árboles/ha.

Detlefsen (11) en Suchitepequez, estudió el crecimiento inicial de E. camaldulensis en asocio con maíz, y obtuvo alturas de 1.75 m a los 7 meses de edad, y diámetros basales de 1.5 cm empleando una densidad de siembra de 2500 árboles/ha.

Barrera (3) en su estudio de comportamiento inicial de especies forestales realizado en Chimaltenango, determinó que E. citriodora asociado con maíz y frijol alcanzó 1.1 m de altura y 12 mm de diámetro basal a los 12 meses de edad, ésto plantado a 2 m * 2 m.

En Chimaltenango, en 1987 Morán (21) obtuvo rendimientos de 14.6 m³/ha con la especie A. acuminata de 3 años de edad plantado a 2 m * 2 m en asocio con maíz y frijol.

La combinación de A. acuminata con pasto ha sido practicada tradicionalmente

en las zonas altas de Costa Rica por lo menos desde 1950 y se han obtenido rendimientos de aproximadamente 10 m³/ha/año de producción de leña (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza <5>).

3.2.2 Silvicultura de Especies Forestales en Condiciones de Plantación Pura

El buen rendimiento de los árboles depende de una adecuada elección de la especie a plantar, de las condiciones ambientales vigentes y del manejo silvicultural aplicado a la plantación (Kiesling <16>). En lo que se refiere al rendimiento y manejo de plantaciones puras o solas, se debe considerar los objetivos de la plantación, ya sea para madera, leña, bancos de forraje, u otro producto forestal. En ese sentido se tienen algunas experiencias a nivel regional y de otros países.

En América Central, *C. equisetifolia*, *E. globulus* y *A. acuminata* han sido introducidas en plantaciones experimentales en casi todos los países y se encuentran creciendo en diferentes condiciones de sitio. *C. equisetifolia* ha alcanzado alturas dominantes de cinco años, con una densidad de plantación de 2500 árboles/ha y ha presentado rendimientos de 22.5 m³/ha en volumen con corteza, y un peso de leña de 22.4 tm/ha. En buenos sitios de Malasia y Filipinas, *C. equisetifolia* comúnmente crece de 2 a 3 m de altura al año, en general el rendimiento varía entre 7.5 y 20 tm/ha con una rotación de 7 a 10 años y un espaciamento de 2 m entre plantas; en Filipinas se han logrado incluso mayores rendimientos. En algunos sitios de Guatemala, plantaciones de *E. globulus* a la edad de 3½ años han alcanzado alturas de 5 m con un dap de 5.6 cm y un incremento medio anual de 1.6 cm, a una densidad de siembra de 2500 árboles/ha. *E. globulus* muestra un buen crecimiento inicial en altura en sitios favorables de Tanzania y ha alcanzado hasta 20 m de altura en 4.5 años; en la India esta misma especie ha crecido los 30 m en 10 años. En Australia en sitios apropiados puede crecer de 1 a 2 m/año durante los primeros 5 a 10 años. En sitios de España, Portugal, Italia

y Perú se ha registrado una producción anual de madera de 10 a 30 m³/ha, los árboles generalmente se plantan en rotaciones de 5 a 15 años. En cuanto a A. acuminata que también es una especie de rápido crecimiento, en plantaciones de 3 años se han obtenido 13.2 tm/ha de biomasa sobre un distanciamiento de siembra de 2.5 m * 2.5 m logrando un incremento medio anual de 2.7 cm.

Alrededor de 680 m³/ha pueden ser producidos en plantaciones de 25 años; en rotaciones de 20 años el rendimiento anual oscila entre 10 y 15 m³/ha/año, también se han reportado crecimientos en diámetro de 2.9 cm /año. La misma especie en plantaciones puras puede alcanzar 25 m de altura en 10 años. En Costa Rica árboles de 11 años comúnmente alcanzan como promedio 38 cm de diámetro en y 16 m de altura; en rotaciones de 20 años el rendimiento anual de madera para leña y uso industrial es de 10 15 m³/ha, en otros sitios plantaciones de 42 meses han alcanzado rendimientos de leña de 99 estéreos/ha (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza <5>; <7>; <8>).

Morán (20) reporta un rendimiento para A. acuminata de 27.4 m³/ha a los 3 años de edad plantado a 2 m * 2 m, en la localidad de Chimaltenango.

3.2.3 Ubicación y descripción del Area de Estudio

El presente estudio, forma parte del proyecto consistente en dos ensayos forestales establecidos en 1987 en la parte alta de la cuenca del río Achiguate en las localidades de San Andrés Itzapa y Parramos, Chimaltenango (Figura 1) localizadas en las coordenadas geográficas siguientes:

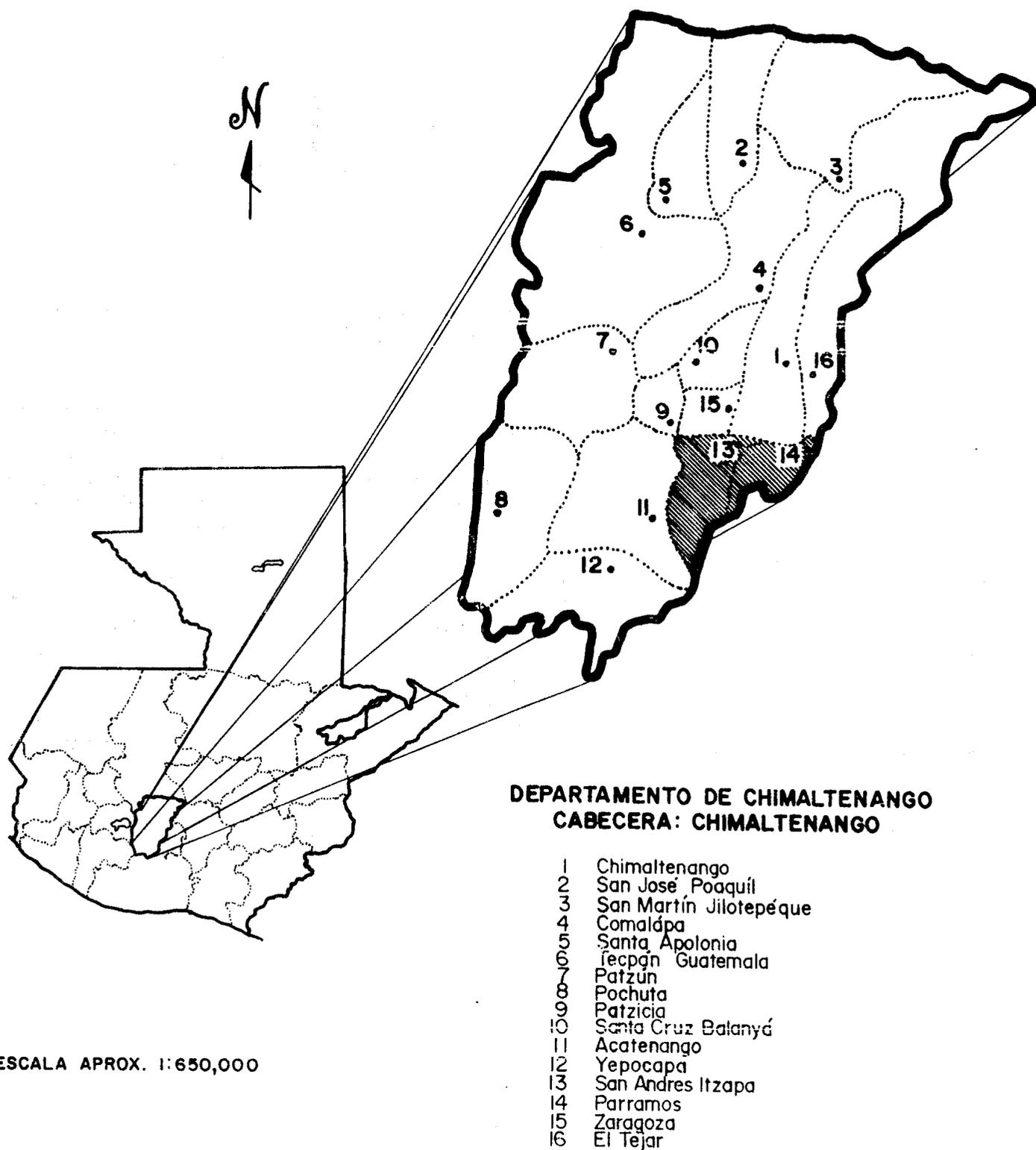


FIG. 1

Ubicación de los municipios donde se localizan los sitios experimentales.

San Andrés Itzapa Latitud norte 14° 37` 15"
 Longitud oeste 90° 50` 40"

Parramos Latitud norte 14° 36` 30"
 Longitud oeste 90° 48` 03"

Las características generales de las localidades mencionadas se anotan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características generales de las localidades en las cuales se establecieron los sitios experimentales. Chimaltenango 1987.

	SAN ANDRES ITZAPA	PARRAMOS
Zona de Vida	Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical
Altitud	1850 msnm	1760 msnm
Temperatura media mensual	15°C	17°C
Precipitación media mensual	165 mm	167 mm
Clima	Templado con invierno benigno húmedo	Templado con invierno benigno húmedo
Tipo de Suelo	Patzicía con pendientes de 20-35 %	Parramos con pendientes de 10-12 %
Vegetación Natural	Pino con bosque mixto	Pino con bosque mixto

Fuente: De la Cruz <9>; Guatemala IGN <13,14>; Leiva <18>; Obiols <22>; Simmons, Tárano y Pinto <29>.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Comparar los métodos de reforestación, en plantación pura y en asocio con cultivos anuales en San Andrés Itzapa y Parramos, Chimaltenango.

4.2 Objetivos Específicos

4.2.1 Cuantificar el rendimiento de leña de tres especies forestales en plantación pura y asociadas con maíz y frijol, en las condiciones de San Andrés Itzapa y Parramos.

4.2.2 Comparar el rendimiento de maíz y frijol durante cuatro años asociado y no asociado con especies forestales.

4.2.3 Determinar el comportamiento de las variables dasométricas altura-diámetro altura pecho (dap) y rendimiento de leña-altura, con base en relaciones alométricas para los métodos de reforestación estudiados.

4.2.4 Evaluar financieramente los métodos de reforestación al quinto año, con base en estimación de indicadores.

4.2.5 Comparar resultados de análisis de suelos por tratamiento, realizados en el primero y quinto año de establecimiento.

5. HIPOTESIS

- 5.1 No existe diferencia entre los rendimientos de leña de los tratamientos bajo estudio.
- 5.2 No existe diferencia entre los rendimientos de maíz y frijol de los tratamientos bajo estudio.
- 5.3 No existe diferencia en términos financieros, entre los tratamientos bajo estudio.
- 5.4 No existe diferencia entre los resultados de análisis de suelos, realizados al inicio y al quinto año de establecimiento en los tratamientos bajo estudio.

6. METODOLOGIA

6.1 Material Experimental

Las plantaciones fueron establecidas en el mes de mayo de 1987, en San Andrés Itzapa y Parramos; se utilizó plántulas de cinco meses de edad producidas en bolsas de 6 cm por 9 cm de las siguientes especies forestales de rápido crecimiento:

Casuarina equisetifolia L. ex J.R. Forst & G. Forst

Eucalyptus globulus Labill

Alnus acuminata H. B. K.

En los tratamientos asociados (método Taungya), se utilizó como asocio: Zea mays L. y Phaseolus vulgaris L.

Las especies forestales fueron de procedencia guatemalteca, de semillas proporcionadas por el Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR). En tanto que para los cultivos de maíz y frijol se utilizó semilla criolla obtenida de los agricultores, propietarios de los terrenos donde se instalaron los ensayos para ambas localidades.

6.2 Metodología Experimental

6.2.1 Diseño Experimental y Descripción de los tratamientos

En ambas localidades, se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos, tres repeticiones y parcelas útiles de 15 árboles con línea de borde. Debido a que son dos experimentos con el mismo diseño repetidos en las localidades de San Andrés Itzapa y Parramos, se trata de experimentos en serie. Los tratamientos considerados en cada experimento son, las especies forestales no asociadas y asociadas con los cultivos:

Ana = Alnus acuminata no asociado

Aa = Alnus acuminata asociado con maíz y frijol

Ena = Eucalyptus globulus no asociado

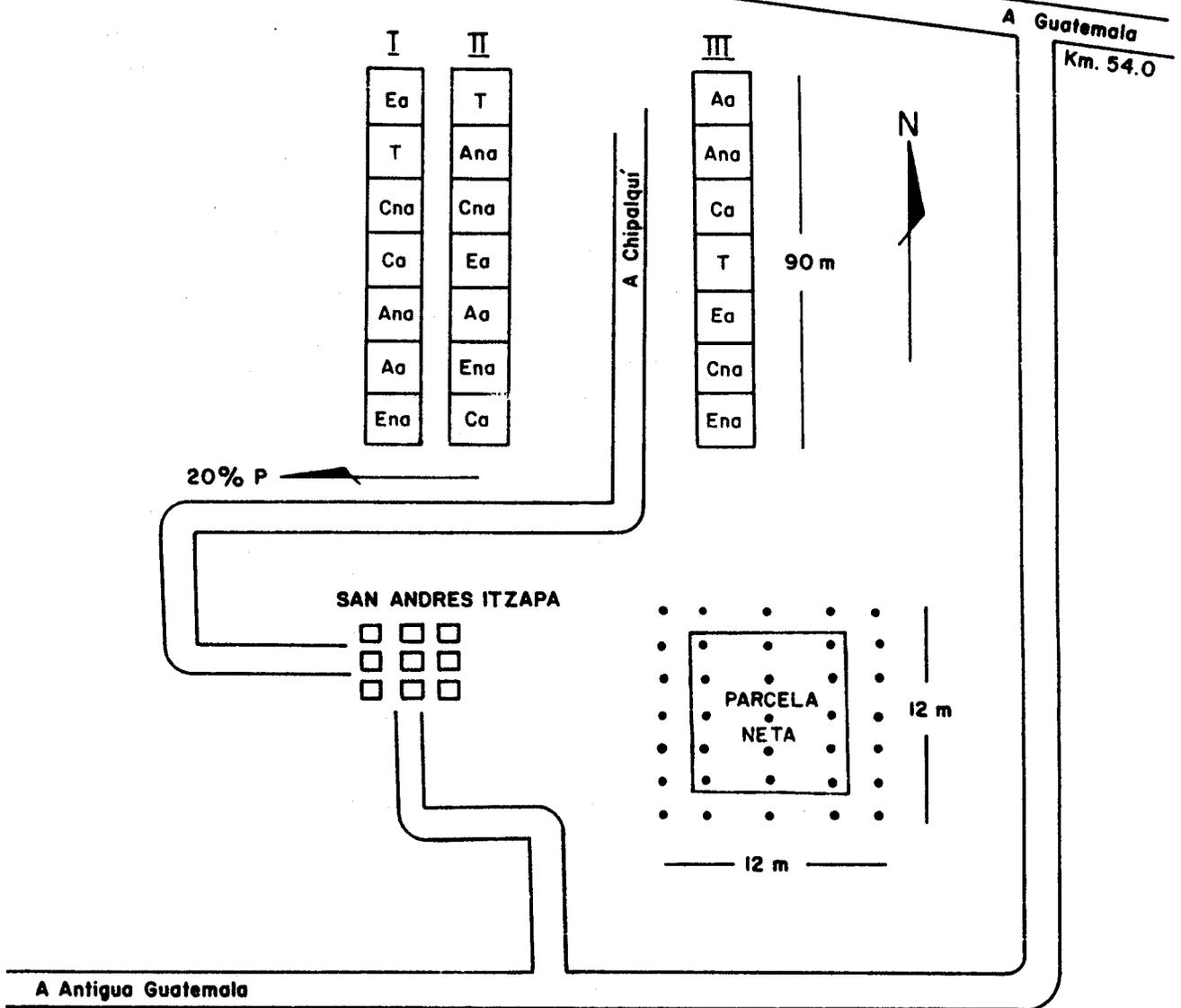
Ea = Eucalyptus globulus asociado con maíz y frijol

Cna = Casuarina equisetifolia no asociado

Ca = Casuarina equisetifolia asociado con maíz y frijol

T = Testigo, únicamente maíz y frijol

La distribución de los tratamientos en el campo por localidad, se observa en las Figuras 2 y 3.



REFERENCIAS

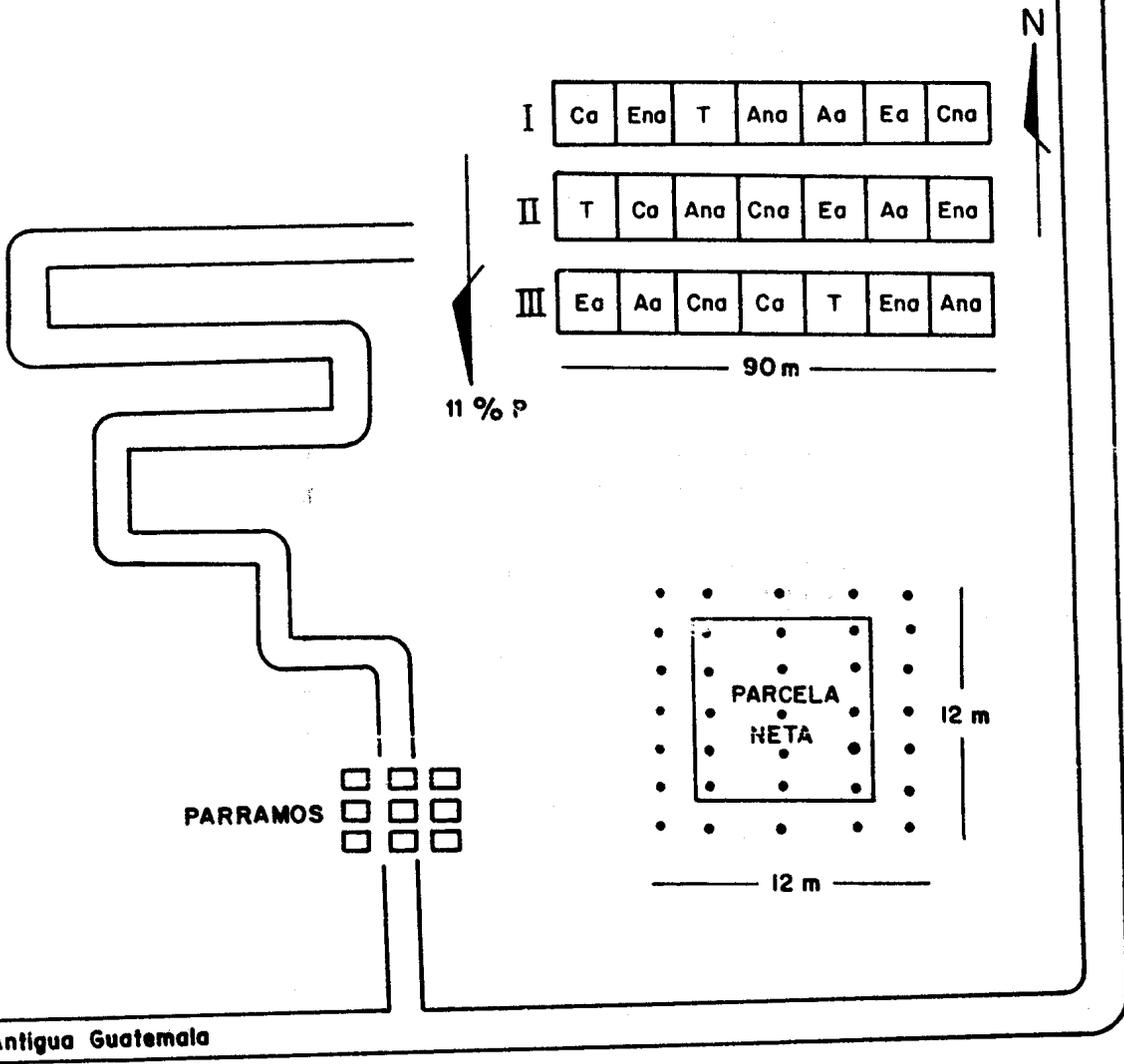
(SIN ESCALA)

- Ana = A. acuminata no asociado
- Aa = A. acuminata asociado
- Ena = E. globulus no asociado
- Ea = E. globulus asociado
- Cna = C. equisetifolia no asociado
- Ca = C. equisetifolia asociado
- T = Testigo maíz y frijol

Fig. 2 Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales y su distribución en el campo, en San Andrés Itzapa.

A Quetzaltenango

A Guatemala
Km. 54.0



REFERENCIAS

(SIN ESCALA)

- Ana = A. acuminata no asociado
- Aa = A. acuminata asociado
- Ena = E. globulus no asociado
- Ea = E. globulus asociado
- Cna = C. equisetifolia no asociado
- Ca = C. equisetifolia asociado
- T = Testigo maíz y frijol

Fig. 3 Asignación de los tratamientos a las unidades experimentales y su distribución en el campo, en Parramos.

6.2.2 Arreglo Espacial de los Tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados sobre unidades experimentales, el tamaño de la parcela bruta utilizado fue de 12 m * 12 m (144 m²) que incluyó 35 árboles. Las parcelas netas estuvieron conformadas por 15 árboles en un área útil de 10 m * 10 m (100 m²). Cada experimento se compuso de tres bloques y siete tratamientos; el espaciamento utilizado fue de 2 m entre bloques y 1 m entre parcelas. Las especies forestales se plantaron a un espaciamento de 2 m * 3 m equivalente a 1660 árboles/ha. Los cultivos de maíz y frijol se sembraron juntos a 1 m * 1 m (80000 plantas/ha) en surcos intercalados entre los árboles de las parcelas asociadas y en el testigo.

El ciclo de los cultivos se realizó de acuerdo a la práctica de los agricultores, desde el establecimiento de los árboles hasta el cuarto año. La siembra de maíz, se hizo en febrero en Parramos, y en mayo en San Andrés Itzapa; mientras que la siembra de frijol se efectuó en julio en ambas localidades.

6.2.3 Variables Respuesta

Las variables que se midieron a las especies forestales fueron; altura total en m, diámetro altura pecho (dap) en cm, y volumen de leña en estéreos/parcela neta. En los cultivos se determinó el rendimiento en kg/ha de grano de maíz y frijol obtenido del primero al cuarto año, en los tratamientos asociados y en el testigo. También se evaluó financieramente la inversión agroforestal de cada tratamiento. Finalmente, se determinó el comportamiento del suelo, con base en análisis físico-químico, realizados al inicio y al quinto año de la plantación.

6.2.4 Modelo Matemático

El modelo matemático utilizado para la interpretación de los resultados experimentales de rendimiento de leña y de cultivos, se desarrolló para cada localidad y en forma combinada.

Para el análisis de bloques al azar por localidad el modelo es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij .ésima observación

μ = Media general

τ_i = Efecto del i ...ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j ...ésimo bloque

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

Para el análisis combinado el modelo es:

$$X_{ij} = \mu + \pi_i + \tau_j + \mu_{ij} + \epsilon_{ij}$$

X_{ij} = Variable de respuesta de la ij .ésima observación promedio

μ = Media general

π_i = Efecto del i ...ésimo lugar

τ_j = Efecto del j ...ésimo tratamiento

μ_{ij} = Efecto de la interacción de tratamiento X lugar

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental promedio en las r parcelas que reciben el tratamiento en ese lugar

6.3 Manejo del experimento

6.3.1 Especies Forestales

Durante los tres primeros años de establecimiento, se realizaron dos limpiezas de malezas por año en forma manual en los tratamientos de plantación pura; mientras que en los tratamientos asociados se hicieron las mismas dos limpiezas a los cultivos hasta el cuarto año, las cuales de alguna forma favorecieron a los árboles; las limpiezas se efectuaron cuando fue necesario de acuerdo a la presencia y crecimiento de las malezas en las parcelas.

6.3.2 Cultivos

Cada periodo de los cultivos, se inició con la limpieza y preparación del suelo en los tratamientos asociados y en el testigo. La siembra de maíz y frijol se realizó en forma manual, en ambos casos el número de granos por postura fue de cuatro. Se aplicaron dos fertilizaciones por año, la primera con urea al 46% a razón de 25 g/planta, y la segunda con 20-20-0 a razón de 25 g/planta al pie de las matas. Cuando el maíz alcanzó su madurez se cortaron las hojas basales para favorecer el crecimiento del frijol, también se practicó la dobla de la caña del maíz para acelerar el secado de las mazorcas. Por otra parte, en el segundo año en los tratamientos con frijol se realizaron dos aspersiones con el insecticida foliar paratión metílico a razón de 2 l/ha, debido a la presencia de tortuguilla del frijol.

6.3.3 Toma de Datos

A. Especies Forestales

Para la recopilación de la información, se utilizó como base la metodología propuesta en la Guía para la Investigación Silvicultural de Especies de Uso Múltiple del CATIE, Salazar <28>, de la siguiente forma: De los 15 árboles presentes en cada parcela neta, se seleccionaron en forma

aleatoria los árboles a cuantificar, uno de cada cinco árboles siguiendo las líneas de los tratamientos, los cuales, sumaron un total de 18 árboles por bloque y 54 por localidad; a cada árbol se le midió en pie el dap con forcípula. Se procedió a apear los árboles con motosierra a 10 cm del suelo, y se les midió la altura total con cinta métrica, después se separaron los fustes y las ramas gruesas (mayores de 2.5 cm). Se consideró como leña las ramas gruesas y los fustes los que fueron cortados en las dimensiones utilizadas en la zona que son de de 50 cm de longitud. Posteriormente esta leña verde sin rajarse fue apilada y cubicada en estéreos, que es la unidad estándar de cuantificación de producción de leña equivalente a un metro cúbico apilado; con los volúmenes promedio y la densidad de plantación, se obtuvo el rendimiento de leña por parcela y por hectárea.

También se recopiló información sobre el valor actualizado de los costos de establecimiento y mantenimiento de las plantaciones, así como el valor actualizado de los beneficios provenientes de la venta de leña, en este caso se tomó como base la unidad de comercialización local que es la tarea, la que equivale aproximadamente a 1.4 estéreos.

B. Cultivos

Se recabó información sobre los rendimientos de maíz y frijol de los experimentos, obtenidos durante los primeros cuatro años de plantación en los métodos asociados y en los cultivos, la cual fue tabulada, procesada para efecto de su análisis y discusión. Asimismo, se obtuvieron los precios actualizados de comercialización del maíz y frijol para la región.

C. Suelo

Se realizaron dos muestreos de suelos por tratamiento para cada localidad, al inicio, y al quinto año de las plantaciones, para lo cual, se

colectaron tres muestras compuestas por tres submuestras a una profundidad de 40 cm en cada unidad experimental. Las muestras de suelo fueron preparadas y analizadas en el laboratorio de la Facultad de Agronomía para la determinación de las siguientes características físico-químicas; clase textural, pH, contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio. El análisis físico, se determinó por el método de Bouyoucos, y el análisis químico por el método de Carolina del Norte.

6.4 Análisis de la Información

6.4.1 Rendimiento de Leña y Cultivos

Para el análisis de la información, los datos experimentales de leña y de cultivos se sometieron a análisis de varianza (ANDEVA), por cada localidad y en forma combinada, y cuando existió significancia, se realizaron pruebas de medias con el comparador Tukey. También se efectuaron análisis de regresión y correlación lineal simple entre las variables dasométricas, altura-dap y rendimiento de leña-altura, con el fin de determinar modelos de predicción de crecimiento.

6.4.2 Análisis Financiero

Mediante los valores actualizados de los costos de establecimiento y mantenimiento, así como los beneficios de los cultivos y productos forestales, se estimaron los indicadores financieros; relación beneficio-costos (B/C), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) los cuales se tomaron como base para determinar la factibilidad financiera de cada alternativa de reforestación. El valor actualizado de los costos de producción, y precios de venta de los productos agrícolas y forestales fueron los mismos para ambas localidades.

6.4.3 Estudio del Suelo

El estudio del suelo se realizó en forma comparativa a través de los resultados de análisis físico-químicos efectuados en el primero y en el quinto año de la plantación para cada tratamiento. El análisis físico consistió en comparar la textura del suelo en ese periodo, con base en porcentajes de arena, limo y arcilla. En el análisis químico, se comparó el comportamiento del suelo en términos de fertilidad, para lo cual se determinó el pH y los contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

7. RESULTADOS

7.1 Efecto de los Métodos de Reforestación Sobre la Producción de Leña

Los Cuadros 21A, 22A y 23A presentan los análisis de varianza para el rendimiento de leña verde apilada que cada tratamiento produjo a los cinco años de edad, en San Andrés Itzapa, Parramos y en forma combinada respectivamente. Se observa, que en los tres casos se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas, por lo que se realizaron pruebas de medias con el comparador Tukey, los valores promedio para esta variable se muestran en los Cuadros 2, 3 y 4. Tanto en los métodos en plantación pura como en los agroforestales, *E. globulus* presentó los rendimientos más altos, *A. acuminata* obtuvo valores intermedios, mientras que *C. equisetifolia* alcanzó los rendimientos más bajos. Al comparar el rendimiento de leña de los métodos asociados y no asociados con la especie *E. globulus*, no se presentaron mayores diferencias entre tratamientos. Al parecer, *E. globulus* bajo estas condiciones es la especie de mejor comportamiento, esto refuerza el argumento sobre el buen potencial que esta especie tiene como componente forestal en asocio inicial con cultivos agrícolas o en plantaciones puras. De acuerdo con la literatura, cabe señalar que al asociar inicialmente los cultivos y los árboles, éstos se benefician de los cuidados culturales dados al cultivo; los cultivos no permiten el crecimiento de malezas cuando se acerca la edad de la cosecha; la aplicación de fertilizantes favorece el crecimiento del árbol ya que aprovecha parte de éstos debido a que posee raíces más profundas que el cultivo, también la biomasa no aprovechable del cultivo sirve como fuente de nutrimentos y disminuye la competencia con las malezas si se deja en el terreno de plantación (Budowski <4>). En cuanto a los efectos iniciales de competencia de los cultivos hacia los árboles en nutrimentos, luz agua, y espacio, la especie *C. equisetifolia* parece ser la más susceptible lo que limitó el desarrollo y rendimiento de los árboles. Asimismo, la temperatura y la altitud de

CUADRO 2. Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de leña (estéreos/parcela neta) en San Andrés Itzapa.

TRATAMIENTO	Ena	Ea	Ana	Aa	Cna	Ca
MEDIAS	2.262	2.230	1.680	1.556	1.015	0.704
	a	a	a	a	b	b

CUADRO 3. Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de leña (estéreos/parcela neta) en Parramos.

TRATAMIENTO	Ena	Ea	Ana	Aa	Cna	Ca
MEDIAS	3.295	3.257	1.368	1.215	1.127	1.039
	a	a	b	b	b	b

CUADRO 4. Comparación múltiple de medias en forma combinada mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de leña (estéreos/parcela neta) en San Andrés Itzapa y Parramos.

TRATAMIENTO	Ena	Ea	Ana	Aa	Cna	Ca
MEDIAS	2.779	2.743	1.462	1.447	1.027	0.916
	a	a	b	b	b	b

Las medias seguidas por una letra común no son significativamente diferentes en el nivel de 5%.

la región probablemente tuvieron una influencia directa negativa en el crecimiento de *C. equisetifolia*, ya que esta especie crece mejor en zonas de menor altura. En términos generales, y con base en los análisis y pruebas de medias en forma combinada, se determinó que no existen diferencias apreciables en el rendimiento de leña de los tratamientos plantación pura y en asocio. Por otra parte, no se observó significancia estadística entre los sitios experimentales ni para la interacción tratamientos X sitio, por lo que se asume que, estadísticamente la variación de los sitios sobre los tratamientos tiene el mismo patrón de comportamiento.

7.2 Efecto de los Métodos de Reforestación sobre la Producción Agrícola

Los análisis de varianza para la variable rendimiento de maíz en los tratamientos en asocio y en el testigo, determinaron diferencias significativas en ambas localidades y en forma combinada (Cuadros 24A, 25A y 26A). En forma general, y según la prueba de medias para el análisis de varianza combinado (Cuadro 7), el tratamiento testigo presentó los valores más altos, seguido de *C. equisetifolia*; *A. acuminata* y por último *E. globulus* con el menor valor.

En cuanto a los rendimientos de frijol, los Cuadros 27A, 28A y 29A muestran los análisis de varianza realizados en ambas localidades y en forma conjunta respectivamente, en los cuales se indican diferencias significativas entre las producciones de los tratamientos agroforestales. En el Cuadro 10 se aprecian los rendimientos promedio de frijol para el análisis de varianza en forma combinada, nuevamente el tratamiento testigo presentó los mayores valores, en tanto que *A. acuminata* asociado alcanzó la menor producción. Cuando se compararon los rendimientos de maíz y frijol en forma combinada, tal como se esperaba los tratamientos sin árboles o testigo mostraron los mayores rendimientos agrícolas; mientras que los tratamientos con árboles estuvieron sujetos a factores de competencia a través de la interferencia en términos de luz, espacio y a las

CUADRO 5. Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de maíz (kg/parcela neta) en San Andrés Itzapa.

TRATAMIENTO	Ca	T	Aa	Ea
MEDIAS	84.33	74.66	54.73	38.80
	a	a	b	c

CUADRO 6. Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de maíz (kg/parcela neta) en Parramos.

TRATAMIENTO	T	Ca	Aa	Ea
MEDIAS	102.16	65.80	45.86	42.50
	a	b	b	b

CUADRO 7. Comparación múltiple de medias en forma combinada mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de maíz (kg/parcela neta) en San Andrés Itzapa y Parramos.

TRATAMIENTO	T	Ca	Aa	Ea
MEDIAS	88.41	75.09	50.30	40.65
	a	a	b	b

Las medias seguidas por una letra común no son significativamente diferentes en el nivel de 5%.

CUADRO 8. Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de frijol (kg/parcela neta) en San Andrés Itzapa.

TRATAMIENTO	Ca	T	Aa	Ea
MEDIAS	24.36	20.06	9.90	6.93
	a	a	b	b

CUADRO 9. Comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de frijol (kg/parcela neta) en Parramos.

TRATAMIENTO	T	Ca	Aa	Ea
MEDIAS	26.26	21.33	8.36	8.13
	a	b	c	c

CUADRO 10. Comparación múltiple de medias en forma combinada mediante la prueba de Tukey al 5%, para rendimiento de frijol (kg/parcela neta) en San Andrés Itzapa y Parramos.

TRATAMIENTO	T	Ca	Aa	Ea
MEDIAS	23.16	22.85	9.13	7.48
	a	a	b	b

Las medias seguidas por una letra común no son significativamente diferentes en el nivel de 5%.

demandas de nutrimentos durante el crecimiento inicial de los árboles.

Es importante señalar que los tratamientos asociados con *C. equisetifolia*, alcanzaron los mayores rendimientos agrícolas después del testigo debido a que dicha especie tiene un efecto sobre el aporte de nutrimentos ya que fija nitrógeno atmosférico, lo cual, de acuerdo con la literatura, probablemente influyó favorablemente en la producción de los cultivos. En términos generales, tanto para maíz como para frijol el rendimiento fue ligeramente superior para los diferentes tratamientos en la localidad de Parramos en comparación con la localidad de San Andrés Itzapa. Sin embargo, con base en el análisis de varianza combinado, no se determinó diferencias significativas entre sitios, por lo que puede inferirse que estadísticamente no hubo variaciones entre los factores externos de ambos lugares y los valores podrían ser extrapolados o extensivos dentro de estas localidades.

7.3 Relaciones Alométricas

Las relaciones alométricas establecidas fueron entre las variables dasométricas, altura-dap y rendimiento de leña-altura, esto se realizó para cada tratamiento asociado y no asociado por localidad, a través de análisis de regresión y correlación lineal simple. Para encontrar los modelos más ajustados de estas relaciones, se utilizaron los siguientes modelos matemáticos:

Modelo lineal	$Y = b_0 + b_1X$
Modelo exponencial	$Y = b_0 * b_1^X$
Modelo logarítmico	$Y = b_0 * X^{b_1}$
Modelo cuadrático	$Y = b_0 + b_1 * X + b_2 * X^2$

Con respecto a la relación altura-dap, en las Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, y 15 se representa gráficamente el comportamiento de las alturas en función del dap, y la estrechez de esta relación. La naturaleza de esta relación

está representada por el modelo cuadrático que fue el modelo que más se ajustó.

A nivel general, se puede decir que los tratamientos en plantación pura estuvieron más estrechamente ajustados que los tratamientos asociados. La especie E. globulus reportó las mayores correlaciones con valores promedio de $r = 0.811$. Para las especies en asocio, la correlación fue menor, ésto probablemente puede estar influenciado por la combinación con los cultivos agrícolas o por los factores agroclimáticos; en este caso la especie que guardó mayor correlación fue A. acuminata, y la que presentó menor estrechez fue C. equisetifolia con valores promedio de $r = 0.673$.

Se puede observar, a partir de las curvas que las desviaciones de los puntos son más o menos distribuidos en cuanto a su dirección. Asimismo, por los coeficientes de correlación altos, las curvas de crecimiento parecen ajustar adecuadamente los datos.

En las figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, y 27, se observa la representación gráfica de los rendimientos de leña por tratamiento a medida que las alturas se incrementaron. Nuevamente los mayores coeficientes de correlación correspondieron al modelo cuadrático.

En general, para las especies no asociadas la mayor correlación la reportó E. globulus con un valor promedio de $r = 0.854$; A. acuminata obtuvo valores intermedios, mientras que C. equisetifolia alcanzó la menor correlación.

En los tratamientos agroforestales, los puntos de correlación más fuertes entre rendimiento de leña y altura los presentó C. equisetifolia, mientras que E. globulus reportó la menor correlación.

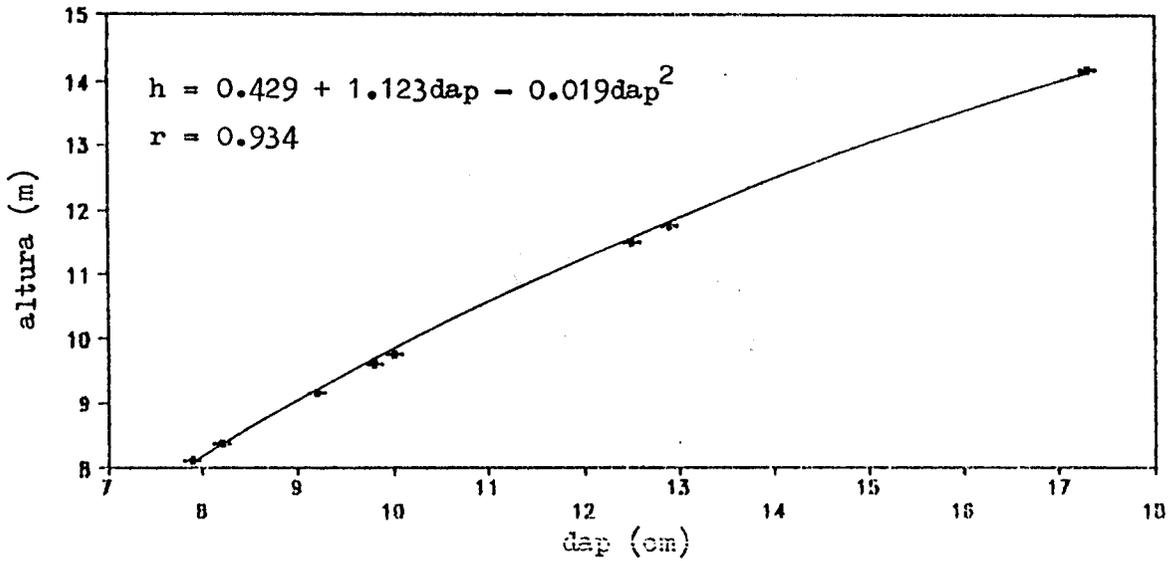


Figura 4. Relación entre altura y dap para Alnus acuminata asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

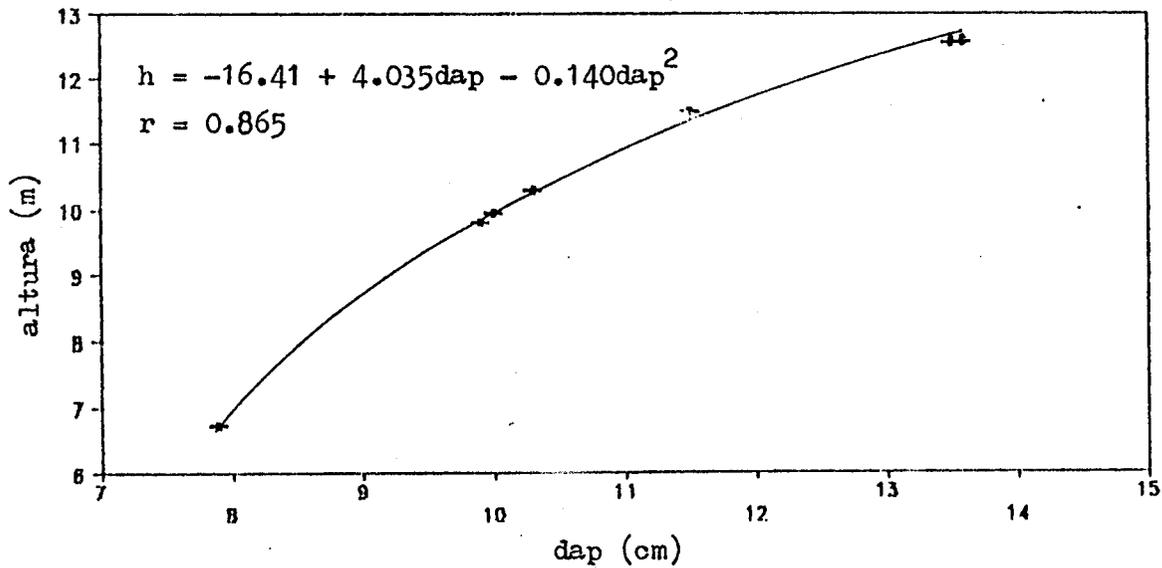


Figura 5. Relación entre altura y dap para Alnus acuminata no asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

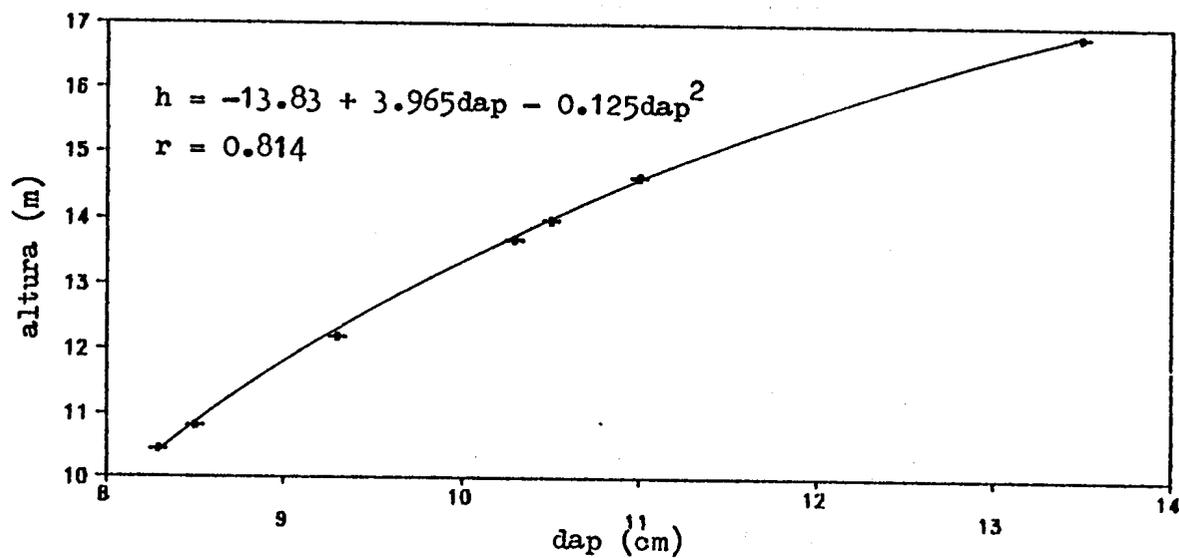


Figura 6. Relación entre altura y dap para Eucalyptus globulus asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

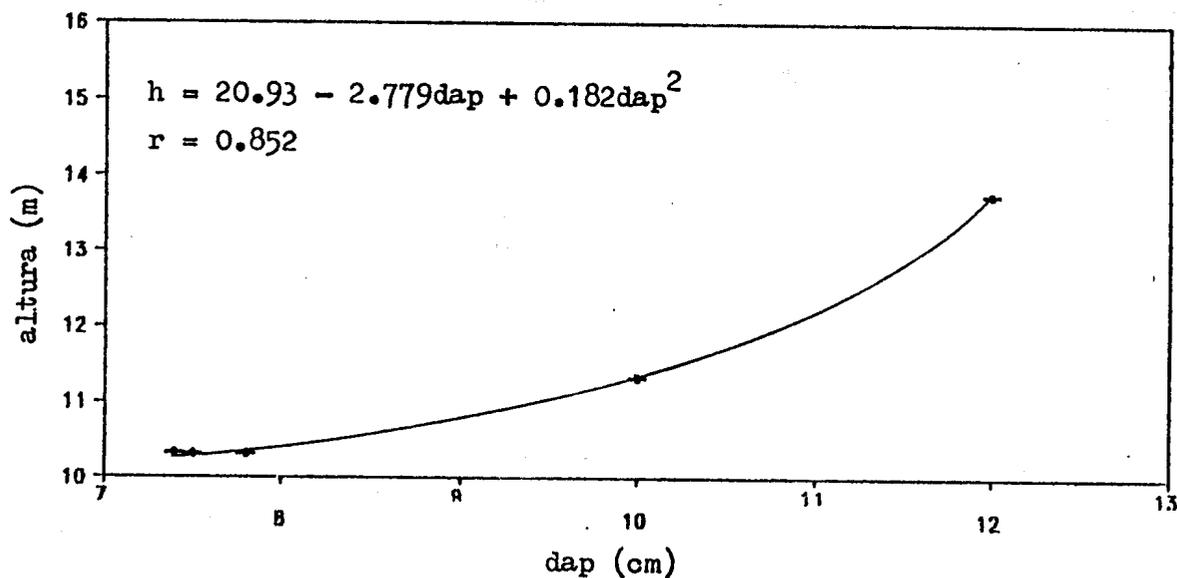


Figura 7. Relación entre altura y dap para Eucalyptus globulus no asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

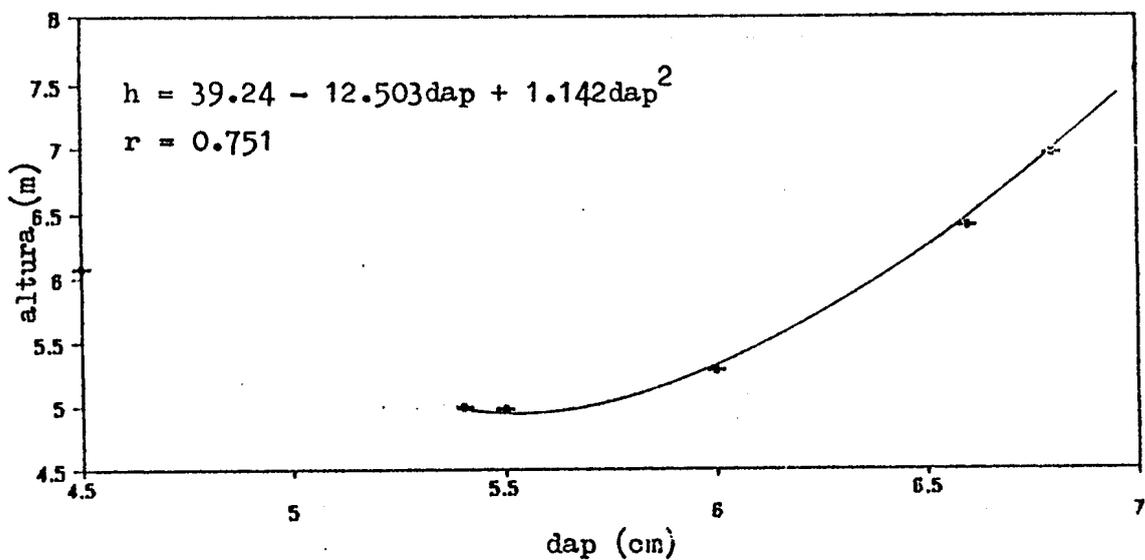


Figura 8. Relación entre altura y dap para Casuarina equisetifolia asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

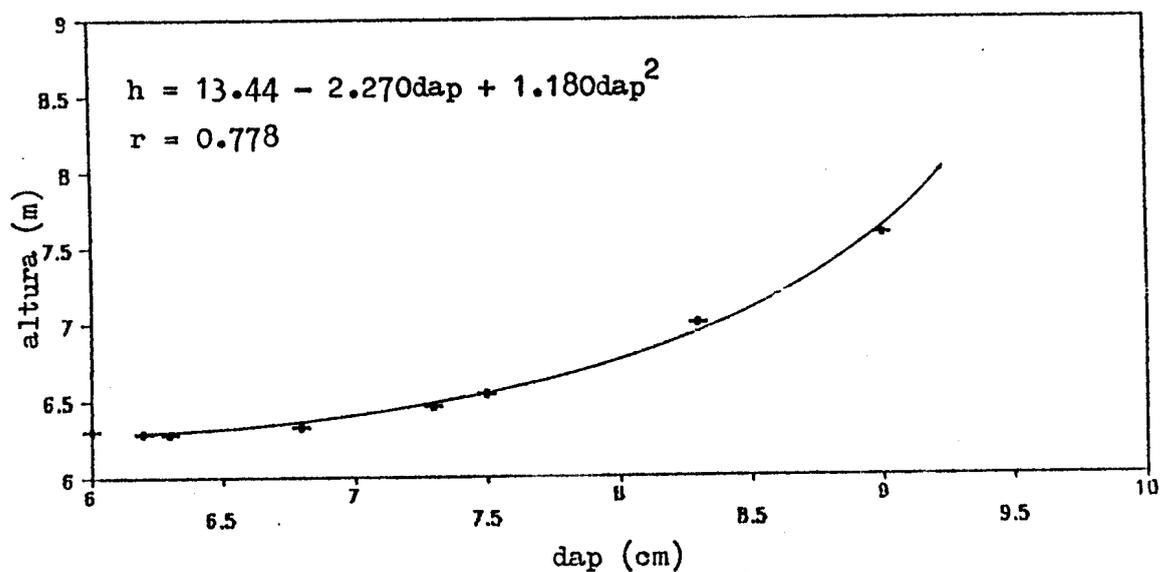


Figura 9. Relación entre altura y dap para Casuarina equisetifolia no asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

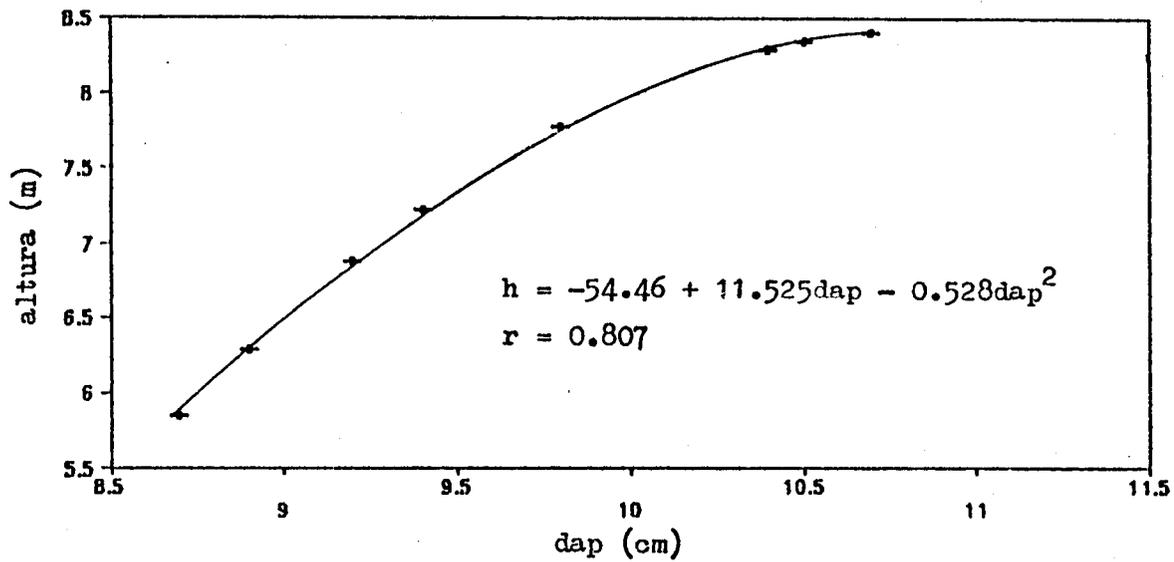


Figura 10. Relación entre altura y dap para Alnus acuminata asociado de cinco años, en Parramos.

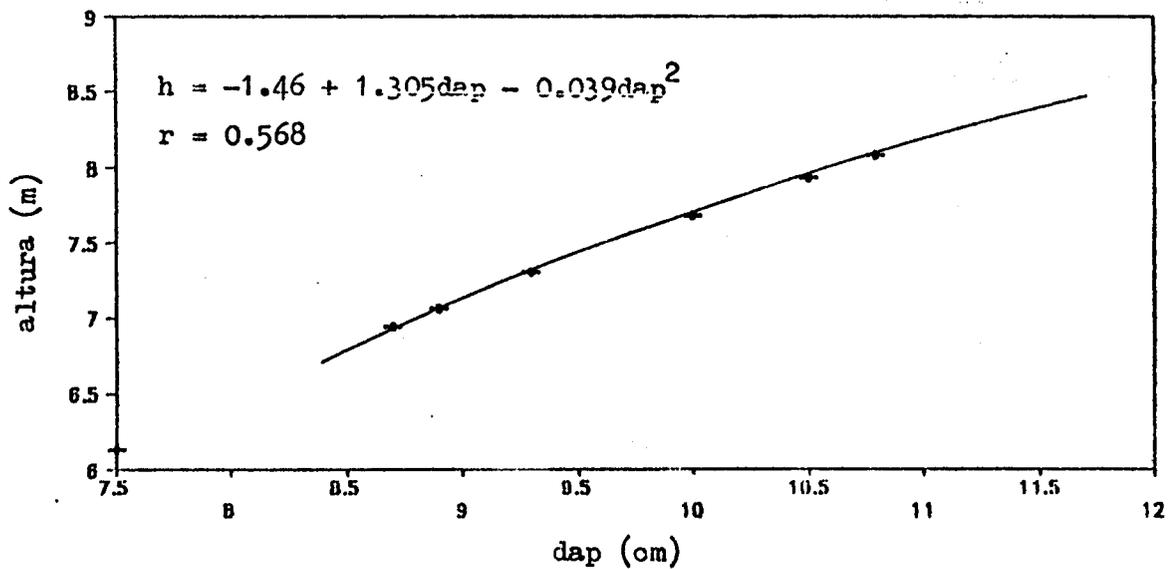


Figura 11. Relación entre altura y dap para Alnus acuminata no asociado de cinco años, en Parramos.

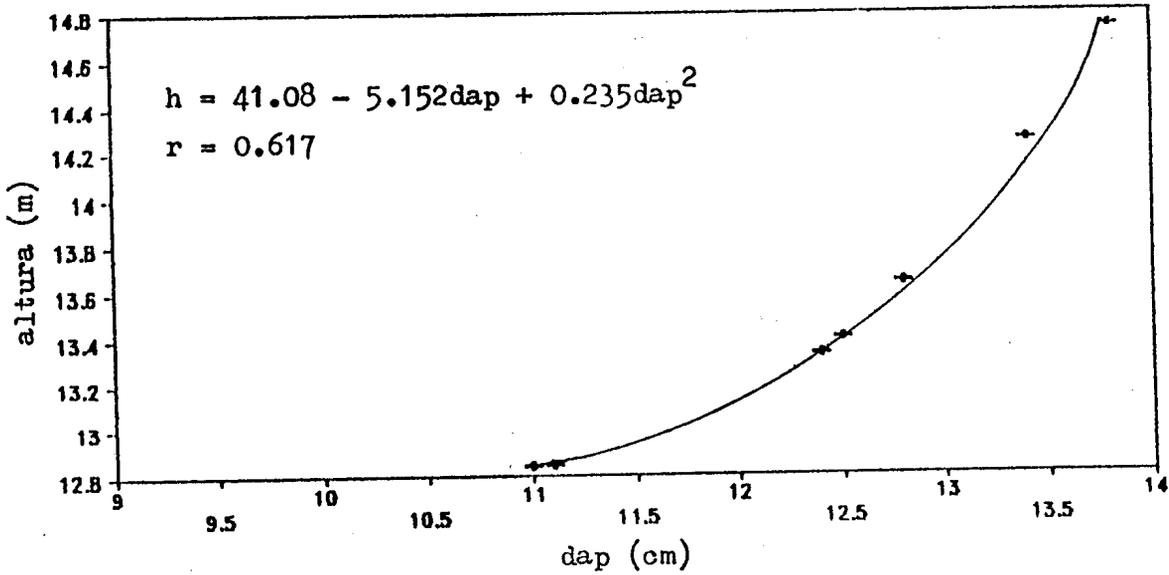


Figura 12. Relación entre altura y dap para Eucalyptus globulus asociado de cinco años, en Parramos.

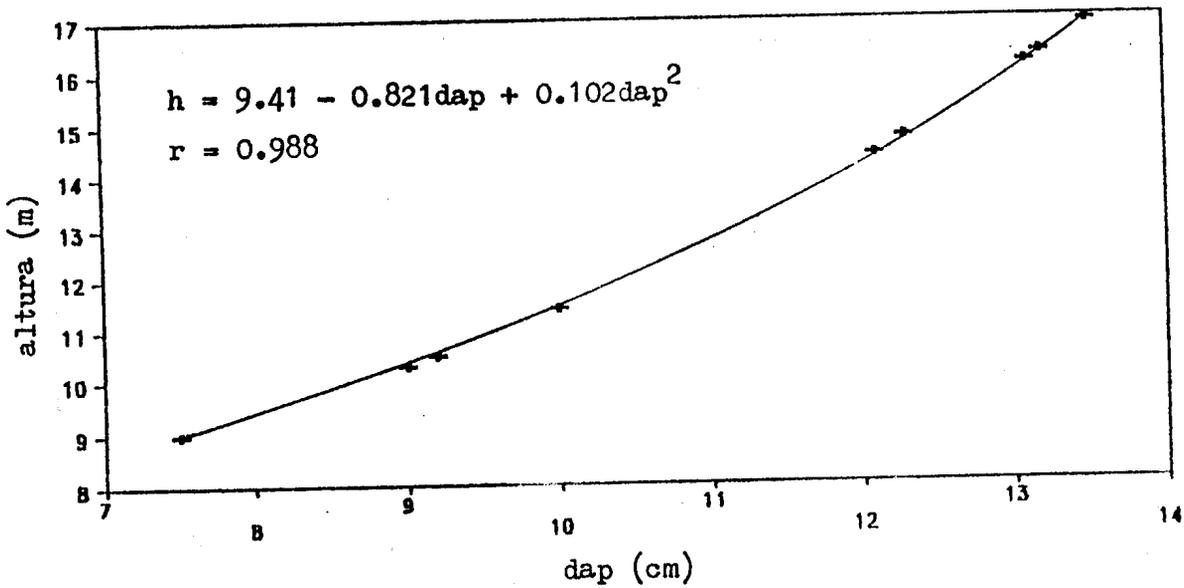


Figura 13. Relación entre altura y dap para Eucalyptus globulus no asociado de cinco años, en Parramos.

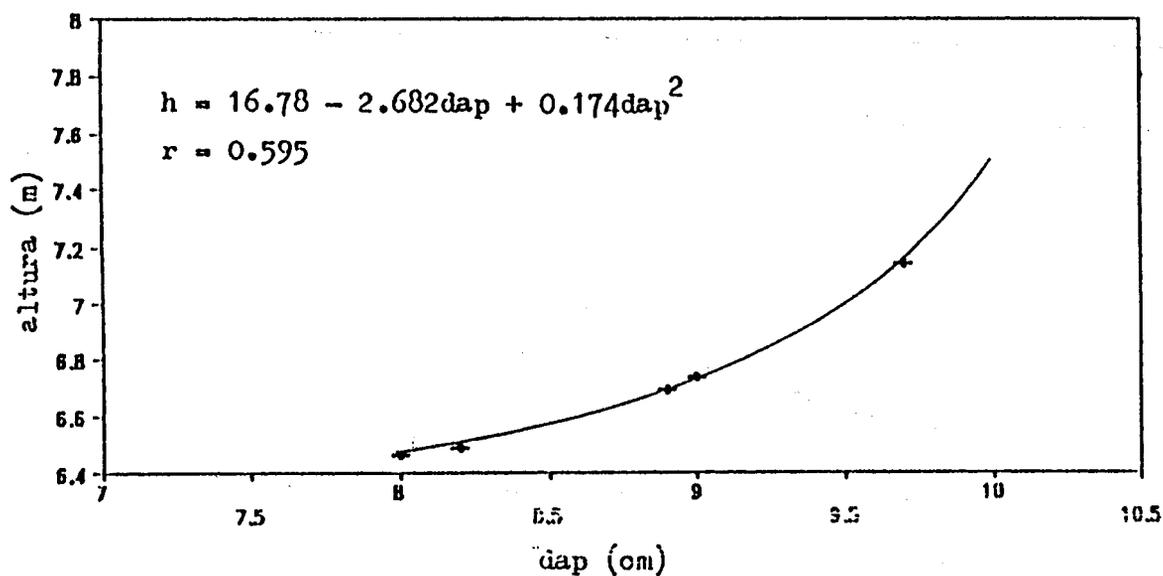


Figura 14. Relación entre altura y dap para Casuarina equisetifolia asociado de cinco años, en Parramos.

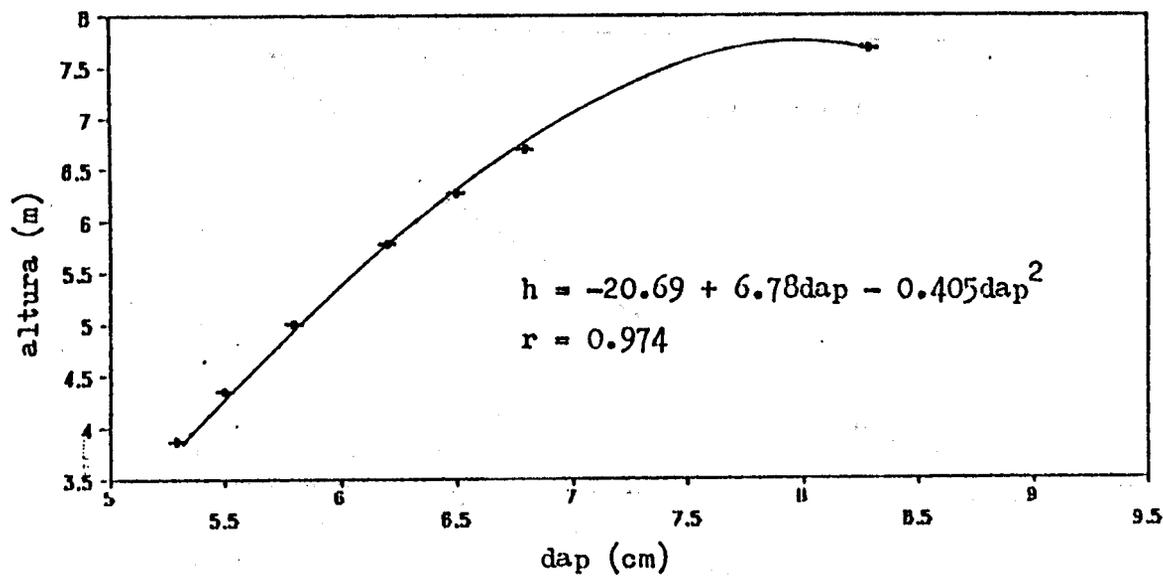


Figura 15. Relación entre altura y dap para Casuarina equisetifolia no asociado de cinco años, en Parramos.

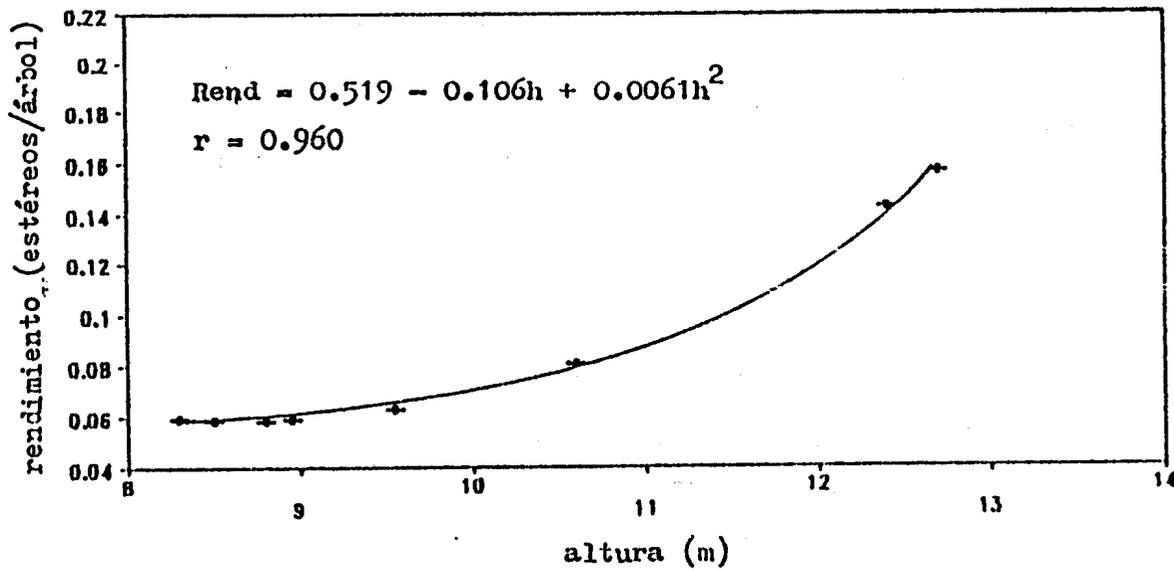


Figura 16. Relación entre rendimiento de leña y altura para Alnus acuminata asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

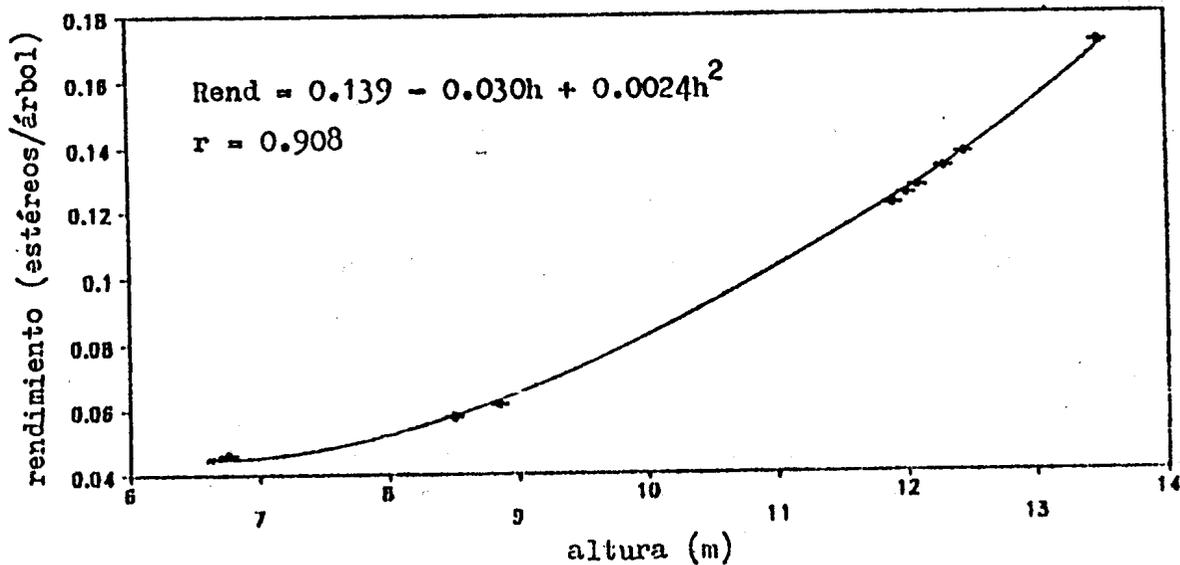


Figura 17. Relación entre rendimiento de leña y altura para Alnus acuminata no asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

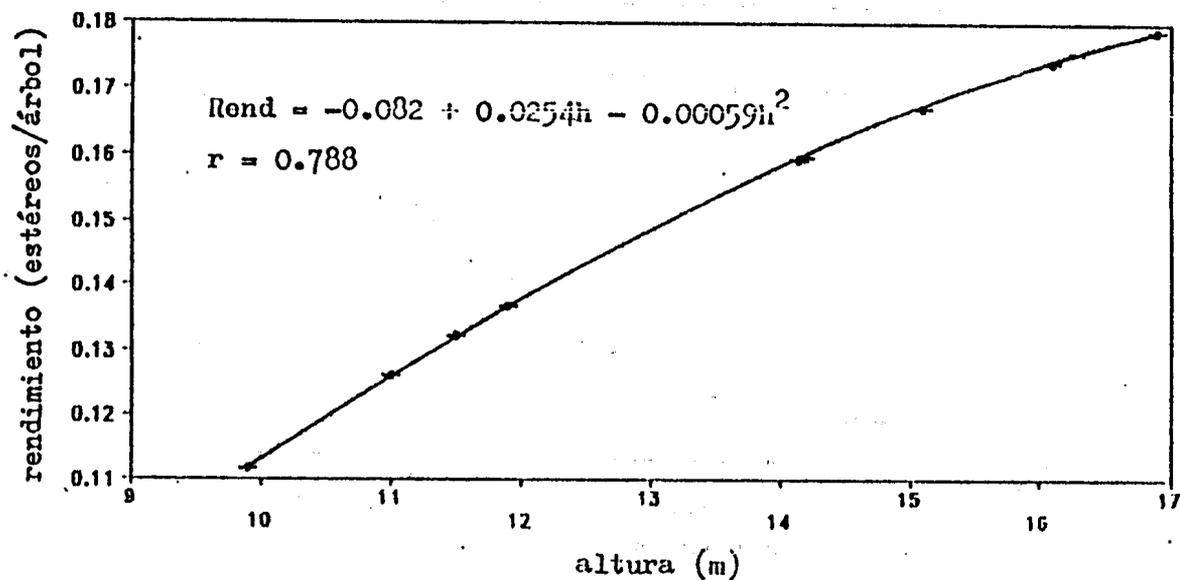


Figura 18. Relación entre rendimiento de leña y altura para Eucalyptus globulus asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

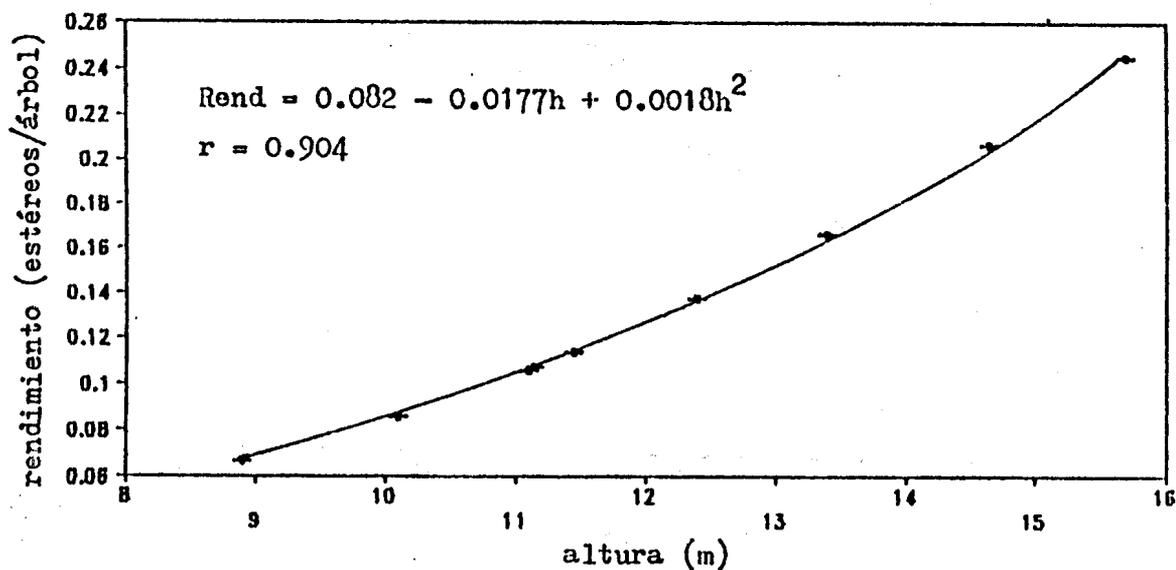


Figura 19. Relación entre rendimiento de leña y altura para Eucalyptus globulus no asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

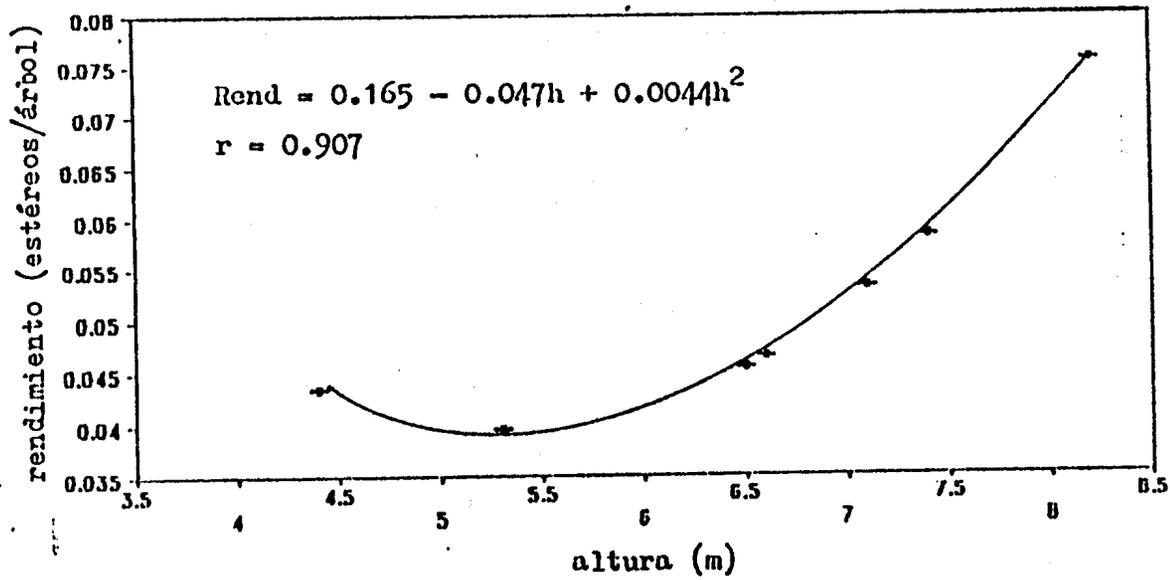


Figura 20. Relación entre rendimiento de leña y altura para Casuarina equisetifolia asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

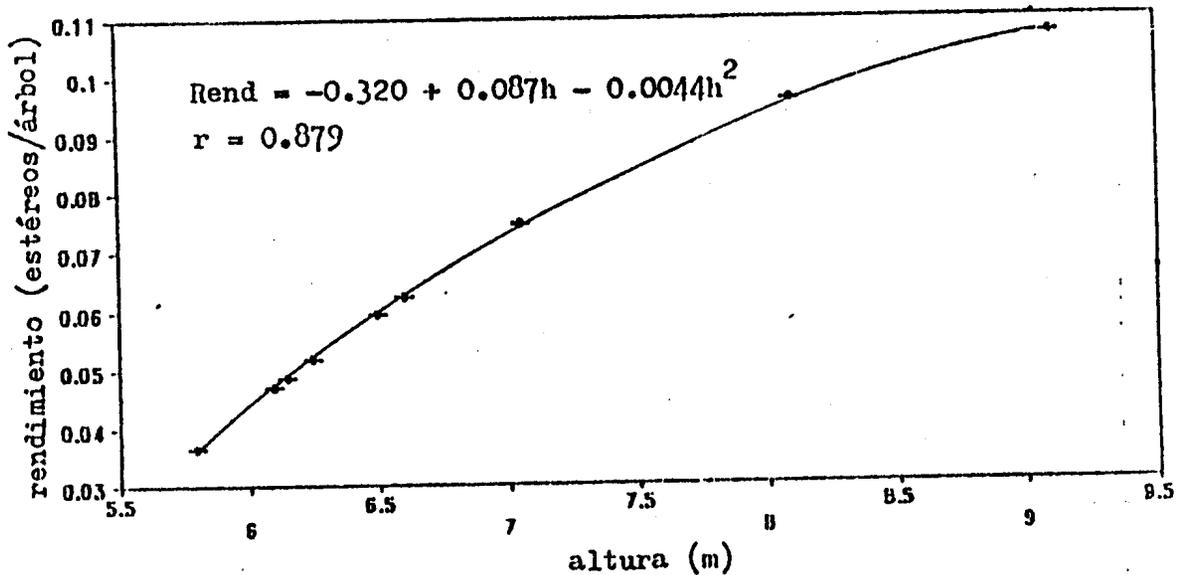


Figura 21. Relación entre rendimiento de leña y altura para Casuarina equisetifolia no asociado de cinco años, en San Andrés Itzapa.

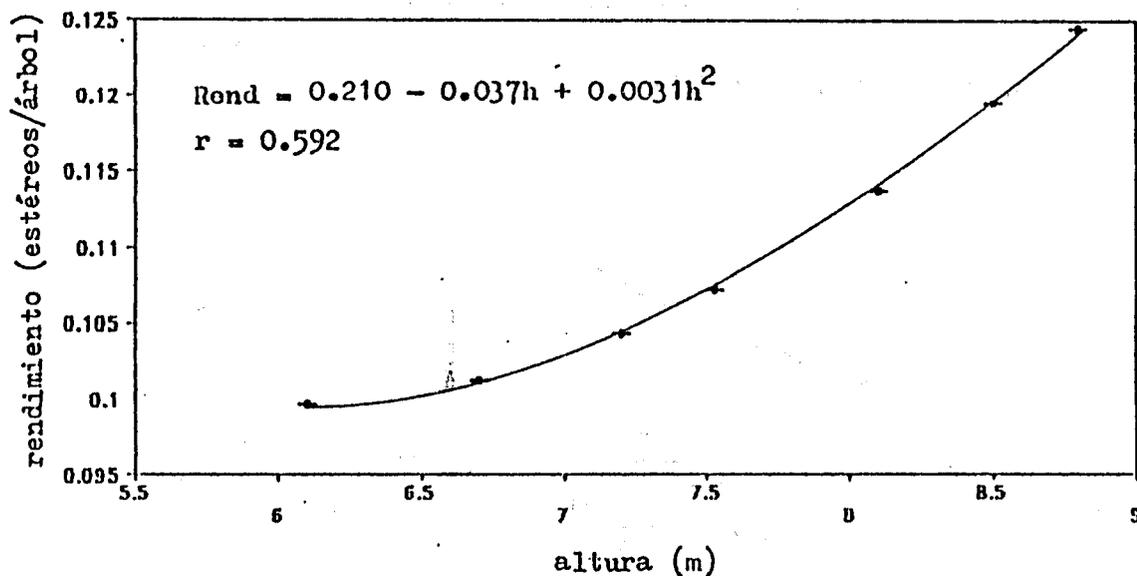


Figura 22. Relación entre rendimiento de leña y altura para Alnus acuminata asociado de cinco años, en Parramos.

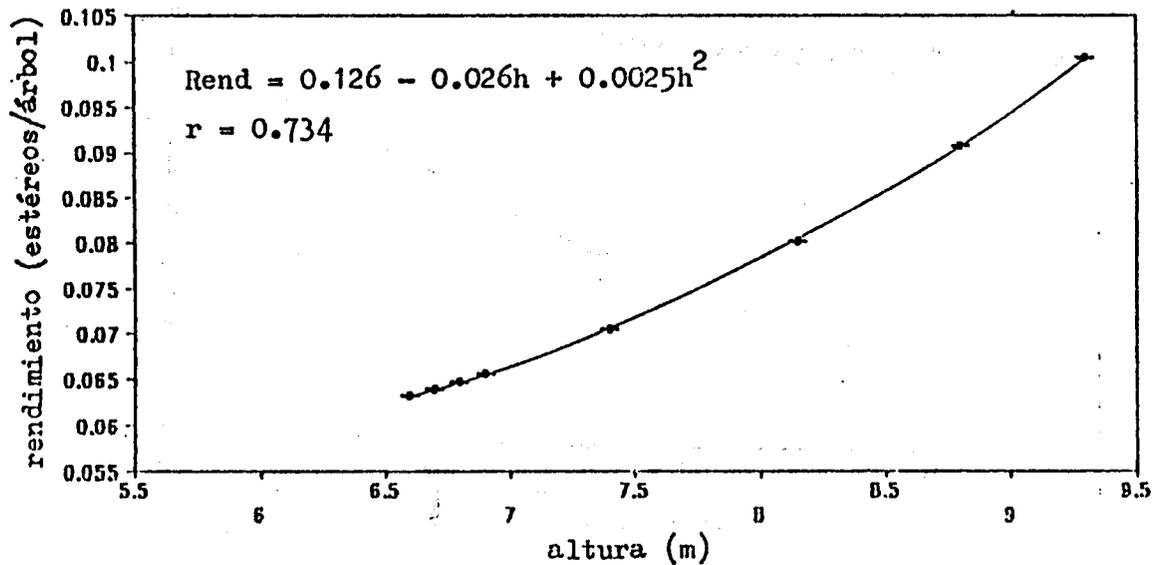


Figura 23. Relación entre rendimiento de leña y altura para Alnus acuminata no asociado de cinco años, en Parramos.

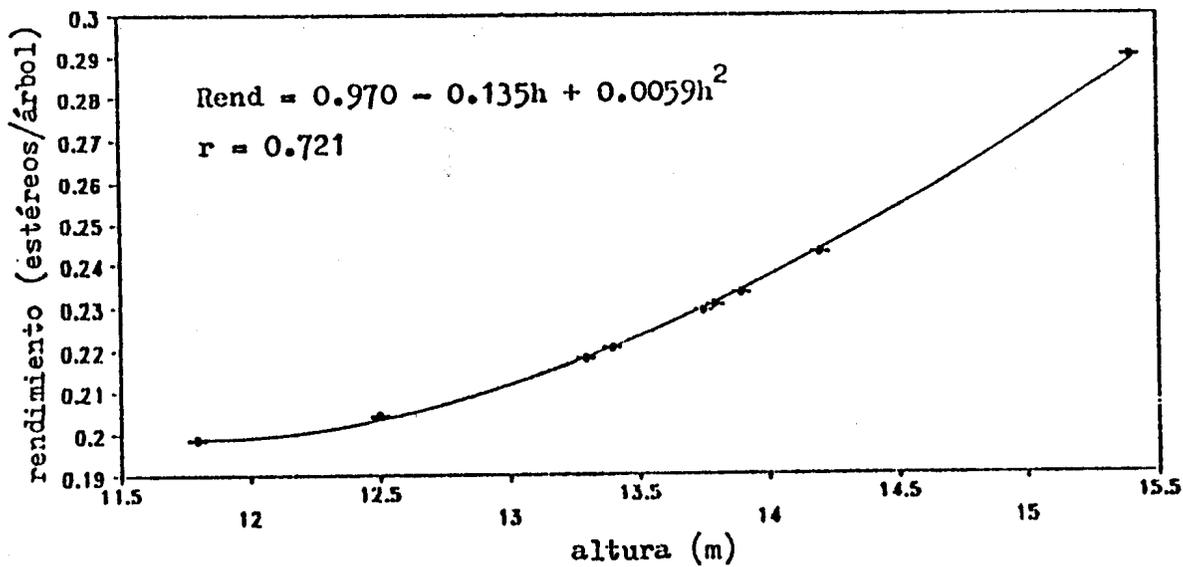


Figura 24. Relación entre rendimiento de leña y altura para Eucalyptus globulus asociado de cinco años en Parramos.

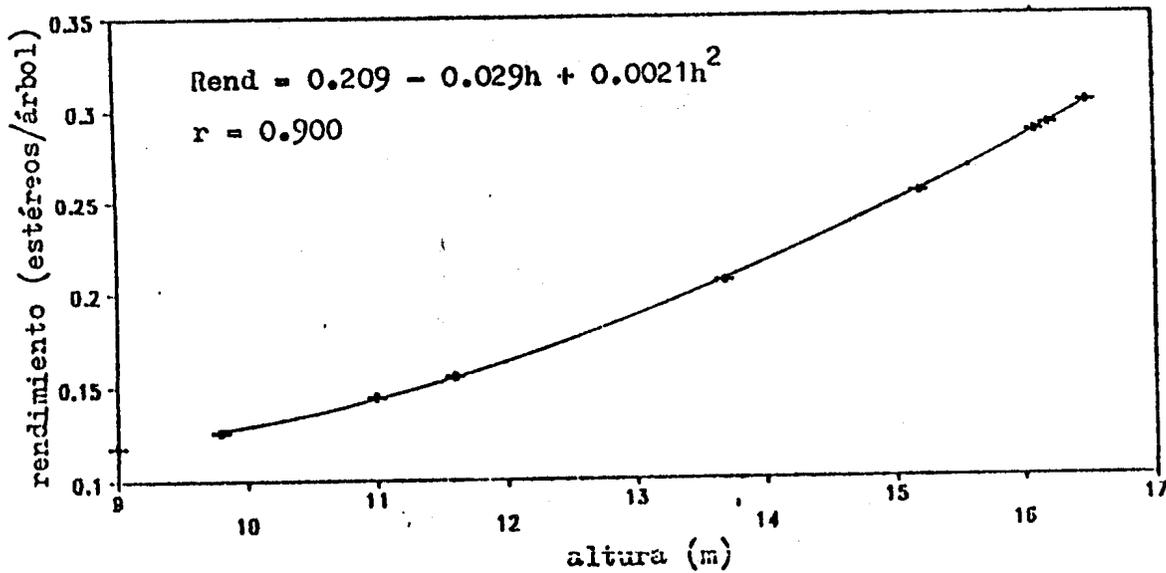


Figura 25. Relación entre rendimiento de leña y altura para Eucalyptus globulus no asociado de cinco años en Parramos.

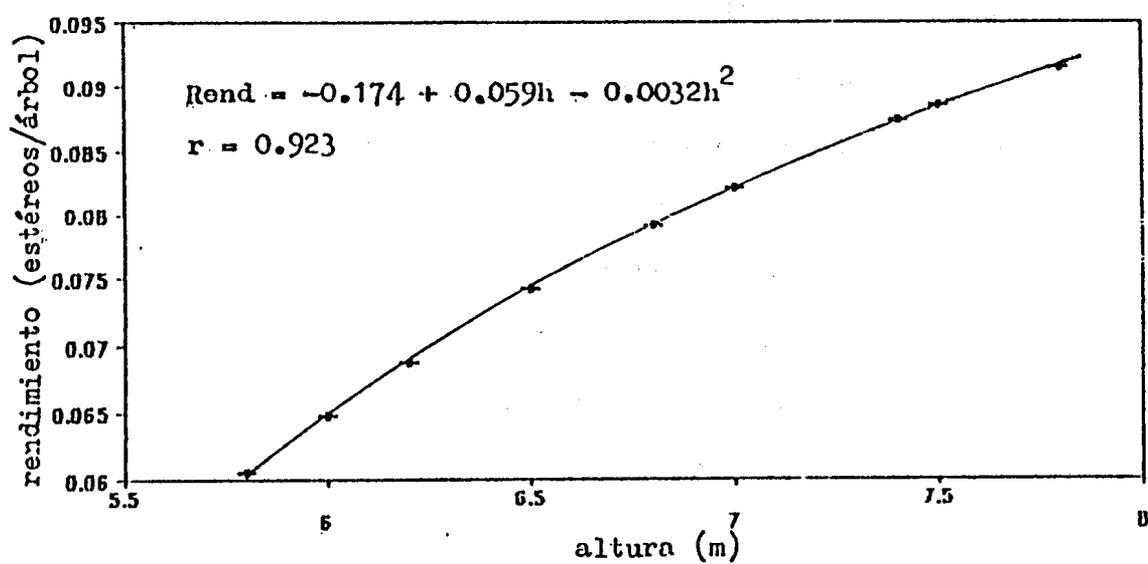


Figura 26. Relación entre rendimiento de leña y altura para Casuarina equisetifolia asociado de cinco años, en Parramos.

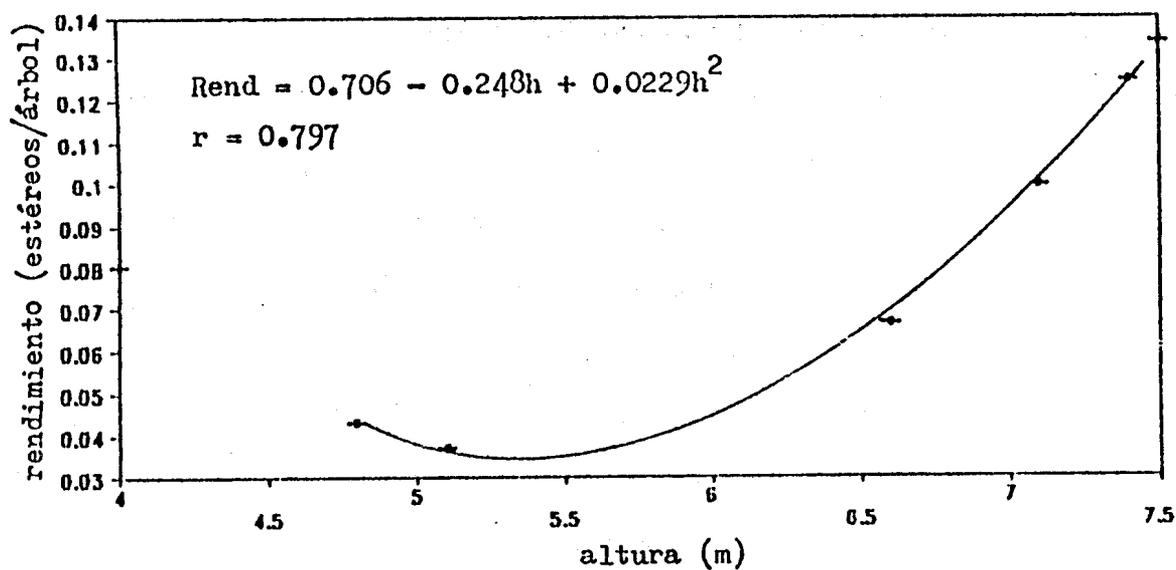


Figura 27. Relación entre rendimiento de leña y altura para Casuarina equisetifolia no asociado de cinco años Parramos.

En forma general, se puede decir que el incremento del rendimiento de leña, está asociado con un incremento en la altura de los árboles. Para las condiciones de estas localidades, y para los rangos de altura, dap, y rendimiento de leña utilizados, los resultados indican que las relaciones entre estos parámetros forestales son aceptables ya que presentan coeficientes que van de medianos a altos. Sin embargo, estas variables pueden estar relacionadas con otras variables, como la edad o factores agroecológicos propios de las localidades. Por otra parte, es importante indicar que en el comportamiento de las curvas de los análisis de regresión realizados, se utilizaron observaciones de tipo general y preliminares, es decir, una aproximación a la edad de cinco años de los árboles, por lo que se necesita un mayor número de observaciones para obtener una mayor precisión de estos valores.

7.4 Factibilidad Financiera de los Métodos de Reforestación

Con el fin de conocer la viabilidad financiera de las alternativas de reforestación, se realizó una evaluación financiera de las inversiones forestales, agroforestales y agrícolas por localidad, considerando para ello los costos de producción y los ingresos a los largo de cinco años. En los costos de producción se incluyeron las labores y los insumos, para lo cual se utilizaron valores locales y actualizados (Cuadro 30A). Asimismo, se estimaron los ingresos directos obtenidos por hectárea como producto de la venta de las cosechas de maíz y frijol realizadas del primero al cuarto año, y los ingresos por concepto de venta de leña efectuados únicamente en el quinto año (Cuadros 11 y 12). Los precios de venta por el agricultor son de Q55.0/qq de maíz y Q150.0/qq de frijol. El precio de la leña al momento del aprovechamiento, sin rajar fue de aproximadamente Q64.0/tarea (Q45.0/estéreo).

CUADRO 11. Producción e ingresos totales por tratamiento asociado y no asociado durante cinco años en San Andrés Itzapa.

TRATAMIENTO	L E Ñ A			M A I Z			F R I J O L			TOTAL
	est/parc	est/ha	Q/ha	kg/parc	qq/ha	Q/ha	kg/parc	qq/ha	Q/ha	Q/ha
Ana	1.680	186.5	8485.75	----	----	---	----	----	---	8485.75
Aa	1.556	172.72	7858.76	54.73	120.41	6622.3	6.83	15.02	2253.0	16734.06
Ena	2.262	251.08	11424.14	----	----	----	----	----	----	11424.14
Ea	2.230	247.53	11262.62	38.8	85.36	4694.8	9.90	21.80	3270.0	19227.42
Cna	1.015	112.66	5126.03	----	----	----	----	----	----	5126.03
Ca	0.704	78.14	3555.37	84.33	185.53	10204.1	24.36	53.60	8040.0	21799.47
T	----	----	----	74.67	164.27	9034.8	20.06	44.10	6615.0	15649.8

CUADRO 12. Producción e ingresos totales por tratamiento asociado y no asociado durante cinco años en Parramos.

TRATAMIENTO	L E Ñ A			M A I Z			F R I J O L			TOTAL
	est/parc	est/ha	Q/ha	kg/parc	qq/ha	Q/ha	kg/parc	qq/ha	Q/ha	Q/ha
Ana	1.215	134.86	6136.13	----	----	---	----	----	---	6136.13
Aa	1.368	151.85	6909.17	45.86	100.89	5584.95	8.13	17.88	2682.0	15140.12
Ena	3.295	365.74	16641.17	----	----	----	----	----	----	16641.17
Ea	3.257	361.53	16449.60	42.5	93.50	5142.50	8.36	18.39	2758.50	24350.60
Cna	1.039	115.33	5247.52	----	----	----	----	----	----	5247.52
Ca	1.127	125.09	5691.59	65.80	144.76	7691.80	21.33	46.93	7039.50	20692.89
T	----	----	----	102.16	224.75	12361.25	26.26	57.77	8665.50	21026.75

CUADRO 13. Flujo de caja (Q/ha) para los tratamientos asociados y no asociados durante cinco años en San Andrés Itzapa.

TRATAMIENTO		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL	VAN 21%	TIR	B/C 21%
Ana	Costos	2500.00	664.00	664.0	664.0	810.0	5302.2	-296.5	18.13%	0.93
	Ingresos	-----	-----	-----	-----	8485.7	8485.7			
Aa	Costos	3761.4	2214.4	1632.4	1602.4	897.4	10108.1	3413.5	>50%	1.43
	Ingresos	4120.0	3032.6	1503.0	220.0	7858.7	16734.0			
Ena	Costos	2500.0	664.0	664.0	664.0	810.0	5302.0	1074.3	30.10%	1.25
	Ingresos	-----	-----	-----	-----	11424.1	11424.1			
Ea	Costos	3761.4	2214.0	1632.4	1602.4	897.4	10108.1	4018.1	131.5%	1.50
	Ingresos	3350.0	2717.0	1077.0	820.0	11262.6	19227.0			
Cna	Costos	2500.0	664.0	664.0	664.0	810.0	5302.0	-1863.8	0.0%	0.56
	Ingresos	-----	-----	-----	-----	5126.0	5126.0			
Ca	Costos	3761.4	2214.4	1632.4	1602.4	897.4	10108.1	7422.6	>50%	1.92
	Ingresos	4317.0	3810.5	5207.0	4909.0	3555.5	21799.0			
T	Costos	2021.0	2184.0	1602.0	1572.0	507.0	7886.0	5470.1	>50%	1.91
	Ingresos	2380.0	3507.0	4466.0	4846.0	-----	15649.8			

Tasa de actualización = 21%

CUADRO 14. Flujo de caja (Q/ha) para los tratamientos asociados y no asociados durante cinco años en Parramos.

TRATAMIENTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL	VAN 21%	TIR	B/C 21%
Ana Costos	2500.00	664.00	664.0	664.0	810.0	5302.2	-1392.6	5.55%	0.67
Ingresos	-----	-----	-----	-----	6136.1	6136.1			
Aa Costos	3761.4	2214.4	1632.4	1602.4	897.4	10108.1	2346.5	>50%	1.29
Ingresos	4010.0	2270.6	1400.0	550.0	6909.1	15140.1			
Ena Costos	2500.0	664.0	664.0	664.0	810.0	5302.0	3508.1	46.05%	1.82
Ingresos	-----	-----	-----	-----	16641.1	16641.1			
Ea Costos	3761.4	2214.0	1632.4	1602.4	897.4	10108.1	6480.6	>50%	1.81
Ingresos	4010.0	1980.0	860.20	1050.0	16449.6	24350.0			
Cna Costos	2500.0	664.0	664.0	664.0	810.0	5302.0	-1807.1	0.0%	0.58
Ingresos	-----	-----	-----	-----	5247.5	5247.5			
Ca Costos	3761.4	2214.4	1632.4	1602.4	897.4	10108.1	6537.0	>50%	1.81
Ingresos	4800.0	3720.0	3200.0	3280.2	5691.6	20692.9			
T Costos	2021.0	2184.0	1602.0	1572.0	507.0	7886.0	9893.7	>50%	2.64
Ingresos	4750.0	5188.6	5408.7	5678.5	-----	21026.7			

Tasa de actualización = 21%

Los Cuadros 13 y 14 presentan los resúmenes de los flujos de caja con los indicadores financieros para cada alternativa de reforestación por localidad, para lo cual, se utilizó una tasa de interés bancario del 21%. De forma general, según los indicadores financieros y con base en los criterios de selección, se puede decir que financieramente el mejor tratamiento fue el testigo, al presentar los mayores valores actuales netos (VAN), tasas internas de retorno (TIR) arriba de la tasa de actualización, y relaciones (B/C) superiores a uno.

Por otra parte, cabe esperar que si el valor actual neto es positivo, el retorno o valor de inversión es mayor que la tasa de interés a la que se descontó. Por lo tanto, mientras más alto sea el valor actual neto mejor es la inversión en términos financieros.

Los tratamientos asociados ocuparon el segundo lugar en eficiencia financiera; al comparar éstos con la parcela testigo resultaron ser ligeramente menos eficientes, probablemente por la ausencia de menores ingresos en los primeros cuatro años. Sin embargo, los tratamientos únicamente con maíz y frijol podrían ser menos rentables al tener el agricultor que incurrir en gastos por necesidad de leña para la cocción de estos alimentos.

Aunque los tratamientos solo con maíz y frijol presentan más ventajas financieras, cabe mencionar que desde el punto de vista ecológico, los métodos agroforestales son más convenientes por la sostenibilidad que guardan en el ecosistema, a la vez que brindan una serie de beneficios intangibles tales como, cambios en la susceptibilidad a la erosión, cambios en el microclima, y cambios en la calidad ambiental.

En cuanto a las plantaciones sólo con árboles, únicamente la especie E. globulus resultó ser rentable como producto de reportar los más altos rendimientos de leña. Las especies A. acuminata y C. equisetifolia mostraron indicadores financieros no favorables con valores actuales netos negativos, tasas internas de retorno abajo del 21% y relaciones beneficio-costos inferiores a uno; esto podría

ser motivo para descartar las inversiones ya que los beneficios serían menores que los costos. Sin embargo, aún hace falta conocer y evaluar el impacto ambiental y social que causan estos sistemas solo con árboles. Es decir, mostrar los efectos no desde el punto de vista del agricultor individual, sino en función de la comunidad o sociedad, ya que, generan otras bondades ecológicas y sociales indirectas tales como mejoramiento de la calidad ambiental, conservación de fuentes de agua, mejoramiento de la fertilidad del suelo, refugio de vida silvestre, mejoramiento del paisaje, generación de empleo y contribución a la salud.

7.5 Efecto de los Métodos de Reforestación sobre el Suelo

En los Cuadros 31A, 32A, 33A y 34A se indica las características promedio de los suelos con base en los resultados de los análisis de físico-químicos de cada sitio experimental realizados en el primero y quinto año de establecimiento. A manera general, estos resultados muestran que la textura no se modificó a lo largo de este periodo de la plantación en la mayor parte de los tratamientos, para el sitio de San Andrés Itzapa, predominó la clase textural franco arcilloso arenoso, y en Parramos la clase textural franco arenoso. Probablemente no hubo variación en la textura del suelo por parte de los árboles, debido a la edad de éstos; por lo que el desarrollo crecimiento y edad podría ser un factor predeterminante en los cambios texturales ya que una mayor cantidad de biomasa estaría regresando al suelo en forma de materia orgánica produciendo mayor cantidad de limo y agregados.

En general, ambos sitios presentaron un pH ligeramente ácido, tanto en los tratamientos asociados y no asociados se observó un leve incremento del pH al quinto año, posiblemente como producto de los residuos orgánicos de la hojarasca ricos en bases totales y de una mayor liberación de nutrimentos de los horizontes inferiores del suelo a través de las raíces más profundas de los árboles, asimismo, a las relaciones que éstos sistemas mantienen con el reciclaje y almacenamiento de nutrimentos.

Con respecto a los nutrimentos, fósforo, potasio, calcio y magnesio se determinó que los contenidos de éstos aumentaron a cantidades adecuadas en el quinto año tanto en los tratamientos asociados como en las plantaciones puras; al parecer, según los rendimientos agrícolas y de leña, hubo una apreciable demanda de nutrimentos. Sin embargo, y de acuerdo con la literatura lo anterior hace pensar que una buena cantidad de estos nutrientes fueron aportados por la materia orgánica que se obtuvo del follaje caído de los árboles, ya que se supone que el fósforo y demás nutrimentos aprovechables están contenidos fundamentalmente en la materia orgánica y que al descomponerse ésta en el suelo, los nutrimentos quedan a disposición de la planta.

Finalmente, es importante mencionar que las relaciones entre las plantaciones forestales, el uso previo del sitio, la fertilidad del suelo y sus relaciones con el reciclaje y almacenamiento de nutrimentos, son complejas por lo que se hacen únicamente observaciones de tipo general.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 En las condiciones de San Andrés Itzapa y Parramos, las especies E. globulus y A. acuminata son las que presentaron un mejor comportamiento en términos de rendimiento de leña, tanto en plantaciones puras como en asocio con cultivos, por lo que se considera que estas especies tienen buen potencial para ser utilizadas en trabajos de reforestación. C. equisetifolia no mostró rendimientos satisfactorios, lo que puede indicar poca adaptación a las condiciones de los sitios.
- 8.2 En general, el mayor rendimiento agrícola lo presentó el tratamiento testigo (sin árboles) y el asocio con C. equisetifolia respectivamente, cuyos valores registran poca diferencia en comparación al rendimiento promedio de la región. Los asociados con E. globulus y A. acuminata presentaron la menor producción agrícola.
- 8.3 Por los coeficientes de correlación, y la tendencia que presentan las curvas éstas muestran un grado de ajuste adecuado.
- 8.4 Con base en los indicadores financieros y de acuerdo con los criterios de selección (VAN positivo, relación $B/C > 1$, y TIR superior a la tasa del costo de oportunidad del capital), los métodos agroforestales resultaron financieramente rentables, por lo que su utilización representa un atractivo económico.
- 8.5 En general, no hubo diferencias entre los resultados de los análisis de suelos realizados en el primero y quinto año en términos de propiedades físicas. Tanto en los tratamientos asociados y no asociados, la fertilidad del sustrato mejoró considerablemente al quinto año ya que los contenidos de los nutrimentos se incrementaron a niveles adecuados.

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 De los métodos de reforestación estudiados en el presente trabajo, se recomienda utilizar las especies E. globulus y A. acuminata en actividades de reforestación, dado al buen potencial que mostraron como componente forestal en asocio con cultivos agrícolas y en plantaciones puras.
- 9.2 Formular políticas y programas de crédito para plantaciones forestales y agroforestales, que estimulen y apoyen actividades que sean económica y ecológicamente aceptables tanto a corto como largo plazo.
- 9.3 Crear programas de transferencia de tecnología que concienticen a los agricultores de la importancia que tienen los sistemas agroforestales como una alternativa que ayuda a hacer el problema de la deforestación menos grave, y como coadyuvantes a la economía familiar campesina.
- 9.4 Sería conveniente continuar realizando investigaciones agroforestales con éstas y otra especies forestales asociadas con otros cultivos agrícolas en diferentes sitios de esa región a fin de poder extrapolar valores de rendimiento con mayor exactitud a la parte alta de la cuenca del río Achiguate. Asimismo, efectuar estudios sobre la calidad de sitio para éstos y otros sistemas agroforestales.

10. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR M., S. 1987. Uso actual del recurso forestal de la subcuenca del río Itzapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 71 p.
2. ALDER, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Roma, Italia, FAO. Estudio FAO: Montes v. 2, 118 p.
3. BARRERA G., E. 1985. Comportamiento inicial de tres especies forestales bajo dos métodos de reforestación en San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 92 p.
4. BUDOWSKI, G. 1981. Aplicabilidad de los sistemas agroforestales, informe de taller sobre agroforestería en los trópicos húmedos africanos (1981, Nigeria). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 18 p.
5. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (C.R.). 1984. Especies para leña, arbustos y árboles para la producción de energía. Costa Rica. 344 p.
6. _____ 1986. Sistemas agroforestales en los trópicos, principios y aplicaciones. Costa Rica. 734 p.
7. _____ 1986. Silvicultura de especies para leña en América Central; resultados de cinco años de investigación. Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico no. 86. 228 p.
8. _____ 1991. Casuarina: Casuarina equisetifolia árbol de uso múltiple en América Central. Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico no. 3. 53 p.
9. CRUZ S., J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
10. DANIEL, T. 1982. Principios de silvicultura. Trad. por Ramón Elizondo. México, Mc Graw Hill. 492 p.
11. DETLEFSEN R., E. 1984. Comportamiento inicial de tres especies forestales para la producción de leña con y sin asocio de maíz (Zea mays L.) en la Máquina Suchitepequez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 103 p.
12. FASSBENDER, H. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Costa Rica, CATIE. 32 p.
13. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1972. Atlas nacional de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1.000,000. Color.
14. _____ 1983. Diccionario geográfico de Guatemala. tomo 3, 810 p.
15. HUSCH, B. 1971. Planificación de inventarios forestales. Roma, FAO. 132 p.

16. KIESSLING, F. 1978. La investigación forestal en las unidades forestales. México, Instituto Nacional de la Investigación forestal. 16 p.
17. KLEPAC, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas boscosas. 2 ed. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 365 p.
18. LEIVA P., J. 1990. Prueba de especies forestales y métodos de reforestación en la parte alta de la cuenca del río Achiguate, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 40 p.
19. MARTINEZ, H.A. 1989. El componente forestal en los sistemas de fincas de pequeños agricultores. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 79 p.
20. MORAN B., H. 1988. Comparación productiva y económica de cultivos anuales y especies forestales con y sin asocio en los tres primeros años de manejo en San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 p.
21. NUFIO R., W. 1982. Caracterización preliminar de la cuenca del río Achiguate Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 165 p.
22. OBIOLS DEL CID, R. 1966. Mapa climatológico preliminar de la República de Guatemala; según el sistema de Thorntwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1: 1.000,000. Color.
23. PADILLA, A. 1985. Resultados preliminares con especies para leña en la zona suroriental de Guatemala. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 5 p.
24. PINZON C., M. 1986. Comparación de dos métodos de reforestación con cuatro especies forestales en la parte alta de la cuenca del río Achiguate. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 p.
25. PLAN DE ACCION FORESTAL PARA GUATEMALA. 1992. Documento base de trabajo. Guatemala. 210 p.
26. REICHE, C. 1985. La leña en el contexto socioeconómico de América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 14 p.
27. ————. 1990. La economía del cultivo de árboles de uso múltiple. Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico no. 20, 193 p.
28. SALAZAR, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de las especies de uso múltiple. Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico no. 20. 193 p.
29. SIMMONS, CH.S.; 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 Pineda Ibarra. 1000 p.



Vo. Bo. Rolando Barridos.

11. APENDICES

CUADRO 15A. Rendimiento de leña verde, (estéreos/parcela neta) de cada especie forestal con socio y sin socio a los cinco años de edad en San Andrés Itzapa, Chimaltenango, 1992.

TRATAMIENTO	B L O Q U E		
	I	II	III
Ana	2.040	2.205	0.795
Aa	2.605	1.260	0.802
Ena	1.791	3.270	1.725
Ea	1.935	2.175	2.580
Cna	0.978	1.246	0.821
Ca	0.683	0.714	0.715

CUADRO 16A. Rendimiento de leña verde, (estéreos/parcela neta) de cada especie forestal con socio y sin socio a los cinco años de edad en Farramos, Chimaltenango, 1992.

TRATAMIENTO	B L O Q U E		
	I	II	III
Ana	1.138	1.273	1.233
Aa	1.140	1.300	1.665
Ena	2.750	3.305	2.835
Ea	3.230	3.540	3.000
Cna	0.975	1.017	1.124
Ca	1.230	1.020	1.131

CUADRO 17A. Rendimiento de maíz (kg/parcela neta) por tratamiento durante cuatro años (1987-1990) en San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	B L O Q U E		
	I	II	III
Aa	65.7	47.0	51.5
Ea	46.0	36.9	33.5
Ca	87.9	88.7	76.4
T	79.4	79.5	65.1

CUADRO 18A. Rendimiento de maíz (kg/parcela neta) por tratamiento durante cuatro años (1987-1990) en Parramos, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	B L O Q U E		
	I	II	III
Aa	47.1	38.6	51.9
Ea	44.9	31.0	51.6
Ca	58.3	66.9	72.2
T	79.7	116.0	110.8

CUADRO 19A. Rendimiento de frijol (kg/parcela neta) por tratamiento durante cuatro años (1987-1990) en San Andrés Itzapa, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	B L O Q U E		
	I	II	III
Aa	7.2	9.1	4.2
Ea	13.8	8.1	7.8
Ca	26.0	29.1	18.0
T	19.7	18.7	21.8

CUADRO 20A. Rendimiento de frijol (kg/parcela neta) por tratamiento durante cuatro años (1987-1990) en Parramos, Chimaltenango.

TRATAMIENTO	B L O Q U E		
	I	II	III
Aa	8.5	8.1	7.8
Ea	11.5	6.4	7.2
Ca	26.0	19.5	18.5
T	27.5	26.2	25.1

CUADRO 21A. Análisis de varianza para rendimiento de leña verde apilada (estéreos/parcela) de los tratamientos asociados y no asociados a los cinco años, en San Andrés Itzapa.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	5	6.154	1.232	3.51*	3.33
Bloques	2	1.067	0.534		
Error	10	3.509	0.351		
Total	17	10.730			

CV = 38.6%

CUADRO 22A. Análisis de varianza para rendimiento de leña verde apilada (estéreos/parcela) de los tratamientos asociados y no asociados a los cinco años, en Parramos.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	5	17.632	3.526	48.35*	3.33
Bloques	2	0.024	0.012		
Error	10	0.729	0.073		
Total	17	18.386			

CV = 14.3%

CUADRO 23A. Análisis de varianza combinado para rendimiento de leña verde apilada (estéreos/parcela) de los tratamientos asociados y no asociados a los cinco años, en San Andrés Itzapa y Parramos.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	5	20.616	4.123	18.58*	2.71
Bloques	4	1.091	0.272		
Sitio	1	0.859	0.859	3.87 NS	4.35
Trat. x sitio	5	2.970	0.594	2.68 NS	2.71
Error	20	4.439	0.221		
Total	35	29.976			

CV = 27.2%

CUADRO 24A. Análisis de varianza para rendimiento de maíz (kg/parcela) por tratamiento, durante cuatro años, en San Andrés Itzapa.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	3	3735.38	1245.12	46.26*	4.76
Bloques	2	344.60	172.30		
Error	6	161.48			
Total	11	4241.47			

CV = 8.21%

CUADRO 25A. Análisis de varianza para rendimiento de maíz (kg/parcela) por tratamiento, durante cuatro años, en Parramos.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	3	6752.92	2250.97	17.40*	4.76
Bloques	2	404.54	202.27		
Error	6	776.07	129.34		
Total	11	7933.53			

CV = 17.7%

CUADRO 26A. Análisis de varianza combinado para rendimiento de maíz (kg/parcela) por tratamiento, durante cuatro años en San Andrés Itzapa y Parramos.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	3	8705.66	2901.88	37.14*	3.49
Bloques	4	749.14	187.28		
Sitio	1	5.41	5.41	0.069 NS	4.75
Trat. x sitio	3	1782.64	94.21	7.60*	3.49
Error	12	937.55	78.12		
Total	23	12180.41			

CV = 12.8%

CUADRO 27A. Análisis de varianza para rendimiento de frijol (kg/parcela) por tratamiento, durante cuatro años, en San Andrés Itzapa.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	3	617.30	205.76	17.05*	4.76
Bloques	2	33.26	16.63		
Error	6	72.41	12.06		
Total	11	722.98			

CV = 22.7%

CUADRO 28A. Análisis de varianza para rendimiento de frijol (kg/parcela) por tratamiento, durante cuatro años, en Parramos.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	3	761.99	253.99	85.18*	4.76
Bloques	2	33.45	16.72		
Error	6	17.89	2.98		
Total	11	813.34			

CV = 10.7%

CUADRO 29A. Análisis de varianza combinado para rendimiento de frijol (kg/parcela) por tratamiento, durante cuatro años en San Andrés Itzapa y Parramos.

FV	gl	SC	CM	F	Ft(0.05)
Tratamientos	3	1305.00	435.00	57.80*	3.49
Bloques	4	66.71	16.76		
Sitio	1	3.22	3.22	0.43 NS	4.75
Trat. x sitio	3	74.29	24.76	3.29 NS	3.49
Error	12	90.31	7.52		
Total	23	1539.55			

CV = 17.5%

Cuadro 30A. Detalle de los Costos de Producción (Q/ha) por tratamiento asociado y no asociado, (Almullterengo 1992.-)

T R A T A M I E N T O

	A01	A2	E01	E2	G01	G2	T
Año 1. Costos Variables							
a. Labores							
-Preparación terreno	136.0	146.0	136.0	146.0	136.0	146.0	146.0
-Siembra de maíz	---	116.0	---	116.0	---	116.0	116.0
-Siembra de frijol	---	60.0	---	60.0	---	60.0	60.0
-Plantación de árboles	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	---
-Limpias	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0
-Fertilizaciones	---	84.0	---	84.0	---	84.0	84.0
-Calzas	---	234.0	---	234.0	---	234.0	234.0
-Cosecha de cultivos	---	205.0	---	205.0	---	205.0	205.0
b. Insumos							
-Semilla de maíz	---	70.0	---	70.0	---	70.0	70.0
-Semilla de frijol	---	95.0	---	95.0	---	95.0	95.0
-Plantas Forestales	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	---
-Fertilizante	---	300.0	---	300.0	---	300.0	300.0
Costos Fijos							
-Arrendamiento	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
-Costos de Almac.	60.0	147.4	60.0	147.4	60.0	147.4	107.0
Año 2. Costos Variables							
a. Labores							
-Preparación terreno	---	136.0	---	136.0	---	136.0	146.0
-Siembra de maíz	---	116.0	---	116.0	---	116.0	116.0
-Siembra de frijol	---	60.0	---	60.0	---	60.0	60.0
-Limpias	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0
-Fertilizaciones	---	84.0	---	84.0	---	84.0	84.0
-Aspersiones	---	88.0	---	88.0	---	88.0	88.0
-Calzas	---	234.0	---	234.0	---	234.0	234.0
-Cosecha de cultivos	---	205.0	---	205.0	---	205.0	205.0
b. Insumos							
-Semilla de maíz	---	70.0	---	70.0	---	70.0	70.0
-Semilla de frijol	---	95.0	---	95.0	---	95.0	95.0
-Fertilizante	---	300.0	---	300.0	---	300.0	300.0
-Festicida	---	75.0	---	75.0	---	75.0	75.0
Costos Fijos							
-Arrendamiento	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
-Costos de Almac.	60.0	147.4	60.0	147.4	60.0	147.4	107.0
Año 3. Costos Variables							
a. Labores							
-Preparación terreno	---	136.0	---	136.0	---	136.0	146.0
-Siembra de maíz	---	116.0	---	116.0	---	116.0	116.0
-Siembra de frijol	---	60.0	---	60.0	---	60.0	60.0
-Limpias	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0
-Fertilizaciones	---	84.0	---	84.0	---	84.0	84.0
-Calzas	---	110.0	---	110.0	---	110.0	110.0
-Cosecha de cultivos	---	110.0	---	110.0	---	110.0	110.0
b. Insumos							
-Semilla de maíz	---	70.0	---	70.0	---	70.0	70.0
-Semilla de frijol	---	95.0	---	95.0	---	95.0	95.0
-Fertilizante	---	100.0	---	100.0	---	100.0	100.0
Costos Fijos							
-Arrendamiento	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
-Costos de Almac.	60.0	147.4	60.0	147.4	60.0	147.4	107.0
Año 4. Costos Variables							
a. Labores							
-Preparación terreno	---	136.0	---	136.0	---	136.0	146.0
-Siembra de maíz	---	116.0	---	116.0	---	116.0	116.0
-Siembra de frijol	---	60.0	---	60.0	---	60.0	60.0
-Limpias	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0	204.0
-Fertilizaciones	---	84.0	---	84.0	---	84.0	84.0
-Calzas	---	100.0	---	100.0	---	100.0	100.0
-Cosecha de cultivos	---	90.0	---	90.0	---	90.0	90.0
b. Insumos							
-Semilla de maíz	---	70.0	---	70.0	---	70.0	70.0
-Semilla de frijol	---	95.0	---	95.0	---	95.0	95.0
-Fertilizante	---	100.0	---	100.0	---	100.0	100.0
Costos Fijos							
-Arrendamiento	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
-Costos de Almac.	60.0	147.4	60.0	147.4	60.0	147.4	107.0
Año 5. Costos Variables							
a. Labores							
-Aprovechamiento árboles	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	---
Costos Fijos							
-Arrendamiento	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0
-Costos de Almac.	60.0	147.4	60.0	147.4	60.0	147.4	107.0
COSTO TOTAL DE PRODUCCION EN LOS CINCO AÑOS	5302.2	10108.1	5302.2	10108.1	5302.2	10108.1	7886.0

Quadro 31A. Resultados de los análisis de suelo por tratamiento realizados en el primer año de establecimiento en el sitio experimental de San Andrés Itzapa.--

TRATAMIENTO	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	II P	P ppm	K	Ca meq/100 ml de suelo	Mg
Ana	59.09	21.55	19.02	Franco-Arenoso	6.23	3.45	267.0	5.57	0.93
Aa	56.09	24.55	19.36	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.13	7.56	262.0	5.88	0.99
Eaa	56.43	23.21	20.36	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.16	7.44	267.6	6.70	1.44
Ea	55.76	23.21	21.02	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.20	4.88	311.0	5.77	1.12
Ona	58.76	22.21	19.02	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.23	7.81	358.0	5.86	1.05
Ca	59.4	21.21	19.36	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.20	17.97	274.3	9.83	1.81
T	49.76	28.21	22.0	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.23	10.54	263.0	5.92	1.05

Quadro 32A. Resultados de los análisis de suelo por tratamiento realizados en el quinto año de establecimiento en el sitio experimental de San Andrés Itzapa.--

TRATAMIENTO	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	II P	P ppm	K	Ca meq/100 ml de suelo	Mg
Ana	64.34	20.0	15.66	Franco-Arenoso	6.20	5.00	265.0	6.87	1.50
Aa	63.25	20.0	16.72	Franco-Arenoso	6.20	6.93	328.0	6.86	1.75
Eaa	59.07	32.49	17.77	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.40	10.77	260.0	6.55	1.64
Ea	63.28	20.0	16.72	Franco-Arenoso	6.30	10.14	320.0	6.55	1.75
Ona	59.07	23.16	17.17	Franco-Arenoso	6.30	8.21	328.0	6.24	1.65
Ca	50.65	26.32	23.03	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.30	6.93	300.0	6.55	1.75
T	52.76	27.37	19.87	Franco-Arcilloso-Arenoso	6.30	53.80	228.0	7.17	1.95

Quadro 33A. Resultados de los análisis de suelo por tratamiento realizados en el primer año de establecimiento en el sitio experimental de Farranos.-

TRATAMIENTO	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	pH	P ppm	K	Ca meq/ 100 ml de suelo	Mg
Ana	65.72	21.30	12.68	Franco-Arenoso	6.2	6.55	176.70	3.99	0.62
Aa	63.98	23.02	13.01	Franco-Arenoso	6.2	9.76	151.60	4.66	0.67
Ena	65.32	22.33	12.35	Franco-Arenoso	6.1	7.79	165.60	4.43	0.64
Ea	63.20	23.21	13.58	Franco-Arenoso	6.0	8.33	158.0	4.42	0.63
Ona	66.65	20.67	12.68	Franco-Arenoso	6.1	8.70	150.0	4.36	0.64
Ca	64.86	22.44	12.60	Franco-Arenoso	6.1	14.52	184.30	4.90	0.87
T	62.98	23.09	13.92	Franco-Arenoso	6.1	11.07	164.30	5.06	0.96

Quadro 34A. Resultados de los análisis de suelo por tratamiento realizados en el quinto año de establecimiento en el sitio experimental de Farranos.-

TRATAMIENTO	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	pH	P ppm	K	Ca meq/100 ml de suelo	Mg
Ana	69.60	18.95	11.45	Franco-Arenoso	6.00	8.21	275.0	7.17	1.95
Aa	76.97	13.68	9.35	Franco-Arenoso	6.00	10.14	253.0	6.55	1.54
Ena	75.92	16.84	7.24	Franco-Arenoso	6.30	15.28	303.0	6.24	1.70
Ea	75.92	13.68	10.40	Franco-Arenoso	6.30	8.21	260.0	6.86	1.80
Ona	80.13	11.58	8.29	Franco-Arenoso	6.30	7.57	260.0	8.11	1.85
Ca	79.07	11.58	9.35	Franco-Arenoso	6.40	12.06	232.0	6.86	1.80
T	75.92	16.84	7.24	Franco-Arenoso	6.50	12.06	430.0	6.55	1.70



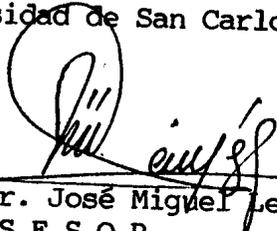
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES
BAJO DOS METODOS DE REFORESTACION EN SAN ANDRES ITZAPA
Y PARRAMOS, CHIMALTENANGO"

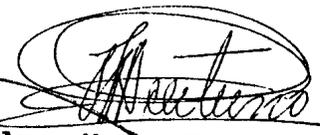
DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: OSWALDO MORALES ZECEÑA

CARNET No: 82-12145

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Candelario Méndez
Ing. Agr. Waldemar Nufio
Ing. Agr. Oscar Núñez

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. José Miguel Leiva
A S E S O R


Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno
A S E S O R


Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


Ing. Agr. Efraim Medina Guerra
D E C A N O



c.c.Control Académico
Archivo
/pr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01901 GUATEMALA, C. A.
TELEFONO: 769794 • FAX (5022) 769675