

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



"EVALUACION PRELIMINAR DE CUATRO ESPECIES PARA LEÑA
EN EL BOSQUE LA PRIMAVERA"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO
EN ORIENTACION BOSQUES
P R E S E N T A
ROBERTO NOVELO GONZALEZ
Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 1990



LABORATORIO
BOSQUE LA PRIMAVERA
CENTRO DE DOCUMENTACION
E INFORMACION



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección **ESCOLARIDAD**...

Expediente

Número ... **0575/90**

5 de Septiembre de 1990

C. PROFESORES:

M.C. ARTURO CURIEL BALLESTEROS, DIRECTOR
Q.F.B. SANDRA LUZ TOLEDO GONZALEZ, ASESOR
ING. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

"EVALUACION PRELIMINAR DE CUATRO ESPECIES PARA LERA EN EL BOSQUE LA PRIMAVERA"

presentado por el (los) PASANTE (ES) ROBERTO NOVELO GONZALEZ

han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

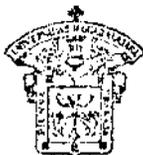
ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO


ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

srd'

MEM

Al contestar este oficio citar el número y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD
Expediente
Número 0575/90

5 de Septiembre de 1990

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)
ROBERTO NOVELO GONZALEZ

titulada:

"EVALUACION PRELIMINAR DE CUATRO ESPECIES PARA LEÑA EN EL BOSQUE LA
PRIMAVERA"

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

M.C. ARTURO CURIEL BALLESTEROS

ASESOR

ASESOR

Q.F.B. SANDRA LUZ TOLEDO GONZALEZ

ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

srd'

mam

Al contestar este oficio, cifrese fecha y número

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara, que me formó profesionalista y dio su apoyo económico para la realización de esta tesis, a través de su Departamento de Investigación Científica y Superación Académica.

A todas, las personas que, me brindaron su apoyo en un momento determinado.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	6
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
3.1. Problemática mundial de la escasez de leña.....	7
3.2. Demanda de leña en México.....	13
3.3. Optimización de la leña como una alternativa de solución al problema dendroenergético.....	18
3.4. Plantaciones para la producción de leña.....	21
3.4.1. Realización.....	23
3.4.2. Manejo.....	24
3.4.3. Características deseables en las especies para leña.....	29
3.5. Investigación en materia de leña	31
3.5.1. Algunas especies con potencial para la producción de madera combustible.....	31
3.5.2. Investigación sobre leña en México.....	37
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
4.1. Antecedentes de la plantación.....	41
4.2. Descripción del área de estudio.....	42
4.2.1. Ubicación.....	42
4.2.2. Clima.....	42
4.2.3. Suelo.....	44
4.2.4. Fisiografía.....	44

4.2.5. Hidrología.....	44
4.2.6. Vegetación.....	45
4.2.7. Geología.....	39
4.3. Procedimiento experimental.....	46
4.3.1. Diseño experimental.....	46
4.3.2. Plantación.....	47
4.3.3. Replantación.....	52
4.3.4. Mantenimiento y control.....	52
4.3.5. Observaciones.....	52
5. RESULTADOS.....	55
5.1. Análisis de incrementos absolutos.....	57
5.1.1. Incrementos absolutos de altura.....	57
5.1.2. Incrementos absolutos de diámetro.....	60
5.1.3. Incrementos absolutos de volumen.....	63
5.2. Análisis de incrementos relativos.....	67
5.2.1. Incrementos relativos de altura.....	67
5.2.2. Incrementos relativos de diámetro.....	69
5.2.3. Incrementos relativos de volumen.....	71
5.3. Análisis de sobrevivencia.....	75
5.3.1. Sobrevivencia de la plantación original.....	75
5.3.2. Sobrevivencia de la replantación.....	76
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
6.1. Conclusiones.....	79
6.2. Recomendaciones.....	81
7. LITERATURA CITADA.....	82
APENDICE.....	88

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1. Características de las especies evaluadas.....	48
2. Requerimientos ambientales de las especies evaluadas.....	49
3. Silvicultura de las especies evaluadas.....	50
4. Usos principales de las especies evaluadas.....	51
5. Medias aritméticas de los incrementos absolutos y relativos en altura, diámetro y volumen de las especies consideradas.....	56
6. Analisis de varianza de incrementos absolutos en altura.....	58
7. Analisis de varianza de incrementos absolutos en diámetro.....	62
8. Analisis de varianza de incrementos absolutos en volumen.....	65
9. Analisis de varianza de incrementos relativos en altura.....	69
10. Analisis de varianza de incrementos relativos en diámetro.....	71
11. Analisis de varianza de incrementos relativos en volumen.....	72
12. Analisis de varianza de la sobrevivencia seis meses después de la plantación inicial.....	76
13. Analisis de varianza de la sobrevivencia a los seis meses de efectuada la replantación.....	77

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Tendencia de la producción mundial de madera 1963-83 (Tomado de Worl Resources Institute and International Institute for Enviroment and Depelopment, 1986).....	7
2. Localización de las parcelas para leña.....	43
3. Valores absolutos de altura.....	59
4. Valores absolutos de diámetro.....	61
5. Valores absolutos de volumen.....	66
6. Valores relativos de altura	68
7. Valores relativos de diámetro.....	70
8. Valores relativos de volumen.....	73

RESUMEN

Dada la problemática prevista de escasez de leña y considerando el deterioro del medio ambiente originado por la deforestación -propiciada en parte por la recolección de madera combustible-, se estableció, en el Bosque La Primavera, una plantación para evaluar el potencial dendroenergético de las especies Casuarina equisetifolia, Eucalyptus camaldulensis, Grevillea robusta y Pinus Douglasiana y se determinó preliminarmente su crecimiento y sobrevivencia durante el lapso comprendido entre febrero de 1989 y febrero de 1990.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (especies) y tres repeticiones (parcelas). Las variables cuantificadas fueron altura total, diámetro basal, volumen y sobrevivencia; las tres primeras se expresaron como incrementos absolutos (crecimiento en cm y cm³) y como incrementos relativos (tasas de crecimiento), en tanto que la sobrevivencia se determinó como porcentaje.

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación indicaron los siguientes incrementos absolutos: En cuanto a altura, casuarina fue la de mayor incremento (84 cm), seguida por eucalipto (60 cm), grevillea (34 cm) y,

finalmente, pino (28 cm). Por lo tocante a diámetro, los mayores incrementos correspondieron a pino (1.1 cm) y eucalipto (1.1 cm), seguidos por casuarina (1.0 cm) y grevilea (0.7 cm). Por lo correspondiente a volumen, casuarina fue la mayor (135 cm³), en segundo lugar el eucalipto (91 cm³), en tercero el pino (91 cm³) y en último lugar la grevilea (43 cm³).

Las tasas de crecimiento fueron como sigue: En cuanto a altura, los mayores incrementos relativos correspondieron a eucalipto (95%), seguido por casuarina (87%), pino (74%) y grevilea (70%). Por lo concerniente a diámetro, el de mayor incremento porcentual fue eucalipto (198%), enseguida casuarina (181%), luego pino (138%) y por último grevilea (120%). En volumen, eucalipto nuevamente ocupó el primer lugar (1753%), en tanto que casuarina ocupó el segundo (1577%), pino el tercero (952%) y grevilea el último lugar (845%).

Por lo anterior se deduce que, si bien casuarina manifestó mayores incrementos absolutos de altura y de volumen, el eucalipto tuvo un crecimiento más rápido en cuanto a las tres dimensiones consideradas; el pino, por su parte, aunque tuvo un incremento absoluto de diámetro superior a las demás especies evaluadas, presenta menores tasas de crecimiento que casuarina y eucalipto, y es, sin embargo, mejor a grevilea, que fue la especie de la cual se

registraron (con excepción de su valor absoluto de altura) los menores incrementos absolutos y relativos, durante el tiempo de evaluación.

Por lo referente a sobrevivencia, ésta fue evaluada seis meses después de la plantación inicial y seis meses después de la replantación parcial de las parcelas, efectuada tras un año de establecidas.

Los valores de sobrevivencia de la primera plantación fueron: pino 69%, eucalipto 65%, grevillea 65% y casuarina 52%.

La sobrevivencia de la replantación fue como sigue: pino 91%, eucalipto 89%, casuarina 88% y grevillea 88%.

Las principales causas de mortandad fueron el ataque de insectos defoliadores (hormiga arriera y chapulín) y el estrés por sequía, que se hicieron más graves debido a la presencia de malezas en el área.

Los diferentes resultados en cuanto a sobrevivencia se debieron a un cambio en el manejo de la plantación a partir de iniciar el periodo de muestreo con que fue determinado el crecimiento.

1. INTRODUCCION

En su "Plan de Manejo del Bosque La Primavera", al aludir la problemática de la madera para combustible, Curiel Ballesteros (1988) afirma que en el siglo XVIII, en Tlajomulco, el derribo del arbolado se realizaba para la elaboración de carbón y como combustible casero o para los hornos de ladrillo. De igual manera menciona que a fines del siglo pasado se extraían del bosque carbón y ocote y que a inicio del presente siglo la deforestación causada por el aprovisionamiento de madera para la producción de carbón se agravó por la proliferación de aserraderos (en su mayoría clandestinos) y la tala efectuada para elaborar durmientes.

Actualmente, el Bosque La Primavera, ubicado en la zona centro de Jalisco, presenta una deforestación acelerada que, entre otras cosas, deteriora el medio ambiente y coarta las perspectivas de desarrollo socioeconómico de sus habitantes. Una de las causas de esto es la extracción de leña debida a que existen poblaciones dentro de La Primavera, donde el abastecimiento de gas para cocinar es remoto y/o donde se utiliza la leña para ciertas industrias familiares como ladrilleras y panaderías.

Es menester, entonces, dar alternativas de uso que hagan posible la satisfacción de las necesidades dendroenergéticas, sin el detrimento de los recursos forestales y su ecología.

Una propuesta para solucionar en parte este problema es el establecimiento de plantaciones destinadas a la producción de leña con especies de rápido crecimiento, que permitan subsanar el abasto de combustible y contribuyan a resarcir el medio ambiente.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Proporcionar alternativas que hagan posible disminuir la deforestación causada en el Bosque La Primavera, por la demanda de madera combustible.

2.2. Objetivo particular

Evaluar durante un año el comportamiento de las especies Casuarina equisetifolia, Eucalyptus camaldulensis, Grevillea robusta y Pinus Douglasiana, establecidas con fines dendroenergéticos en el Bosque La Primavera.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Las especies probadas tienen cuando menos una cualidad que las hace recomendables para la producción de leña en el Bosque La Primavera.

2.1.2. Las especies evaluadas manifiestan durante un año incrementos significativos que permiten diferenciarlas entre sí.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1. Problemática mundial de la escasez de leña

La madera ha sido desde los comienzos de la cultura hasta fines del siglo XVIII, el combustible más importante y aun en la actualidad se queman grandes cantidades de este material, para generar energía (Kollmann, 1959).

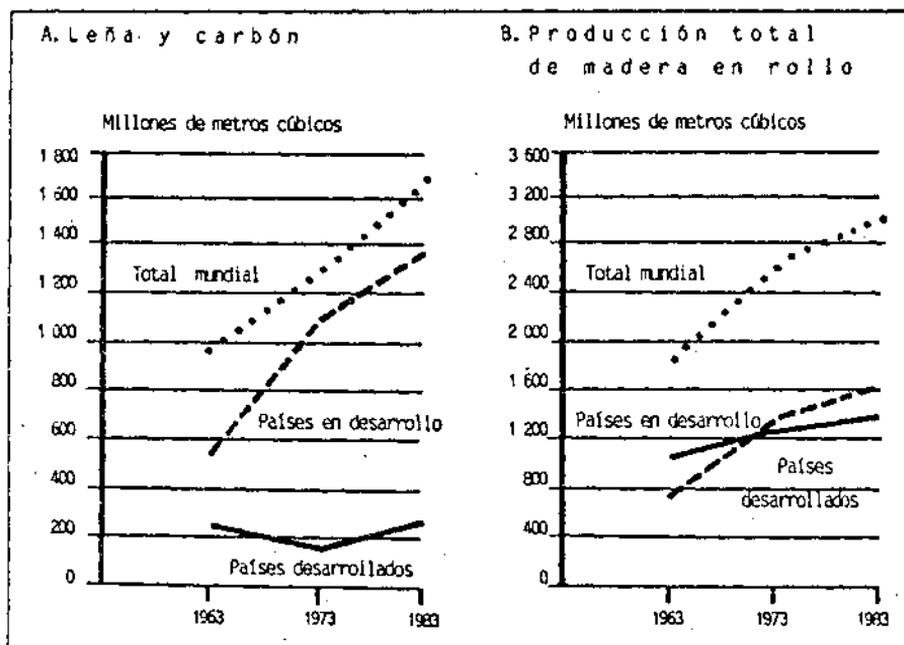


Figura 1. TENDENCIA EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE MADERA, 1963-83.

NOTA: "Producción" es madera extraída, no incremento anual de árboles en los bosques.

A mediados de los años 40's, la producción global de leña y carbón fue de cerca del 52% de la producción total de madera en rollo. En los siguientes 15 años, la producción de madera industrializada aumentó más rápido que la producción de leña y esta última declinó sostenidamente para fines de los 50's a una baja del 41%. Pero, desde entonces, el aumento de la demanda llevó el uso de la leña y el carbón hasta el 54% del total de la producción de madera en rollo. Aunque la producción de rollo aproximadamente se triplicó en los últimos 35 años, la "producción" de madera combustible se incrementó aún más (World Resources Institute and International Institute for Environment and Development, 1986).

Globalmente, la cantidad de madera cosechada aumentó de 1.8 a 3.0 billones de m³/año entre 1963 y 1983. La mayor parte de este incremento ha ocurrido en los países en desarrollo por la demanda de leña y otros productos de la madera. A nivel mundial, el incremento de la recolección de leña se considera de 83% del aumento total de madera en rollo extraída durante los últimos 10 años (Ver figura 1) (World Resources Institute and International Institute for Environment and Development, 1986).

En los países en vías de desarrollo, la biomasa proporciona del 40% al 90% de la energía que se usa y, en los menos desarrollados, el consumo de leña alcanza 95% del

consumo total de energía (Goldemberg, 1985). Mundialmente, por lo menos el 50% de la madera que se corta es aprovechada como leña o carbón y es destinada básicamente a la preparación de alimentos (FAO, 1980 citada por Sánchez, 1988; National Academy of Sciences, 1984; Salazar, 1984-c).

Tres cuartas partes de la población de los países en desarrollo, satisfacen sus necesidades domésticas de energía con leña y otros combustibles tradicionales, originando una creciente demanda, aunada al alza de los combustibles fósiles (FAO, 1981; National Academy of Sciences, 1980). Actualmente 20 países en Africa, 12 en Asia y 7 en Latinoamérica (entre los que destacan Brasil, México y Colombia) consumen como combustible 80% ó más de la producción total de madera (World Resources Institute and International Institute for Environment and Development, 1986).

En América Latina, aproximadamente el 50% de la población total depende de la leña para cocinar (Sánchez, 1988) y una quinta parte de dicha población usa únicamente leña como fuente de energía (MacGughey y Gregersen, s.f.). Para mucha gente de bajos recursos la madera es el principal combustible, por lo que muchas regiones presentan una escasez crítica; pero los usuarios no recurren a otros combustibles porque no cuentan con los ingresos necesarios o porque no están localmente disponibles (MacGughey y

Gregersen, s.f.). En Centroamérica, el problema es todavía más grave porque la población que depende de la leña, es un 80% de la población total (Reiche, 1985, citado por Espinoza, 1989).

El alto consumo de la madera combustible permanece en la mayoría de los países en desarrollo, porque ha sido considerada un bien libre que sólo requiere colectarse. Pero aproximadamente 1.5 billones de personas en 63 países o cerca del 60% de la gente que depende de la madera para cocinar y calentar su hogar, están cortándola con mayor rapidez que aquella con la que crece; la merma de la leña es más seria en las zonas áridas y semiáridas y en las frías áreas montañosas. Aproximadamente 100 millones de personas en 22 países no pueden cubrir sus necesidades mínimas ni aun con la corta exagerada de los vestigios de bosques (World Resources Institute and International Institute for Environment and Development, 1986).

Tradicionalmente el abastecimiento de leña -tanto a nivel rural como urbano- ha venido básicamente de la vegetación natural y de especies leñosas asociadas con cultivos tradicionales. No obstante, el grado de deterioro al que han llegado estas fuentes está causando un incremento considerable en el costo que debe pagarse por el producto o la cantidad de horas que deben dedicarse a la recolección y acarreo de la leña (Salazar, 1984-b). En ciertos lugares,

mujeres y niños, deben pasar 300 días por año recolectando combustibles bióticos (World Resources Institute and International Institute for Environment and Development, 1986); y en el Africa oriental, por ejemplo, es común caminar hasta 100 km de ida y vuelta para recoger la leña (Manzava, 1981, citado por Sánchez, 1988).

Además, el incremento demográfico -superior al crecimiento de nuevos árboles- agrava la deforestación que, junto con el sobrepastoreo, es la actividad de mayor impacto sobre los suelos forestales. Estas actividades no solamente causan erosión, también inciden en el ecosistema afectando particularmente el agua y la fauna silvestre. (Sánchez, 1988).

En algunas áreas, la merma de los bosques ha incitado la plantación de árboles especialmente multiusos; sin embargo, no en todos los países en desarrollo se están efectuando plantaciones, y esto se debe más a causas de tipo social y político que de orden tecnológico (Noronha, 1981, citado por Sánchez, 1988); las legislaciones forestales, por ejemplo (siendo generalmente restrictivas), han producido más daño a los bosques, de lo que han podido hacer para usarlos racionalmente y conservarlos (Martínez, 1989).

Por otra parte, si no disminuye la presente tasa de consumo, el déficit estimado de leña doblará hacia el año 2,000, el equivalente de 56% de la producción actual en todos los países en desarrollo (World Resources Institute and International Institute for Environment and Development, 1986). Y es posible que la demanda de energía a largo plazo no se pueda suministrar si no se desarrollan los recursos renovables, de entre los cuales debe sobresalir la madera, porque el suministro de otras formas de energía (como la energía atómica, la geotérmica y la solar) resultan antagónicas a otros intereses humanos o requieren de tecnologías sofisticadas (Goldemberg, 1985; Sánchez, 1989).

Es por ello que la energía potencial, para los países poco industrializados, es principalmente la dendroenergía, que es barata, renovable, no peligrosa, social y culturalmente importante. Si ésta se desarrolla silvícolamente, plantea otros beneficios ecológicos y sociales, pues es un recurso-reserva susceptible de emplearse en los más diversos fines; por ejemplo, la producción de electricidad o como combustible para la industria (Sánchez, 1989).

La leña, lejos de estar pasada de moda, se ha convertido en una reconocida fuente de energía y su demanda va a aumentar enormemente en las próximas décadas: los

productos de la madera probablemente seguirán siendo el combustible universal más importante para las áreas rurales de los países en vías de desarrollo (National Academy of Sciences, 1984).

3.2. Demanda de leña en México

En México, la leña es el energético más accesible para la mayoría de los habitantes de las comunidades rurales (Pérez, 1989); ésta, junto con los desechos animales y vegetales, proporciona el 80% del total de energía consumida en el sector rural de México (Wonezek y Gerald, 1983, citado por Sánchez, 1988) y cerca del 40% de la población total la utiliza como único combustible (Ugalde, 1981).

Aunque el uso principal de la leña es en la preparación de alimentos y más del 80% de las familias que la consumen la emplea para este fin (Espinoza, 1989), otras de sus aplicaciones son: para la calefacción e iluminación de las viviendas, como combustible en ladrilleras, panaderías, trapiches y hornos de alfarería, y para proporcionar energía térmica a procesos pecuarios e industriales, como el de la celulosa o el de la fabricación de tableros aglomerados.

Desafortunadamente en los estudios de las necesidades energéticas de nuestro país, este recurso no ha sido tomado debidamente en cuenta a pesar de su disponibilidad, renovabilidad y bajo costo (Gómez, 1985); es común subestimar las necesidades de leña porque el problema parece esencialmente local (Quintanar, 1989), pero, si los recursos dendroenergéticos llegaran a escasear o a faltar, como ya sucede en algunas zonas del país, esto podría tener un costo ecológico y social muy alto que no ha sido debidamente previsto (Gómez, 1985).

En 1958 se estimó que el consumo de leña y carbón era de cuando menos 8 millones de m³ anuales, de los cuales 550 mil m³ eran convertidos en carbón (Banco de México, S.A., 1958).

De 1960 a 1970, la utilización de la leña disminuyó del 64.8% al 43.1%, al mismo tiempo que aumentaba (del 17.5% al 43%) el número de usuarios de gas licuado o electricidad (Ugalde, 1981).

Durante 1978, la producción de madera aprovechada en México fue de 8.1 millones de m³, de los cuales el 7.9% (640 mil m³) se destinó a leña; pero se estima que hubo un consumo no registrado en el sector rural de 8 millones de m³, cuyo valor es casi equivalente a la producción maderable de ese mismo año (Ugalde, 1981).

El Censo General de Población de 1970 había registrado 3.4 millones de viviendas que consumían leña o carbón como única forma de combustible, este valor representó el 44.2% del total nacional. En 1980, se registraron 3.6 millones de viviendas con la misma característica, las cuales representaron el 27.8% del total nacional, por tanto, aparentemente hubo una disminución respecto a la década anterior (Sánchez, 1988).

No obstante, la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (1988, citada por Espinoza, 1989), señala que la estructura energética nacional rural en México se apoya principalmente en el uso de la leña combustible (69.15%). En nuestro país, el consumo total de leña significa la utilización de más de 15.69 millones de toneladas anuales y el consumo rural medio es de 54.02 kg mensuales (Espinoza, 1989; Quintanar, 1989). La oferta es menor que la demanda y, a nivel comparativo, el consumo doméstico de madera supera en un 54% a los volúmenes aprovechados de madera controlada (Dirección General para el Desarrollo Forestal, citado por Sánchez, 1988).

La cantidad de leña empleada depende de varios factores tales como el nivel de desarrollo de la comunidad, su número de habitantes, el estado de los caminos de acceso, el nivel educativo, el clima y la vegetación. Los consumos más elevados de leña en el país, corresponden a los climas

más fríos, a las comunidades más pequeñas y peor comunicadas y a las personas con menor ingreso económico. Así pues, los consumos familiares de leña más altos son los de las regiones Norte, Golfo Norte y Pacífico Sur del país, mientras que los menores consumos corresponden a la zona centro. (SEMIP, 1988 citado por Espinoza, 1989; Quintanar, 1989).

Para tener una idea respecto a lo que representa la leña en algunas regiones de México, se mencionan a continuación cuatro casos particulares:

En los bosques tropicales caducifolios del Estado de Puebla, las poblaciones marginadas que carecen de tierras de regadío, utilizan casi en su totalidad la leña como fuente única de energía. Además, económicamente la venta de leña significa para algunas personas hasta el 80% de sus ingresos (Sánchez, 1988).

Chiapas, donde el 91% de la energía consumida en el medio rural proviene de la leña y se estima un consumo diario por persona de 2.480 Kg, es uno de los estados de la República de mayor consumo bioenergético (Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, 1987, citado por Sánchez, 1988)

En el Altiplano Potosino (donde el combustible se obtiene a partir de la colección y el derribo ramas secas, el

volumen medio colectado por familia/mes es de 300 Kg y existe un consumo medio de 185 Kg/mes) en promedio dos personas recolectan en 3 horas 100 Kg de leña, pero hace cinco años la distancia recorrida para su obtención era de 2.4 Km y actualmente es de 4.2 Km.(Castillo, Ramírez y Aparicio 1989).

En la Mixteca alta, la leña se usa en el 91% de los hogares y por ello el recurso está cortándose más de lo que se produce. En esta zona, el tiempo que se destina a la recolección de madera para combustible es de aproximadamente 48 horas por mes por familia y la distancia media de colecta es de 6 Km (Castellanos, 1989).

Un aumento en la demanda de madera y, en menor grado, las quemas repetidas y el pastoreo excesivo, aceleran la tasa de deforestación y degradación de los bosques; lo que pone en peligro el suministro de leña en el medio rural (Moreno y Garay, 1989). Puesto que la demanda de combustible en México rebasa las posibilidades de producción actual de los ecosistemas, es urgente crear nuevas alternativas para satisfacerla, entre las cuales están las plantaciones energéticas con especies de rápido crecimiento. (Espinoza, 1989).

3.3. Optimización de la leña como una alternativa de solución al problema dendroenergético

Además de conservar las fuentes de madera para combustible, es necesario aumentar la productividad de los recursos actuales y hacer un uso más eficaz de la energía, mejorando las técnicas de transformación (Goldemberg, 1985). Un aspecto preponderante en cuanto a esto último es la utilización de mejores estufas para leña.

El fuego abierto puede extraer sólo el 10% de la energía de la madera, las estufas perfeccionadas probablemente puedan lograr una eficiencia general de entre 20% y 30% y tienen el potencial para reducir la leña de 5 a 10 veces (National Academy of Sciences, 1984; MacGughey y Gregersen, s.f.).

La Estufa Roti, en Indonesia, consiste en hacer un hoyo debajo del suelo, en dirección horizontal, como una madriguera, con una abertura a cada extremo; el fuego se prende en la abertura grande, y la pequeña sirve para corriente de aire. Encima se perfora con huecos circulares en los cuales se colocan las ollas (Cook, 1773, citado por National Academy of Sciences, 1984).

En el Sureste de Asia, se usa un tipo de estufa para carbón manufacturada con chatarra. Un balde exterior de

lámina le da durabilidad y proporciona acoplamiento a una maniqueta; una capa en el medio, llena con ceniza y arcilla actúa como amortiguador si la estufa se golpea; la parte inferior de la estufa y de la caja para la ceniza es de arcilla cocida; la parrilla de adentro es de arcilla y es reemplazable (National Academy of Sciences, 1984).

Chulah, un tipo de estufa hindú, se construye con arena y arcilla para acomodar diferentes cantidades y tamaños de ollas, y ha sido objeto de mucha investigación en la India durante los últimos 40 años (National Academy of Sciences, 1984).

La estufa Lorena, perfeccionada en Guatemala, está hecha con una mezcla de arcilla y arena y se puede construir a un costo muy bajo. El diseño Lorena ha sido reproducido o adaptado en África oriental, Java, Nepal, Estados Unidos y por toda América Latina (National Academy of Sciences, 1984); de esta estufa se dice que ahorra hasta un 50% de energía, además de producir menos humo en la cocina (Sánchez, 1988)

En México, la dirección General para el Desarrollo Forestal ha iniciado el proyecto de estufas rurales, empleando el modelo Lorena con algunas modificaciones a cada región; con esto se busca reducir la cantidad de leña

empleada y el impacto de esta actividad en el suelo forestal (Sánchez, 1988).

En la Primera Reunión Nacional Sobre Dendroenergía (1989), se presentó un nuevo diseño de estufa rural (realizado en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León) que se construye utilizando materiales de la región (Alanís, Jiménez y Rocha, 1989) y se dijo que una estufa adecuada ahorra combustible, disminuye el peligro de incendios y contribuye a evitar las enfermedades gastrointestinales y el riesgo de quemaduras; pero antes que nada se requiere la aceptación por parte de la gente, porque la tradición sigue siendo el principal obstáculo para el uso de nuevas estufas.

La calidad de la madera también determina el poder de combustión. El secado apropiado de la madera (a un contenido de humedad de 20% a 35%) redonda en la producción de más calorías por unidad de tiempo y reduce la necesidad de madera en un 20% o más (National Academy of Sciences, 1984). Valores de humedad mayores al 25% disminuyen el poder calorífico* y las temperaturas del horno y los gases que al no quemarse bien, producen hollín (Kollmann, 1959). Es

* Se llama poder calorífico al calor desprendido por kilogramo de combustible en combustión completa a la presión constante de 1 kg/cm², a cuyo efecto son enfriados de nuevo los productos de la combustión hasta la temperatura de partida (0 C).

deseable la característica de algunas especies que ardan verdes (especialmente donde hay urgencia de combustible), puesto que en otros casos, para asegurarse que la madera está seca se recomienda rajarla y almacenarla durante seis meses (National Academy of Sciences, 1984).

La mayor densidad de la madera es el indicador más general de su calidad como combustible, pero algunas especies con alto poder calorífico son de baja densidad y viceversa, dado que algunas sustancias, como gomas, aceites y resinas, aumentan el calor cerca de un 20% . (Moreno y Garay, 1989). La madera enferma y podrida pierde valor como combustible, por lo que son importantes la durabilidad natural y la resistencia a hongos (Kollmann, 1959; National Academy of Sciences, 1984).

3.4. Plantaciones para la producción de leña

La situación en cuanto a leña en los países en vías de desarrollo puede mejorarse a través del manejo adecuado de la vegetación natural en los sitios donde es factible o por medio del cultivo premeditado de árboles y arbustos de rápido crecimiento que satisfagan la creciente demanda de energía y protejan al suelo de la erosión (National Academy of Sciences, 1984; Salazar, 1984-b).

Prácticamente en todas partes, los pueblos han utilizado erróneamente, o no utilizado del todo, los terrenos donde se pueden plantar árboles; el cultivo intensivo de pequeños bosques puede ayudar a proporcionar una buena cantidad de la leña que se necesita, con los beneficios sustanciales de un ambiente mejorado (National Academy of Sciences).

Por otra parte, es necesario mejorar en términos de ordenación, los aprovechamientos dendroenergéticos (Sánchez, 1988) y modificar las legislaciones forestales dándoles un nuevo enfoque de promoción del uso racional de los bosques naturales y participación de las comunidades en el manejo de los mismos; así como estimular mediante incentivos a la reforestación, facilitando la participación de la iniciativa privada en las actividades forestales (Martínez, 1989). Igualmente, dar a los poseedores de la tierra alternativas de solución a sus problemas económicos para que la propuesta de realizar plantaciones dendroenergéticas, forrajeras y silvofrutícolas pueda tener éxito (Sánchez, 1988).

En cuanto a los bosques plantados, se ha destacado el papel que juegan los sistemas agroforestales y las especies de uso múltiple en las fincas de pequeños y medianos productores, como parte del sistema productivo de las mismas (Martínez, 1989). La agroforestería es una práctica de uso de la tierra que implica la combinación de árboles

forestales con cultivos, ganadería o ambos en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal, con interacciones significativas ecológicas y/o económicas entre los componentes. Su objetivo es buscar la máxima producción por unidad de superficie, respetando siempre el principio de rendimiento continuo (Combe y Budowski, 1979; citados por Sánchez, 1988; Kaap, Gerald, 1989, citados por Martínez, 1989).

3.4.1. Realización

Para que tengan éxito, los programas de madera para combustible deben ajustarse a la estructura social de la localidad donde se van a establecer las plantaciones. La integración de la producción de leña con otras actividades agrícolas puede ayudar a asegurar y mantener el interés local, disminuir los costos y balancear el desarrollo de las comunidades a través del suministro de energía. Es conveniente, pues, involucrar a las personas del área rural en el cultivo de árboles para satisfacer sus propias necesidades, así como para proteger las tierras en las que viven y crían a su ganado. (National Academy of Sciences, 1984). La práctica de plantar especies leñosas con créditos gubernamentales, utilizando materiales de la zona y mano de obra de la comunidad, puede ser una manera práctica y eficiente de resolver a mediano plazo el

problema energético de las familias rurales de bajos ingresos (MacGughey y Gregersen, s.f.).

Hay una serie de alternativas para producir leña, como plantaciones puras o en combinación con cultivos o pastos. Los árboles se pueden cultivar en bosques protectores, tierras comunales y patios, o se pueden plantar para doble propósito en cercas vivas y cortinas rompevientos, o para sombra en cultivos agrícolas o potreros. (National Academy of Sciences, 1984; Salazar 1984-b-c). Las especies de crecimiento rápido y aptas para leña pueden establecerse en las mismas parcelas del agricultor, sin quitar campo para sus actividades normales de pastoreo o agricultura. (De las Salas, 1985; Martínez, 1989) e inclusive en áreas no forestales como caminos, tierras en desuso, cementerios, escuelas, atrios y parques. (National Academy of Sciences, 1984).

3.4.2. Manejo

Las plantaciones para leña, si se administran cuidadosamente y se protegen, pueden ser autorrenovables. Generalmente se manejan en rotaciones de aproximadamente 10 años (mucho menos en regiones tropicales húmedas) según la calidad del suelo, las especies usadas, la temperatura, la humedad disponible y la intensidad de manejo. Las rotaciones de menos de 5 años parecen ser factibles en muchas áreas,

especialmente para las especies que se producen por rebrote (National Academy of Sciences, 1984).

Las técnicas de manejo lógicamente están encaminadas a aumentar el rendimiento de las plantaciones. Según el tipo de producto deseado se deben considerar aspectos como: especie, métodos de preparación del terreno, métodos y fechas de plantación, prácticas de fertilización, riego y mantenimiento, mejoramiento genético, espaciamiento y turno (Salazar, 1984-c; Capó, 1989).

Es conveniente considerar que la planificación de las actividades económicas debe tomar en cuenta el agua como factor limitante (Sánchez, 1988) y que algunas prácticas silviculturales (como control de malezas, incendios, plagas y enfermedades) además de ser básicos en cualquier tipo de plantación, pueden aumentar la producción en gran medida (Salazar, 1984-b; National Academy of Sciences, 1984).

Para la producción intensiva de leña, se pueden usar especies nativas con algunas labores de preparación del terreno o especies nativas y exóticas de rápido crecimiento sobre terrenos de máxima calidad, con riegos de auxilio y otras labores pertinentes (Capó, 1989). A veces, la reforestación se basa en especies extranjeras con mayor potencial y características superiores de crecimiento (Goldemberg, 1985).

La producción de leña requiere de información como: necesidades de mercado, especies potenciales, disponibilidad de semilla y técnicas de vivero, condiciones del sitio, necesidades de la especie, sistemas de plantación y sistemas de manejo. Conceptos que, para la mayoría de las especies para leña, no son bien conocidos por lo que son necesarias investigaciones para definir las condiciones óptimas (Salazar, 1984-c).

Aunque hay información sobre fertilización, densidades, semillas mejoradas, etc., es más conveniente, para optimizar la producción al máximo, hacer estudios para cada especie en particular, para diferentes condiciones de clima y suelo (Salazar, 1984-b).

La investigación respecto a leña involucra aspectos como densidad, fertilización, limpiezas, raleos, podas, rebrotes, turno, rendimiento y otras actividades de manejo. (Bauer, 1982). Para identificar las áreas de producción disponibles se considera: a) el mejoramiento de árboles con un crecimiento excepcional de especies aceptables para leña, b) plantaciones de ensayos de las mejores especies nativas para combustible y c) plantaciones de ensayo de especies exóticas seleccionadas (National Academy of Sciences, 1984). Si no existe información referente a especies, es necesario hacer estudios para determinar las más adecuadas, mediante la secuencia: a) fase de eliminación, b) fase de

prueba c) fase de comprobación y d) plantaciones piloto (Salazar, 1984-c).

Para la identificación regional de especies arbóreas y arbustivas de mayor valor dendroenergético, y de su significado económico, se recomienda partir de encuestas, colectas botánicas, experimentos en vivero y plantaciones (Sánchez y Domínguez, 1989). Para la comparación entre especies promisorias (exóticas y nativas), deben realizarse ensayos de adaptabilidad que determinen su respuesta a los diferentes sitios, condiciones de crecimiento, altitudes, temperaturas, condiciones de humedad y plagas; esto indicará las ventajas relativas y las limitaciones de cada una (National Academy of Sciences, 1984). Actualmente, se experimenta en ensayos formales* con especies exóticas sin manejo y también con especies nativas y en distintas condiciones ecológicas (Bauer, 1982).

En todos los ensayos con especies exóticas, se deben incluir las especies locales para establecer comparaciones. Las características de los árboles que deben evaluarse incluyen tasas de crecimiento, resistencia a plagas y propiedades de la madera. (National Academy of Sciences, 1984; Salazar, 1984-d).

*Ensayo formal: experimento que incluye diseño experimental, repeticiones y tratamientos (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1984).

En una plantación para leña como en cualquier otro tipo de plantación forestal es necesario establecer parcelas permanentes para evaluar periódicamente el crecimiento (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1984). La evaluación de diámetro a la altura del pecho y altura total indicarán la tasa de crecimiento de la plantación; si no se dispone de tablas de rendimiento, éste no se podrá evaluar (Salazar, 1984-c).

El establecimiento de las parcelas debe hacerse en terrenos uniformes, pero si esto no es factible, las parcelas rectangulares orientadas en dirección contraria a la gradiente que se observa en el sitio, son más recomendables ya que reducen el efecto de la variación (Salazar, 1984-d).

En un árbol o en una parcela es necesario evaluar aquellas variables que permitan conocer con mayor exactitud el crecimiento y rendimiento de la especie, o su respuesta a determinado tratamiento. Para leña, pueden cuantificarse las siguientes variables: altura total (h), diámetro a la altura de pecho (dap), diámetro basal (db), diámetro de copa y número de ejes (Salazar, 1984-d).

En términos generales, cuando se trata de pruebas de eliminación de especies, pruebas de comparación de especies o pruebas de procedencias, son importantes la

sobrevivencia y el crecimiento inicial; evaluaciones de sobrevivencia a los tres y seis meses darán información adecuada y permitirán realizar replantes. El crecimiento debe ser evaluado cada seis meses durante los primeros dos años; luego puede realizarse cada año hasta cinco años, para continuar realizando mediciones cada cinco años si es necesario. Las mediciones deben practicarse al principio y al final de la época lluviosa, o únicamente al principio si las mediciones se realizan cada año (Salazar, 1984-d).

La comparación de las experiencias obtenidas en las plantaciones piloto proporcionará las bases para las decisiones sobre el establecimiento y utilización de las plantaciones para leña y permitirá hacer las predicciones de éxito económico. (National Academy of Sciences, 1984). Las parcelas demostrativas se establecen para despertar el interés de agricultores, industrias e instituciones, al tiempo que se generan datos de investigación y sirven las parcelas para actividades de extensión y capacitación (Bauer, 1982).

3.4.3. Características deseables en las especies para leña

Para la producción de leña, se pueden utilizar especies que, por sus características (tronco retorcido, corto, madera que se tuerza o raje al secarse, etc.), pueden no ser aptas para los usos tradicionales de la madera, pero hay que

procurar que no sean especies con espinas, porque éstas dificultan el transporte. Las especies más prometedoras son a menudo aquellas nativas que resisten mejor el constante pastoreo, corta, quema y degradación de los suelos; aunque su vigor y adaptabilidad las convierten en malezas potenciales. (National Academy of Sciences, 1984).

Algunas cualidades deseables son: rápido crecimiento, capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, capacidad de rebrote (disminución de costos de producción), resistencia a plagas y enfermedades, aceptación local, propósito múltiple (potencial en otros usos), capacidad para producir madera de alto valor calorífico que arda fácilmente y sin producir chispas ni humo tóxico, buena adaptación a diferentes condiciones (de suelo, altitud, precipitación, etc.), fácil establecimiento, facilidad de manejo en el vivero y en el campo y poca necesidad de cuidado (Burley, 1978; William, 1977, citados por Sánchez, 1988; National Academy of Sciences, 1984; Ugalde, 1981).

Los árboles plantados para leña reducen la erosión, influyen en la temperatura y humedad originando ambiente estable y placentero, restituyen (en algunos casos) y redistribuyen los elementos esenciales del suelo, proporcionan refugio para especies silvestres y sombra para determinados cultivos, permiten el recargo de agua al suelo (disminuyendo la probabilidad de inundaciones y la

acumulación de sedimentos en los embalses) y pueden ser fuente de otros productos como frutos, miel, forraje, taninos, abono, medicamentos, etc. (FAO, 1983, Sánchez, 1986, citados por Sánchez, 1988; National Academy of Sciences, 1984).

3.5 Investigación en materia de leña

3.5.1. Algunas especies con potencial para la producción de madera combustible

Especies arbóreas que hasta hace muy pocos años tenían escaso valor ahora son objeto de sofisticadas investigaciones y, en ocasiones, son el fundamento de vastos programas de establecimiento de plantaciones energéticas de rotación corta (Salazar, 1984-a)

La National Academy of Sciences publicó una recopilación de características de árboles y arbustos para la producción de energía entre los cuales se encuentran especies de los géneros: Acacia, Ainus, Bursera, Calliandra, Casuarina, Eucalyptus, Gliricidia, Gmelina, Guazuma, Hematoxylon, Leucaena, Mimosa, Pinus, Prosopis y Tectona, entre otras.

En Costa Rica se han identificado varias especies forestales adecuadas para la producción de leña, tales

como: Mimosa scabrella ("mimosa"), Inga spp ("guaba") y Calliandra calothyrsus ("caliandra") que además de leña sirve como sombra en cafetales. Casuarina cunninghamiana ("casuarina"), Gliricidia sepium ("madero negro") y Cupressus lusitanica ("ciprés") se usan en cercas vivas y cortinas rompevientos. En plantaciones puras, se han obtenido resultados satisfactorios con Eucalyptus saligna, E. camaldulensis, Gmelina arborea ("melina") y Tectona grandis ("teca"); finalmente, Guasuma ulmifolia ("guacimo") y Alnus jorullensis ("jád") han dado buen resultado en combinación con pastos (Canet, 1986, citado por Sánchez, 1988).

Leucaena diversifolia tolera suelos ácidos y produce forraje. Los árboles de esta especie alcanzan hasta 20 m y, en Guatemala, a nivel experimental, plantaciones establecidas a 2m X 2m han rendido 20 tm/ha/año de leña seca y 6.5 tm/ha/año de forraje verde (Salazar, 1984-a).

Calliandra calothyrsus es una especie de muy rápido crecimiento y con una excelente capacidad de rebrote que produce leña con un poder calorífico de 19,180 Kj/Kg (4,600 cal/kg) (National Academy of Sciences, 1980). En Costa Rica se obtuvo una producción con esta especie, de 12 tm/ha/año a los dos años con densidades de 2 500 árboles/ha (Salazar, 1984-a).

Otra de las especies más promisorias en materia dendroenergética es Leucaena leucocephala, que es originaria de México y de amplia distribución. Este árbol crece rápidamente y es muy eficaz para la fijación de nitrógeno, tiene capacidad de rebrote, es bueno como forraje, incorpora materia orgánica mejorando la estructura del suelo y es recomendable para sitios con fuertes pendientes, pobres y secos (Salazar, 1984-a). Su producción fluctúa entre 30 y 40 m³/ha/año (Ugalde, 1983, Weaver, 1979 citados por Sánchez, 1988) y produce madera de alto poder calorífico (18 300 kJ/kg de leña). Estudios preliminares realizados con variedades gigantes de Leucaena demuestran una producción de leña de 40 a 80 tm/ha/año (Revilla, 1982, citado por Salazar, 1984-a).

MacGughey y Gregersen (s.f.) destacan que en Brasil, país donde se planta un millón de hectáreas de Eucalyptus de rápido crecimiento, hay numerosas plantaciones de dicho género de las que pueden esperarse hasta 30 a 35 m³/ha/año para la producción de carbón en la industria siderúrgica.

Chang y Bauer (1985) reportan para Nicaragua los siguientes resultados de altura total a los dos años: Azadirachta indica 4.0 m, Prosopis juliflora 3.8 m, Leucaena leucocephala 3.3 m y Gliricidia sepium 3.2 m. Además encontraron que sólo en el caso de Eucalyptus camaldulensis la altura promedio, a los nueve meses, pasaba de 1.0 m, y

corroboraron, en un ensayo de eliminación, la necesidad de arado y el uso de plantas con mayor diámetro para asegurar alguna sobrevivencia en suelos vérticos y vertisoles.

Padilla (1985) determinó el comportamiento de especies para leña en Guatemala, entre las que destacan Eucalyptus camaldulensis, Leucaena leucocephala, Gmelina arborea y Casuarina equisetifolia. De entre los resultados que obtuvo, pueden citarse los siguientes: Casuarina equisetifolia con alturas de 0.6 a 0.8 m y sobrevivencias de 83 a 87% a los seis meses, alturas de 1.4 m y sobrevivencia de 92% a los 24 meses, alturas de 4.6 m y sobrevivencia de 94% a los 36 meses, y alturas de 6.0 m y sobrevivencia de 92% a los 42 meses; Eucalyptus camaldulensis con alturas de 1.2 a 1.5 m y sobrevivencias de 76 a 88% a los seis meses, y altura de 2.3 m, diámetro a 1.30 m de 2.4 cm y 77% de sobrevivencia a los 17 meses.

Zambrana (1985) estudió once especies para leña en El Salvador, seleccionando a las más sobresalientes como C. calothyrsus, G. sepium y L. leucocephala. Para C. equisetifolia reportó alturas totales a los siete meses de 0.77 m a 1.66 m y sobrevivencias de 65% a 93%, en tanto que para E. camaldulensis registra alturas de 0.78 m a 2.2 m y sobrevivencias de 51% a 99% (con un promedio del 81%) a la misma edad. Además menciona que, independientemente de que se presentaron plagas que atacaron principalmente a E.

camaldulensis y a G. arborea, en esta investigación, C. equisetifolia y E. camaldulensis fueron de las especies sobresalientes en cuanto a crecimiento en altura.

Sandoval (1985) analizó el crecimiento inicial de E. camaldulensis en Honduras y notó que a los 18 meses, esta especie presenta 5 cm de dap y 5.5 m de altura, y 1.2 m en suelo degradado, aunque las plantaciones mostraron gran heterogeneidad con variaciones de entre 30% y 59% para el diámetro y 16% a 39% para la altura. Asimismo menciona el ataque de hormigas (Atta spp) y afirma que el crecimiento es mejor en suelos francos y con buen drenaje.

Fernandes y Galvao (1985) enuncian que los volúmenes estimados para E. crebra y E. camaldulensis, a una edad de cinco años, alcanzaron 24.3 m³/ha y 9.8 m³/ha, respectivamente, y citan a Barbier, quien obtuvo resultados de 5.3 m de altura y 84% de sobrevivencia para E. camaldulensis a los cuatro años de edad.

De las Salas (1985-a) estudió la importancia del factor suelo para las plantaciones energéticas y determinó un rendimiento de 25-30 m³/ha/año a los 10 años, para E. camaldulensis en suelos Oxisoles e Inceptisoles bien drenados. También afirma que los incrementos en volumen de especies energéticas establecidas en suelos de baja fertilidad pueden ser muy inferiores; un ejemplo de esto es

Leucaena leucocephala cuyo rendimiento en suelos infértiles es de sólo la mitad del registrado normalmente (30-40m³/ha/año) en suelos con mejor status nutricional.

Morán y Jonás (1985) probaron el comportamiento de especies arbóreas para leña en tres ambientes contrastantes de Panamá y observaron que las especies que mostraron mejor desarrollo fueron: E. camaldulensis en el medio ambiente favorable, A mangium en el intermedio y E. camaldulensis en el desfavorable; aunque en este último su desarrollo fue inferior al de los otros dos sitios. También indican que los factores que más influencia pueden haber tenido en el desarrollo son: fertilidad del suelo, pH, cantidad y distribución de la precipitación.

En cuanto a Casuarina equisetifolia, el Centro Agronómico de Investigación y enseñanza registra, para diferentes sitios de América Central, alturas promedio de 0.5 a 1.2 m y sobrevivencias del 50% al 68%, a los 12 meses; también reporta para la misma especie alturas promedio de 2.0 m, 2.4 m y 7.4 m, diámetros a la altura de pecho (1.30m) de 1.4 a 2.8 cm., y sobrevivencias de 69%, 95% y 33%, a los 24 meses. Asimismo, para Grevillea robusta, reporta alturas promedio de 0.4 m a los 15 meses, 1.6 m a los 16 meses, 0.5 m a los 17 meses y 1.1 m a los 43 meses.

3.5.2. Investigación sobre leña en México

En México la investigación en cuanto a leña, es poco más que incipiente; a pesar de ello, existen en diversas regiones de la República, múltiples investigaciones de índole social, económico e industrial respecto a los recursos bioenergéticos. Algunas de éstas fueron presentadas en la Primera Reunión Nacional sobre Dendroenergía, en la cual, por lo concerniente a especies, destacaron los siguientes trabajos:

Moreno y Garay (1989) realizaron un estudio cuyos objetivos fueron: detectar e identificar las especies leñeras en dos comunidades nahuas del Estado de Puebla y entre las dieciocho especies con potencial dendroenergético que analizaron destaca una del género Inga por tener un valor calorífico superior.

Alanís, Jiménez y Rocha (1989) enuncian, que, en los matorrales espinosos del noreste de México, se tiene preferencia por árboles que formen "buena brasa", tales como Prosopis laevigata (mezquite), Pitheccellobium ebano (ébano), Condalia hookeri (brasil) y Acacia farnesiana (huizache).

Espinoza (1988) probó una plantación de Acacia retinoides de 13 años de edad, ubicada en el Municipio de Texcoco, México, utilizando la metodología propuesta por

el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Costa Rica, en 1984; y obtuvo para esta especie un peso específico de 0.5307 g/cm³, un poder calorífico de 4,683.1 Kcal/Kg y un rendimiento de 84.824 ton/ha y 47.086 ton/ha, para leña verde y seca respectivamente.

En el Altiplano Potosino, Castillo, Ramírez y Aparicio (1989) realizaron un estudio para conocer la explotación de especies para leña y carbón e identificaron once especies utilizadas, de las cuales sobresalen Quercus spp y Prosopis spp, por su calidad como leña. Este último género, además de producir madera para aserrío y otros productos como miel, produce leña y carbón de excelente calidad que es altamente demandado tanto a nivel nacional como en el extranjero.

Rodríguez y Patiño (1989) efectuaron una investigación para determinar algunas especies adecuadas y las operaciones de cultivo necesarias para la producción de biomasa forestal, susceptible de usarse como leña o carbón, por las comunidades vegetales, mediante una metodología que consiste en estudios de procedencias, altura media y sobrevivencia, a partir de un diseño de bloques al azar, para la evaluación de las especies: Delonix regia, Leucaena leucocephala, Enterolobium cyclocarpum, Bursera simarruba, Piscidia comunis, Gloricidia sepium y Gmelina arborea

Dominguez y Romo (1989) al efectuar un estudio sobre podas, encontraron que en Pinus patula es recomendable podar a los 6 años de edad y usar los restos como combustible. Según estos autores es posible obtener 32.3 m³/ha de biomasa podando a 2.5 m de la altura del arbolado, 39.6 m³/ha podando a 3.3 m y 46.6 m³/ha podando a 4.0 m. Ellos concluyen que una poda a 2.5 m es rentable porque su producto se vende como leña, independientemente de los beneficios a la calidad de madera destinada al aserrío.

Foroughbackhch y Alanis (1989) indican que, bajo condiciones de plantación, L. leucocephala produce, a los cinco años, más volumen de madera (22.2 m³/ha) en comparación con Acacia farnesiana (14.5 m³/ha) y Pithecellobium pallens (6.4 m³/ha).

Sánchez, Moreno y Farfán (1989) estudiaron cuatro leguminosas indígenas del suroeste de Puebla y obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a poder calorífico a 0% de humedad: Acacia pennatula 4,504.3 cal/gr y A. cochliacantha 4,360.8 cal/gr. También obtuvieron los valores caloríficos de Lonchocarpus rugosus y Enterolobium sp., a un 12% de contenido de humedad, siendo éstos de 4,553.5 cal/gr y 4,131.2 cal/gr respectivamente.

Morales (1971, citado por Valencia y Capó 1989), en una prueba de especies realizada en "La Sauceda, Coahuila, reporta los mejores resultados para Eucalyptus camaldulensis con una sobrevivencia de 52% y una altura de 75 cm, después de un año.

Domínguez y Sánchez (1989) señalan que Mimosa scabrella ("bracatinga") -una especie originaria de Brasil, probada en los Municipios de Tepatlaxco y Zentla, Veracruz-, es excelente para leña y tiene usos múltiples (fija nitrógeno y produce papel, leña, forraje y sombra). Este árbol crece únicamente en altitudes entre 800 y 1,100 msnm, pero sus incrementos en altura son de casi un cm por día (incremento medio anual de 4.3 cm. en diámetro y de 3.59 m en altura).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Antecedentes de la plantación

La plantación fue realizada, por grupos de voluntarios, el mes de julio de 1988, en el Bosque Escuela de la Universidad de Guadalajara, en una superficie que, en décadas pasadas, se destinó a fines agrícolas y ganaderos. Desde su establecimiento se efectuaron mediciones de diámetro basal y altura, sin embargo, el manejo insuficiente que se tuvo originó mortandad considerable y deformación permanente de muchos árboles. Todo esto, aunado a la incertidumbre de los datos obtenidos, impidió poder hacer inferencias confiables a partir de las mediciones iniciales. No fue sino hasta 1989 cuando se comenzó a aplicar un manejo que permitió el control de malezas y, por añadidura, el de plagas defoliadoras que habían atrofiado en muchos casos las yemas terminales e inclusive trozado los tallos de los arbolitos, impidiendo su crecimiento normal.

En el mes de julio de 1989 se realizó la suplantación de aquellos individuos muertos y excesivamente dañados, en la cual, gracias a un manejo diferente, hubo un porcentaje de sobrevivencia mayor al registrado en la primera plantación.

Por todo lo anterior, el periodo inicial fue considerado como adaptivo y se hizo una depuración de los individuos monitoreados. Los datos del análisis son los correspondientes a las mediciones obtenidas a partir de febrero de 1989, pero sólo de aquellos árboles vivos que fueron establecidos originalmente y tuvieron un desarrollo normal.

4.2. Descripción del Área de estudio

4.2.1. Ubicación

La plantación se localiza en un lomerío de La Sierra La Primavera, a 20° 35' 00" de latitud norte, 103° 38' 00" de longitud oeste y 1550 msnm. Como queda dicho, fue realizada en el Bosque Escuela de la U. de G. y éste se encuentra en la parte suroeste del Municipio de Tala, Estado de Jalisco, 8 km al NE de Cuxpala, 1 Km al N de Latillas, 4.5 Km al NW de La Villita, 7 Km al NW de San Isidro Mazatepec y 4 Km al SW del Cerro de San Miguel (Fig. 2).

4.2.2. Clima

Según la clasificación de Köppen, modificada por E. García, la zona de estudio pertenece al subgrupo climático (A)C, es decir, templado semicálido con una temperatura

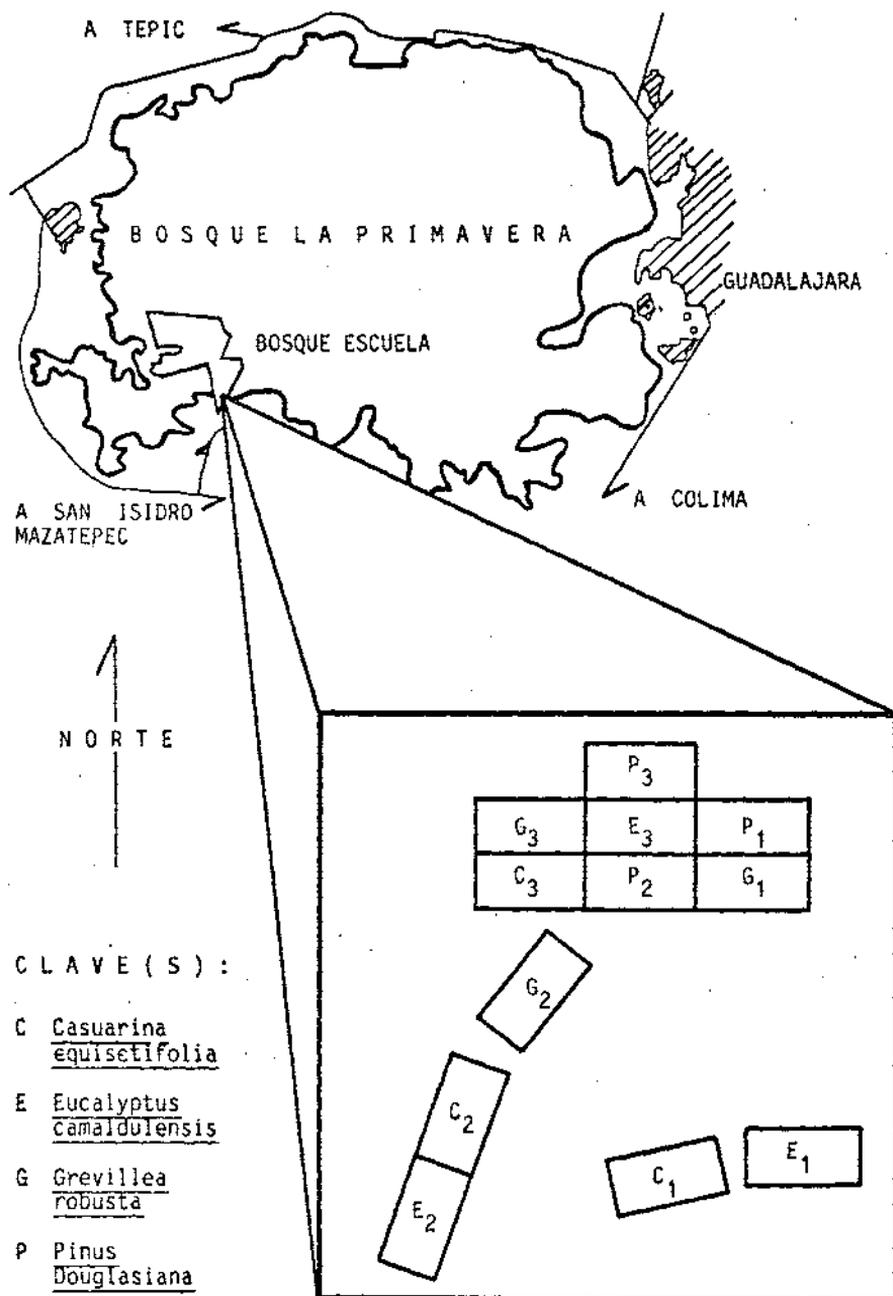


Figura 2. LOCALIZACION DE LAS PARCELAS PARA LEÑA.

media anual de 18.9 C; la temperatura media del mes más frío es de 0.5 C y la del mes más cálido de 37.5 C. La precipitación media anual es 835.7 mm y la evaporación media anual es de 2,213 mm (Estrada, 1986).

4.2.3. Suelo

El suelo del área de estudio presenta una erosión alta (50-200 Tm/ha/año) y, de acuerdo a la carta edafológica de Detenal, es Regosol eútrico.

El análisis de suelo, de la superficie donde se estableció la plantación, definió las siguientes características: textura franco arenosa, pH ácido (5.5-6.0), contenido de materia orgánica menor al 2% y fertilidad media (nitrógeno bajo, fósforo medio, potasio bajo).

4.2.4. Fisiografía

La plantación se encuentra en un lomerío cuya pendiente tiene un rango de 4% a 20%, con preponderancia de 7-12% que se considera ondulada.

4.2.5. Hidrología

Aproximadamente 600 metros al norte de la plantación corre un afluente del Arroyo Los Letreros.

4.2.6. Vegetación

El bosque natural de pino-encino, ocupa un 21 % de la superficie total del Bosque La Primavera (Curiel, 1988).

En el área de plantación existen las siguientes especies arbóreas: Cletra mexicana (malvaste), Ficus glaucences (zalate), Ficus continifolia (camichin), Quercus castanea (encino), Q. magnolifolia (roble), Q. rugosa (roble), Q. viminea (encino), Persea podadenia (laurel), Pinus michoacana (pino) y P. oocarpa (pino).

El estrato arbustivo lo constituyen: Acacia Farnesiana (tepame), A. pennatula (Huizache), A. tomentosa (Huizache chino), Hyptis albida (salvia), Leucaena sp (guaje), Opuntia spp (nopal), Pitecellobium dulce (guamuchil), Psidium guajava (guayabo), Verbesina greenmanii (capitaneja) y V. sphaerocephala (capitaneja) (Estrada, 1986).

4.2.7. Geología

Las rocas que componen el área son principalmente ígneas extrusivas de composición ácida, , tales como pómez, obsidiana, riolita, toba y brecha volcánica (Curiel, 1985 citado por Estrada, 1986); pero en el área experimental existe, además, cuarcita, que es una roca metamórfica.

4.3. Procedimiento experimental

4.3.1. Diseño experimental

El experimento fue analizado mediante un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (especies) y 3 repeticiones (parcelas).

Los 4 tratamientos fueron las especies Casuarina equisetifolia, Eucalyptus camaldulensis, Grevillea robusta y Pinus Douglasiana; para cada una de las cuales hubo 3 repeticiones que fueron parcelas de 49 árboles, conformadas por 7 líneas con 7 individuos cada una. Cabe señalar que esta metodología es la más indicada para estudios de comparación entre especies; así lo confirman las investigaciones de Padilla (1985), Salazar (1985), Sandoval (1985) y Zambrana (1985).

El sistema de plantación fue tresbolillo, con un distanciamiento de 2 m entre planta y planta. Las parcelas se asignaron aleatoriamente para cada especie y tuvieron un tamaño de 170 m².

De las cuatro especies consideradas en este trabajo de tesis, tres de ellas han sido reconocidas como adecuadas para la producción de leña, pero, en el caso de Pinus Douglasiana, al parecer no existe información respecto a su

potencial dendroenergético, sin embargo se sabe que, de entre los pinos del Bosque la Primavera, es el de más rápido crecimiento y mejor madera*; siendo pues una especie nativa, fungió como parámetro de comparación respecto a las otras tres que son exóticas.

Los cuadros 1, 2, 3 y 4 contienen la información compilada para las especies Casuarina equisetifolia, Eucalyptus camaldulensis y Grevillea robusta. Las referencias se obtuvieron de: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (1986), Martínez (1987), National Academy of Sciences (1984) y Salazar (1984).

4.3.2. Plantación

Para el establecimiento de las parcelas experimentales, se dispuso de un área de aproximadamente 1.5 hectáreas, en un parteaguas ceñido por dos cárcavas.

Los 588 arbolitos -147 de cada especie- tenían, al momento de la plantación, un año de edad aproximada y provenían del Vivero "El Centinela", del Municipio de Zapopan, Jalisco.

* Comunicación personal con Oscar F. Reyna, del Laboratorio del Bosque La Primavera de la Universidad de Guadalajara.

Cuadro 1. CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIES EVALUADAS.

	<u>Casuarina</u> <u>equisetifolia</u>	<u>Eucalyptus</u> <u>camaldulensis</u>	<u>Grevillea</u> <u>robusta</u>
Origen (distribución natural)	Bangladesh hasta Indonesia y Norte de Australia	Australia	Nueva Gales del Sur y Queensland
Poder calorífico (kcal/kg)	4,400-4,950	4,800	4,900
(kj/Kg)	20,700	20,000	20,400
Peso específico	0.80-0.95	0.60	0.57
Altura promedio (m)	15-30	24-40	12-20 (30)
Diámetro máximo promedio (cm)	20-50	100	30-90
Tipo de fuste	recto	recto (torcido)	recto
Caducifolia	siempre verde.	siempre verde	semidecíduo
Sistema radicular	medianamente profundo	profundo y amplio	medianamente profundo
Fijación de nitrogeno	si	no	-
Semillas por kg.	650,000-900,000	110,000-220,000	100,000 aprox
Rendimiento			
(ton/ha)	7.5-20 (Malasia)	6.2-18.5	crecimiento medio inicial
(m3/ha/año)	7-10	7-10 (30) (Israel) 20-25 (Argentina,	en altura de 2 m/año, en ciertos sitio

Cuadro 2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE LAS ESPECIES EVALUADAS.

	<u>Casuarina</u> <u>equisetifolia</u>	<u>Eucalyptus</u> <u>camaldulensis</u>	<u>Grevillea</u> <u>robusta</u>
Temperatura media anual (°C)	10-33	20-29	más de 20
Número máximo de heladas/año	1-3	hasta 20	plantas jóvenes no resisten heladas
Precipitación (mm/año)	700-2,000	400-1,200 (200-2,900)	1,000-1,500 (400-2,500)
Déficit hídrico (meses/año)	6-8	4-8	hasta 8. Plantas jóvenes no resisten sequía
Altitud (msnm)	hasta 2,500	hasta 1,500	hasta 2,300
SUELO			
Profundidad efectiva	moderada a profunda	profundos	profundos
Textura	arenosas a francas	arenosas a arcillosas	arenosas a francas
Compactación	no compactados	muy susceptible	no compactados
Drenaje	bueno	bueno (soporta inundaciones cortas)	bueno
pH	más de 5.0 (?) (alcalino a salino)	más de 5.0 (neutro a ácido)	más de 5.0 (?)
Órdenes	Alfisol, Entisol, Inceptisol, Ultisol		Alfisol, Entisol, Inceptisol, Mollisol

	<u>Casuarina</u> <u>equisetifolia</u>	<u>Eucalyptus</u> <u>camaldulensis</u>	<u>Grevillea</u> <u>robusta</u>
Regeneración natural	sí	sí	sí
Época colección de semillas en AC	marzo-mayo	junio-julio	desconocido
VIVERO			
Bolsa	sí	sí	sí
Raíz desnuda	probable	no	desconocido
Seudoestaca	desconocido		(estaca)
Siembra directa	no		no
PLANTACION			
Preparación del terreno	limpieza, arado	limpieza	limpieza
Control de maleza	sí	muy susceptible	sí
Espac. inicial (m X m)	2.0 X 2.0	2.5 X 2.5	2.5 X 2.5
Fertilización	(?)	sí	(?)
Raleos	sí		
Producción de rebrotes	nula o pobre	muy buena	no de capa
FACTORES LIMITANTES			
Ataque de insectos defoliadores	muy susceptible	muy susceptible	muy susceptible
Fuego	muy susceptible	resistente	
malezas en las etapas iniciales	muy susceptible	muy susceptible	susceptible
Compactación	susceptible	susceptible	
ramoneo	susceptible		
podrición de raíces	sí		
mala calidad de plántula	sí	sí	sí
vientos fuertes		sí	sí

Cuadro 4. USOS PRINCIPALES DE LAS ESPECIES EVALUADAS.

	<u>Casuarina</u> <u>equisetifolia</u>	<u>Eucalyptus</u> <u>complanata</u>	<u>Grevillea</u> <u>robusta</u>
LEÑA			
Leña verde	sí	no	desconocido
Quemado lento	sí	no	probable
Producción brasas	sí	sí	sí
Producción carbón	sí (7.200 cal/gr)	sí (6.000 cal/gr)	probable
MADERA			
Aserrio	no	sí	sí
Carpintería	no	semifina	semifina
Construcción	sí	sí	sí
Postes conducción	sí	sí	probable
Varas para agricultura	no	sí	no
Producción pulpa	sí	sí	sí
OTROS USOS			
Cerco vivo	sí	sí	sí
Cortina rompeviento	sí	sí	probable
Forraje	sí	sí (?)	no
Producción de miel	desconocido	sí	sí
Conservación de suelos	sí (estabilización de dunas)	sí	no
Sombra cultivos	sí	sí	sí
Asocio inicial cultivos	sí	sí	probable
Ornamental	sí	sí	sí
Otros productos	remos, jugos, ruedas, tintes taninos (6-8% en la corteza).		paneles, par ebanistería, durmientes.

4.3.3. Replantación

A pesar de que desde un principio hubo mortandad en las parcelas experimentales, la replantación parcial de éstas no se efectuó sino hasta julio de 1989 (durante el temporal de lluvias). En esta ocasión la planta provino del Vivero de la Facultad de Agricultura y el Laboratorio del Bosque La Primavera. Dicha planta era de buena calidad, estaba sana y sólo en el caso de Grevillea robusta, era muy pequeña (15 cm).

4.3.4. Mantenimiento y control

Las labores silviculturales, efectuadas fueron las de cajeteo y control de malezas y plagas; así como riego durante la temporada seca (utilizando recipientes de plástico, con un orificio en el fondo).

4.3.5. Observaciones

Las variables determinadas fueron diámetro basal, altura total, volumen y sobrevivencia, durante el periodo de evaluación (un año).

De los 10 individuos de cada parcela que se habían señalado aleatoriamente para ser monitoreados, se tomaron únicamente aquellos bien conformados y sanos que tenían registros confiables en cuanto a sus valores de altura total

y diámetro basal, correspondientes a las fechas de medición.

Las mediciones fueron efectuadas con cinta métrica para el caso de la altura total y con bernier para el caso del diámetro basal.

Las especificaciones que a continuación se enuncian, para la medición de alturas y diámetros, y para la cuantificación de sobrevivencia, son las propuestas por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en 1984 y por Salazar, en el mismo año; el volumen se determinó como una expresión que relaciona los valores de altura y diámetro y su empleo se discute en el capítulo siguiente (página 63).

4.3.5.1. Altura (h). El valor de altura no incluye la hoja terminal, se expresa en centímetros completos y sin decimales; en los casos que el árbol estaba arqueado, se colocó en posición vertical al momento de ser medido.

4.3.5.2. Diámetro basal (db). El valor del diámetro basal -medido a 10 cm del suelo- está expresado en centímetros.

4.3.5.3. Volumen (v). El volumen se determinó, para cada fecha, a partir de los datos de altura y diámetro individuales, en base a la fórmula del cono:

$$v = 0.261799 (h) (db^2)$$

4.3.5.4. Sobrevivencia. La sobrevivencia inicial fue evaluada en cada especie a partir del conteo de árboles vivos, expresado como porcentaje, a los seis meses de haberse hecho la plantación.

La sobrevivencia de la replantación fue el porcentaje de árboles vivos del total de suplantaciones efectuadas en cada especie. En este caso, los conteos de mortandad se realizaron a los tres y a los seis meses de haberse realizado la replantación y, en ambas ocasiones, su valor fue el mismo.

5. RESULTADOS

Las variables cuantificadas durante el periodo de estudio (febrero de 1989 a febrero de 1990) fueron altura total, diámetro basal, volumen y sobrevivencia. El Apéndice contiene los datos obtenidos, en cada fecha de muestreo, para diámetro basal y altura total de los árboles considerados en la evaluación. El cuadro 5 muestra los incrementos promedio -absolutos y relativos- en altura, diámetro y volumen de las cuatro especies probadas. La sobrevivencia se determinó tanto para la plantación inicial como para la replantación, dado que, a partir de 1989, se aplicó un manejo distinto en las parcelas experimentales.

Para cada variable se realizaron análisis de varianza y, cuando el valor de F calculada resultó significativo, también se hicieron pruebas de comparación de medias (Duncan alfa \neq 0.01).

Como podrá observarse, en ningún caso hubo diferencias estadísticamente significativas entre repeticiones, por lo que los resultados están referidos únicamente a los tratamientos (es decir, las especies) que, para nuestro caso particular, son, a fin de cuentas, lo importante.

Cuadro 5. MEDIAS ARITMETICAS DE LOS INCREMENTOS ABSOLUTOS Y RELATIVOS EN ALTURA, DIAMETRO Y VOLUMEN DE LAS ESPECIES CONSIDERADAS.

E S P E C I E	I N C R E M E N T O S A B S O L U T O S			I N C R E M E N T O S R E L A T I V O S		
	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	VOLUMEN (cm ³)	ALTURA (%)	DIAMETRO (%)	VOLUMEN (%)
<u>Casuarina equisetifolia</u>	84.375	1.034	135.470	86.70	180.60	1 577.07
<u>Fuec leptos camaldulensis</u>	60.000	1.076	90.860	95.20	198.50	1 751.47
<u>Grevillea robusta.</u>	34.182	0.738	43.000	70.10	120.15	844.79
<u>Pinus Douglasiana</u>	27.652	1.099	61.000	73.70	137.80	952.22

5.1. Análisis de incrementos absolutos

Se consideran valores absolutos los módulos obtenidos para las variables cuantificadas expresados en sus unidades. Los incrementos absolutos representan el crecimiento que tuvieron las especies durante un año, expresado en cm para diámetro y altura, y en cm³ para volumen.

5.1.1. Incrementos absolutos de altura

En el análisis de varianza realizado para los valores absolutos de altura (cuadro 6) se obtuvo un valor de F calculada altamente significativo, por lo cual se acepta la hipótesis alterna de que los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí respecto a esta variable.

Para saber cuáles eran las diferencias significativas entre especies, la prueba de Duncan mostró que: en cuanto a los incrementos absolutos de altura, la casuarina superó a los otros tres tratamientos y fue diferente a cada uno de ellos; en segundo término, el eucalipto fue distinto y menor a casuarina pero diferente y mayor a grevilia y pino; y estas dos últimas especies resultaron inferiores y diferentes a las dos primeras, pero estadísticamente similares entre sí.

Cuadro 6. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS ABSOLUTOS EN ALTURA.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	5 872.5008	1 957.5003	24.6985**
Repeticiones	2	523.4202	261.7101	3.3021
Error	6	475.5359	79.2559	
Total	11	6 871.4569		

El método de comparación de Duncan, para las medias aritméticas de los incrementos absolutos en altura, muestra los siguientes resultados:

DMS = 7.4869962 cm

Tratamiento	Promedio	
<u>Casuarina equisetifolia</u>	84.375 cm	a
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	60.000 cm	b
<u>Grevillea robusta</u>	34.182 cm	c
<u>Pinus Douglasiana</u>	27.652 cm	c

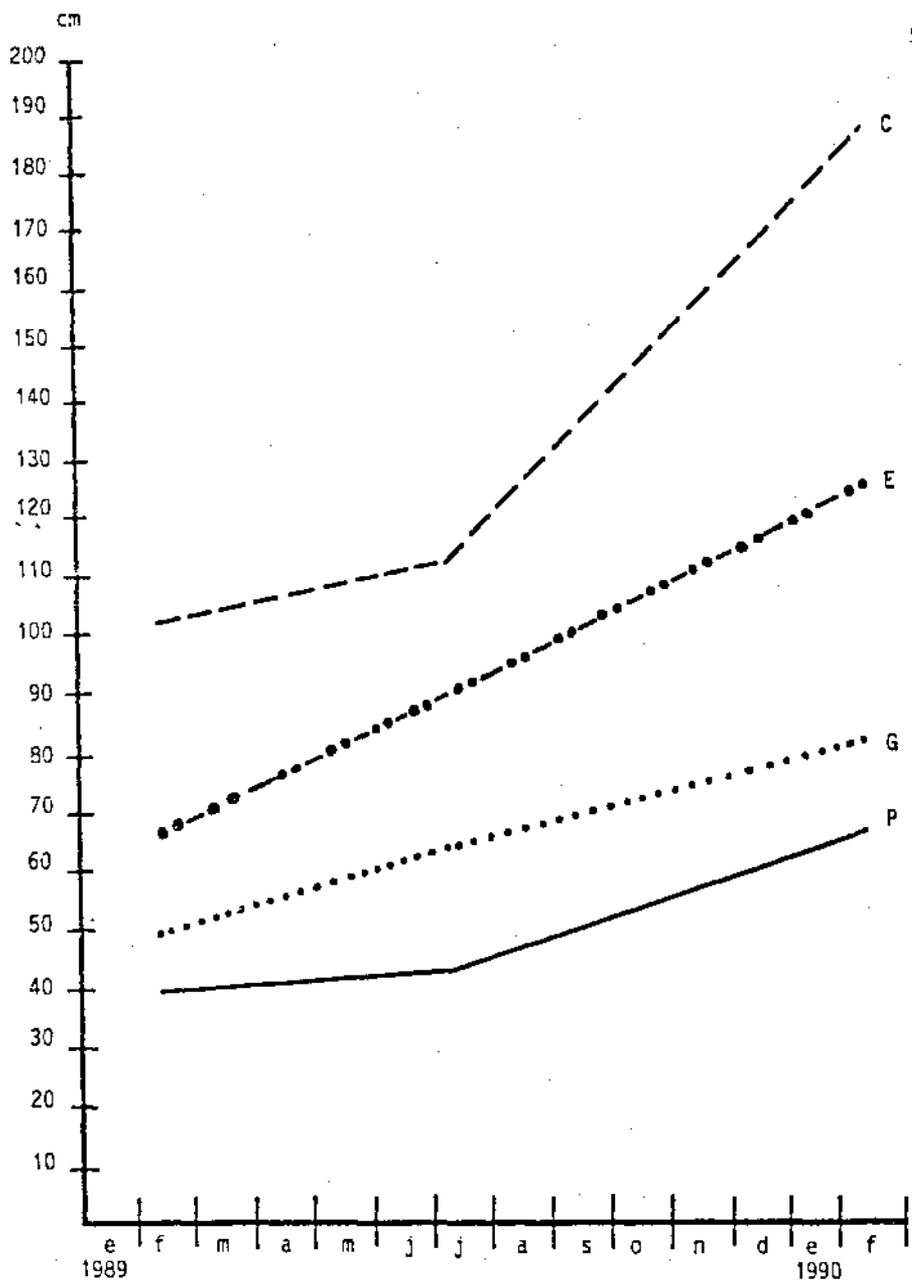


Figura 3. VALORES ABSOLUTOS DE ALTURA.

Como puede apreciarse, casuarina y eucalipto mostraron crecimientos bastante superiores a los manifestados por grevilea y pino, especialmente casuarina, cuyo incremento promedio en altura fue el mayor de todos. No obstante, cabe señalar que el tamaño de la planta, al momento de la primera medición, era distinto en cada especie; la casuarina partió de alturas hasta de 136 cm, en tanto que el pino tenía ejemplares desde 31 cm y lógicamente los árboles de mayor tamaño tuvieron, en condiciones normales, mayores incrementos. Otro aspecto que pudo haber influido en los resultados es el hecho de que al momento de la última medición (realizada en febrero de 1990) era evidente el mayor desarrollo en altura que presentaba el pino.

5.1.2. Incrementos absolutos de diámetro

El valor de F calculada, a partir del análisis de varianza realizado para diámetro (cuadro 7), resultó no significativo por lo cual se deduce que los tratamientos son, en cuanto a esta variable, estadísticamente similares entre sí.

En el cuadro 5 (página 56) y en la figura 4 (siguiente página), puede notarse cómo los incrementos absolutos de diámetro, a excepción de los de grevilea, son bastante similares entre sí.

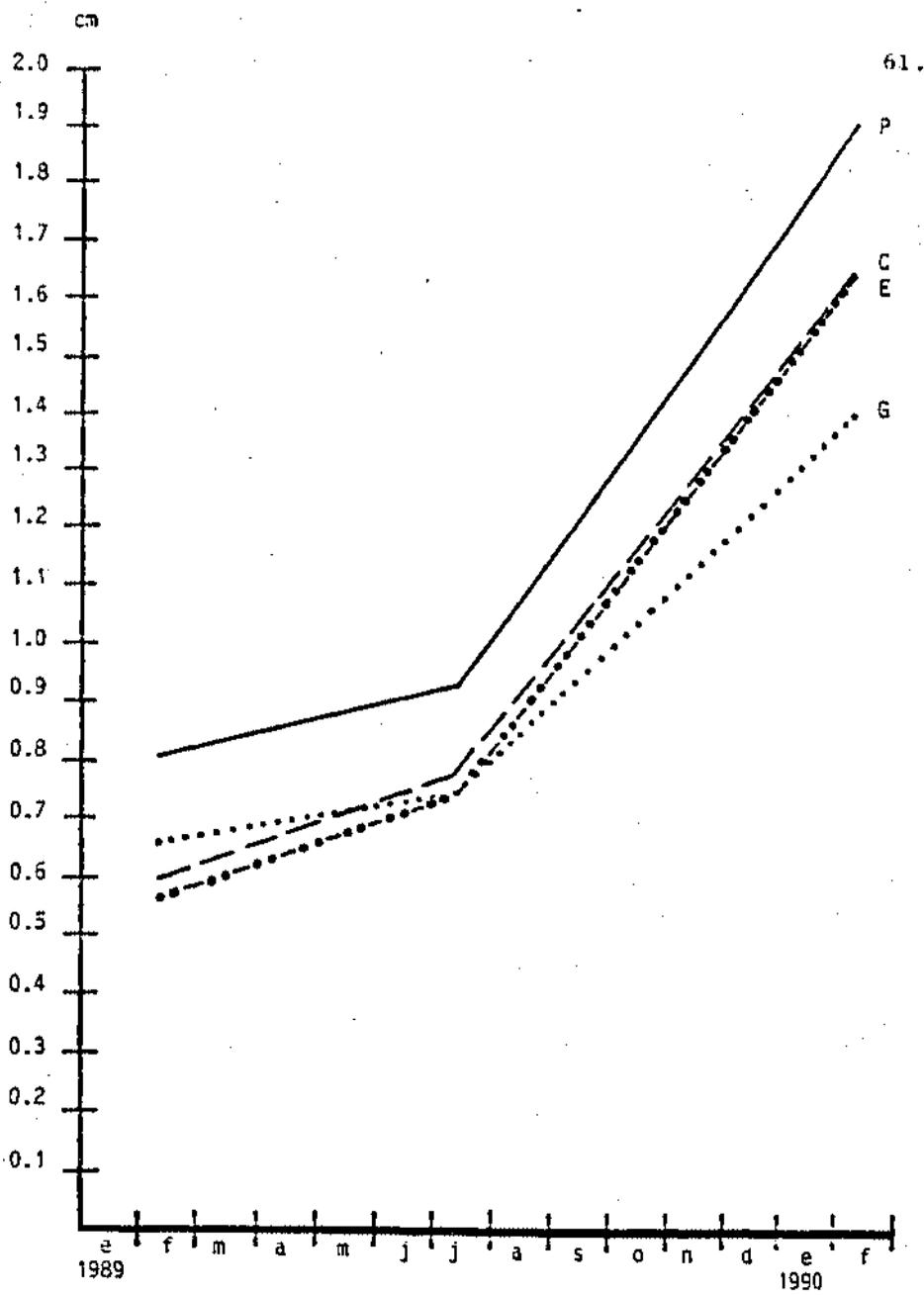


Figura 4. VALORES ABSOLUTOS DE DIAMETRO.

Cuadro 7. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS ABSOLUTOS EN DIAMETRO.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	0.3122	0.104067	4.55767
Repeticiones	2	0.1086	0.054300	2.37811
Error	6	0.0370	0.022833	
Total	11	0.5578		

Un hecho que llama la atención es que mientras para altura Pinus Douglasiana está en último sitio, para diámetro lo está en primero; esto no es una paradoja, se sabe que los patrones de crecimiento son diferentes para cada especie y, en el caso del pino, los tallos son relativamente más robustos al principio que en las otras tres especies.

Grevilea, por su parte, no sólo manifestó el menor incremento en diámetro, sino que fue la penúltima en cuanto a sus incrementos absolutos de altura.

5.1.3. Incrementos absolutos de volumen

La unidad de cuantificación más precisa para expresar el rendimiento de leña de un árbol o un conjunto de árboles es el peso seco, es decir, Kg secos/árbol o ton secas/ha; pero dicha cuantificación no debe hacerse antes de los dos años (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1984).

Con la intención, pues, de presentar un elemento de análisis que diera una idea aproximada del efecto que tienen los valores de altura y diámetro en el valor de volumen (puesto que éste es función de ambas variables, y regularmente la especie de mayor diámetro no es también la de mayor altura), se utilizó la fórmula del cono ($\frac{\pi}{12} \cdot d^2 \cdot h$) en base a las mediciones efectuadas en cada fecha de muestreo, no tanto para obtener volúmenes exactos, sino para comparar entre sí a las cuatro especies evaluadas, independientemente de las peculiaridades de cada una de ellas.

Dado que los árboles pequeños posiblemente se asemejen más a un cilindro que a un cono, pudo haberse utilizado también la fórmula de esa otra figura geométrica ($\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h$), pero la proporcionalidad entre especies es la misma de cualquier modo, en virtud de que un cono es un cilindro, sólo que dividido entre 3.

Como no fue posible calcular, a partir de un coeficiente mórffico* el volumen real de los árboles durante su etapa inicial de desarrollo, pudo haberse medido éste empleando una probeta como xilómetro; sin embargo, el procedimiento requiere la extracción del árbol y esta investigación tiene carácter preliminar. Además, pretender valores de volumen exactos para cada especie es, por lo pronto, innecesario, puesto que ya existe una metodología establecida que ha de ser aplicada en fases posteriores de evaluación.

El análisis de varianza correspondiente a los incrementos absolutos en volumen (cuadro 8) arrojó un valor de F calculada altamente significativo, lo cual señala que los tratamientos son diferentes entre sí. Mas debe tomarse en cuenta que este resultado no indica irrevocablemente la verdadera potencialidad de las especies probadas; únicamente la valoración conjunta de crecimiento porcentual, sobrevivencia y contribución para lograr otros beneficios (medioambientales o económicos) permitirán, en cada caso particular, definir su verdadera utilidad como alternativas para la producción de leña.

*Coeficiente mórffico: relación del volumen real de un árbol entre el volumen que tendría un cilindro de la misma altura y diámetro igual al diámetro del árbol, medido a la altura de pecho (1.30 m).

Cuadro 8. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS ABSOLUTOS EN VOLUMEN.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	15 195.363	5 065.121	30.231**
Repeticiones	2	837.620	418.810	2.4997
Error	6	1 005.282	167.547	
Total	11	17 038.265		

Mediante la prueba de separación de medias de Duncan, se determinó que las cuatro especies son estadísticamente distintas entre sí respecto a sus incrementos absolutos de volumen:

DMS = 10.885789 cm³

Tratamiento	Promedio	
<u>Casuarina equisetifolia</u>	135.47 cm ³	a
<u>Eucalyptus camaldulensis</u>	90.86 cm ³	b
<u>Pinus Douglasiana</u>	61.74 cm ³	c
<u>Grevillea robusta</u>	43.00 cm ³	d

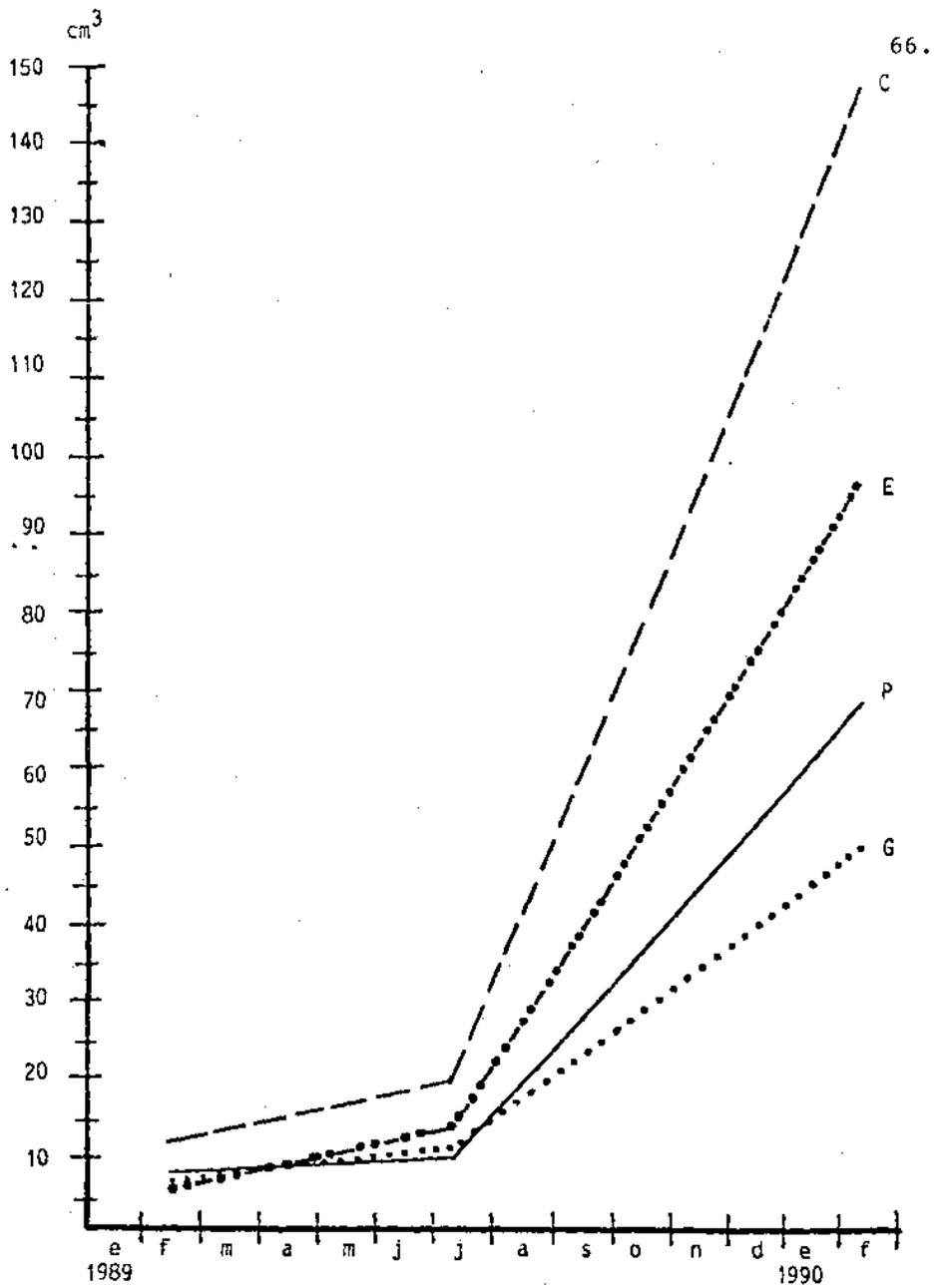


Figura 5. VALORES ABSOLUTOS DE VOLUMEN.

5.2. Análisis de incrementos relativos

Cuando, como en este caso, el tamaño inicial promedio de la planta es diferente en cada tratamiento, los datos numéricos absolutos para indicar el incremento no representan la tasa real de crecimiento en cada caso. Por tal razón, los datos se transfirieron a valores relativos, que indican con mayor veracidad el comportamiento de cada especie.

Los incrementos relativos son los incrementos porcentuales manifestados por los árboles durante el lapso de evaluación (febrero de 1989 a febrero de 1990). Alturas, diámetros y volúmenes iniciales, tienen un valor de 100%.

5.1.1. Incrementos relativos de altura

Al efectuar el análisis de varianza para los valores relativos de altura (cuadro 9) el valor de F calculada resultó no significativo, por lo que se rechaza la hipótesis alterna de que los tratamientos son diferentes entre sí, respecto a sus incrementos relativos de altura y se infiere que durante este periodo la tasa de crecimiento vertical fue estadísticamente similar en las cuatro especies consideradas.

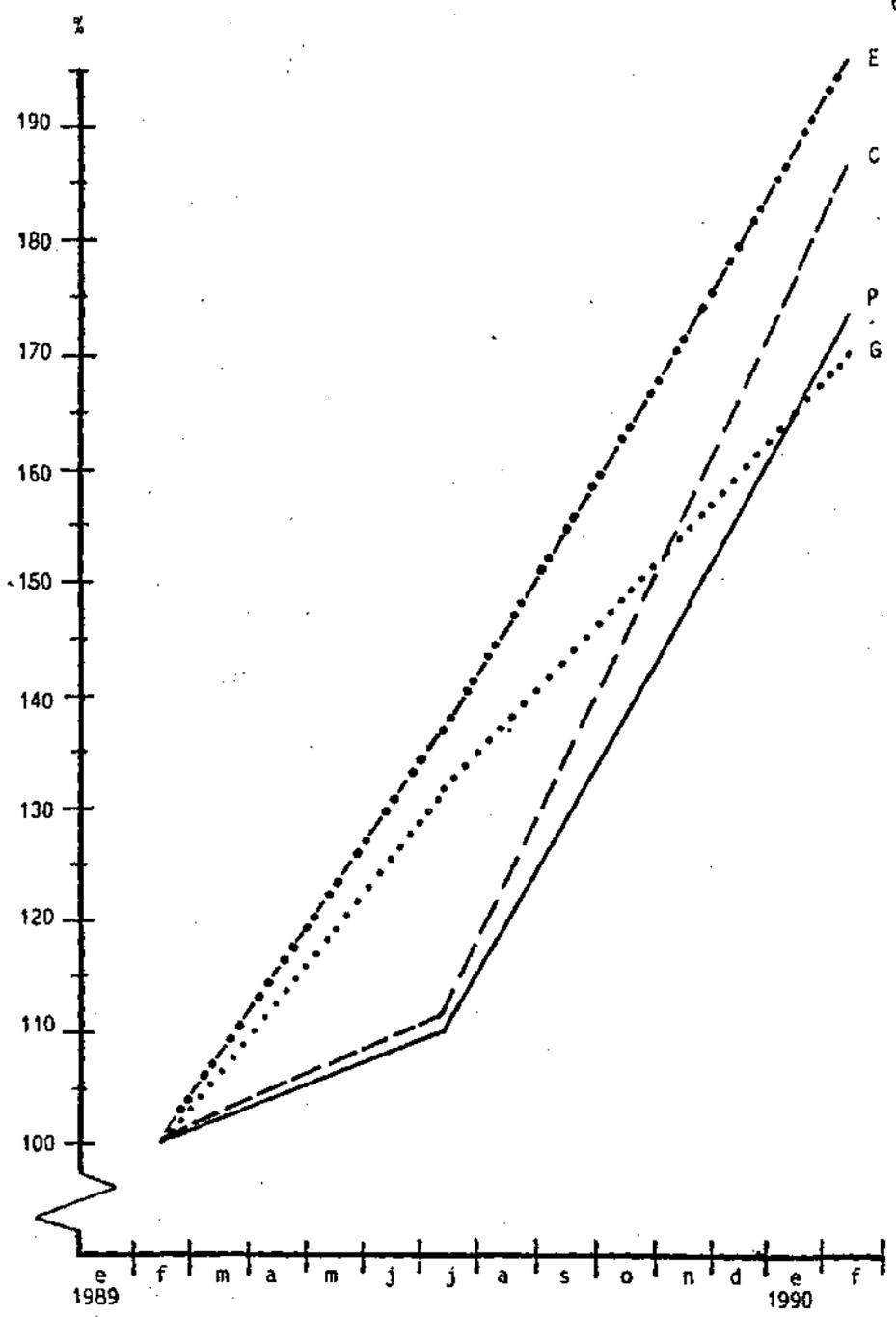


Figura 6. VALORES RELATIVOS DE ALTURA.

Cuadro 9. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS RELATIVOS EN ALTURA.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	855.4623	285.1541	0.8792
Repeticiones	2	1 805.7915	902.8957	2.7837
Error	6	1 946.0752	324.3459	
Total	11	4 607.3290		

5.1.2. Incrementos relativos de diámetro

El análisis de varianza efectuado para los incrementos relativos de diámetro (cuadro 10) tuvo como resultado un valor no significativo de F calculada, por lo cual se rechaza la hipótesis alterna de que los tratamientos son diferentes entre sí por lo que respecta a su incremento relativo en diámetro y se acepta la hipótesis nula de que las cuatro especies incrementaron su diámetro en una proporción estadísticamente similar durante el lapso considerado.

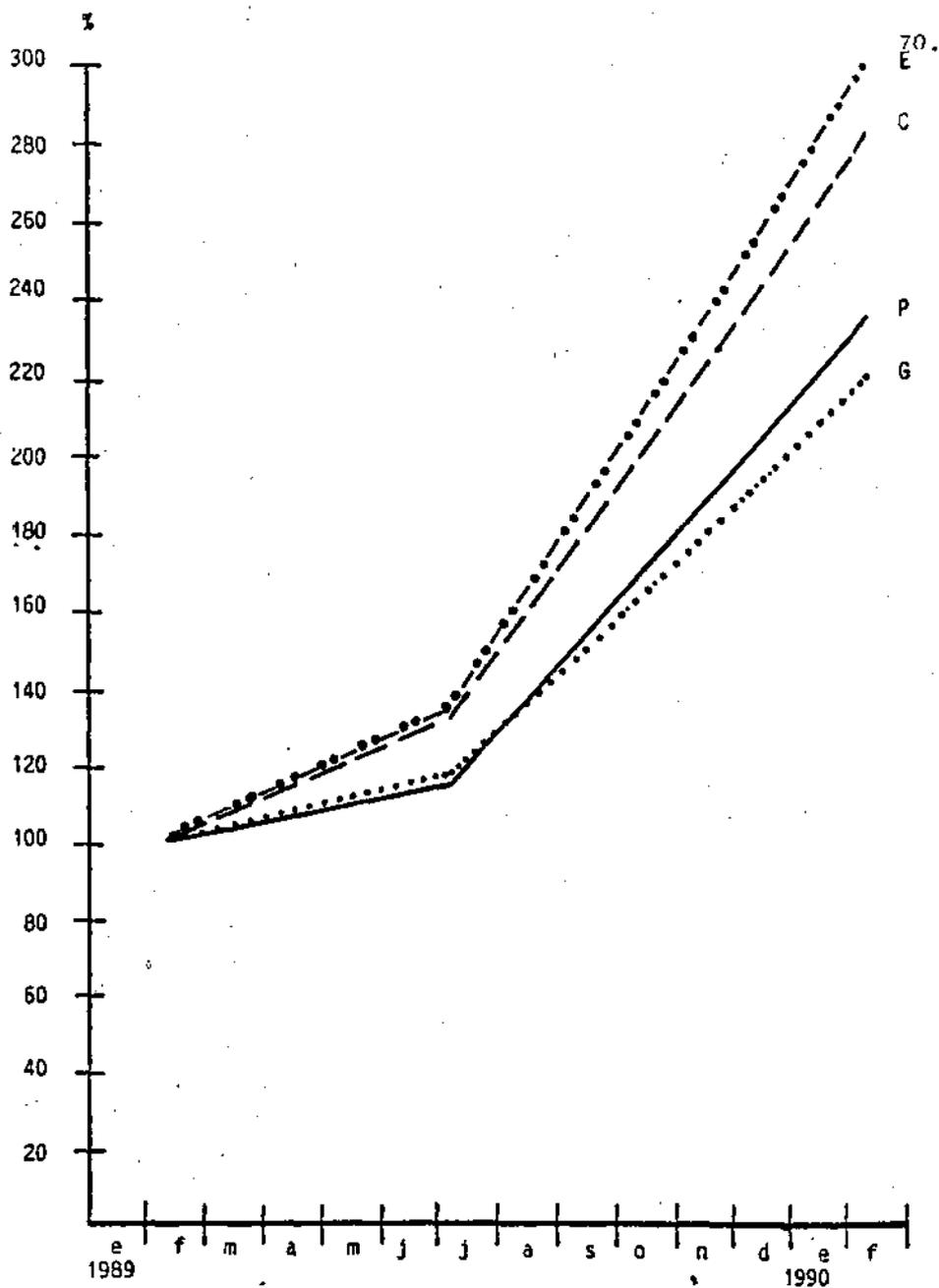


Figura 7. VALORES RELATIVOS DE DIAMETRO.

Cuadro 10. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS RELATIVOS EN DIAMETRO.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	10 961.817	3 653.9389	2.75327
Repeticiones	2	10 021.328	5 010.6638	3.77557
Error	6	7 962.776	1 327.1276	
Total	11	28 945.910		

5.1.3. Incrementos relativos de volumen

El incremento relativo en volumen se calculó en base a los volúmenes individuales obtenidos (a partir de los valores de diámetro y altura) para cada fecha de medición.

Considerando como 100% el volumen inicial, la tasa de crecimiento volumétrico fue la diferencia del valor final menos el inicial e indica la potencialidad de cada especie en cuanto a crecimiento se refiere, independientemente del tamaño promedio que tenían los árboles en un principio.

En base al análisis de varianza correspondiente a los incrementos relativos de volumen (cuadro 11), se descarta la

Cuadro 11. ANALISIS DE VARIANZA DE INCREMENTOS RELATIVOS EN VOLUMEN.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	1 376 520.6	458 840.21	1.3897
Repeticiones	2	2 276 286.5	1 138 143.30	3.4472
Error	6	1 980 962.6	330 160.44	
Total	11	5 633 769.7		

hipótesis alterna de que, durante el periodo de evaluación, existe diferencia entre los tratamientos en cuanto a sus incrementos relativos de volumen, por lo cual se concluye que las tasas de incremento fueron similares en las cuatro especies probadas.

Pero, aunque no hubo, durante el tiempo de estudio, diferencias significativas respecto a los incrementos porcentuales de diámetro basal, altura total y volumen, puede deducirse, no obstante que, de las cuatro especies consideradas, grevillea es la que manifiesta menores incrementos y eucalipto la de más rápido crecimiento.

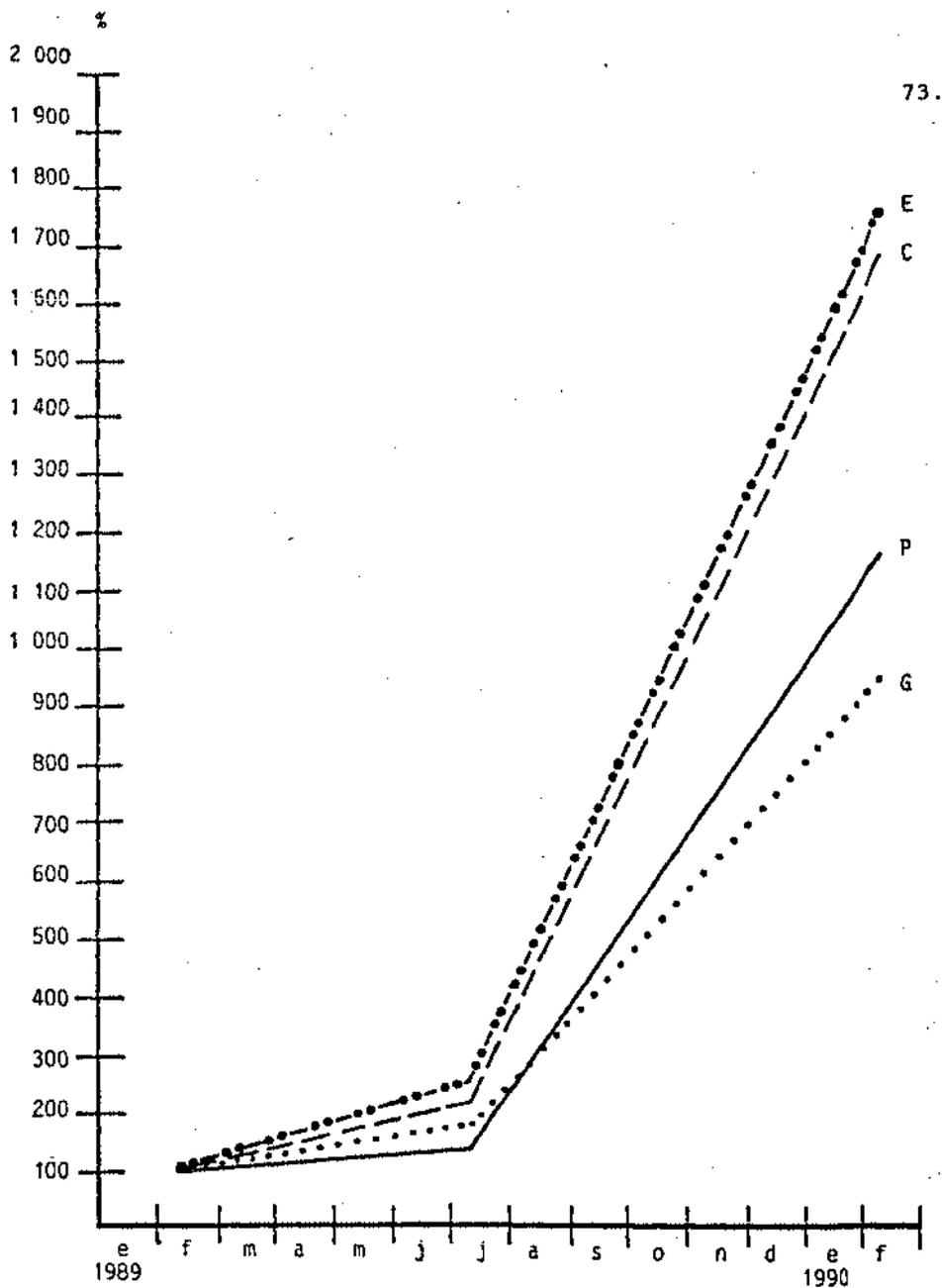


Figura 8. VALORES RELATIVOS DE VOLUMEN.

Por lo tocante a su rapidez de crecimiento, el eucalipto y la casuarina se perfilan como buenas alternativas para la producción de leña en la región, no obstante, deberán ser empleadas cautelosamente dado que son especies introducidas, que además requieren -como se verá en el análisis de sobrevivencia- de un mantenimiento constante y adecuado durante las primeras etapas de desarrollo (principalmente riego y control de plagas y malezas), por que sin manejo manifiestan alta vulnerabilidad.

Es pertinente notar que el crecimiento es mayor y mejor después de cierto periodo adaptativo, por lo que el comportamiento de cada especie será la consecuencia de sus propias capacidades genéticas más el efecto del medio ambiente. En base a esto, el resultado de la comparación puede ser variable según el tiempo en que se haga la toma de observaciones.

Finalmente, las diferencias no significativas en cuanto a los incrementos relativos entre tratamientos no determinan un patrón permanente de crecimiento. Como se mencionó con anterioridad, el estudio comprende únicamente la primera etapa y el hecho de que por el momento se descarte la hipótesis de diferencias significativas entre las cuatro especies evaluadas no condiciona a que así deba de ser ulteriormente.

5.3. Análisis de sobrevivencia

Las causas de mortandad del arbolado fueron la defoliación por hormiga arriera y chapulín, el estrés por sequía y, en menor grado, los daños antropogénicos.

Como anteriormente se comentó, la sobrevivencia fue evaluada respecto a la plantación inicial (realizada en julio de 1988) y respecto a la replantación parcial en la que se sustituyeron los árboles muertos y severamente dañados. Dicha replantación se llevó a efecto durante el siguiente temporal de lluvias (julio de 1989).

5.3.1. Sobrevivencia de la plantación original

La sobrevivencia inicial, cuantificada seis meses después de la primera plantación tuvo un rango de 52% a 69%, siendo casuarina la especie que presentó más mortandad y pino la de mayor sobrevivencia; en cuanto a esta determinación, eucalipto y grevilea tuvieron magnitudes similares (65%).

El valor de F calculado, en el análisis de varianza de sobrevivencia de la plantación (cuadro 12), resultó no significativo, lo cual denota la semejante vulnerabilidad de las especies al efecto del medio ambiente en la zona de estudio, en condiciones de poco mantenimiento.

Cuadro 12. ANALISIS DE VARIANZA DE LA SOBREVIVENCIA SEIS MESES DESPUES DE LA PLANTACION INICIAL.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	470.25	156.75	0.8041554
Repeticiones	2	564.45	282.225	1.4478646
Error	6	1 169.55	194.925	
Total	11	2 204.25		

5.3.2. Supervivencia de la replantación

Los conteos de mortandad para los árboles sustitutos se hicieron a los tres y a los seis meses de haber sido establecidos, y en ambas ocasiones el resultado fue igual.

Los porcentajes de supervivencia de la replantación fueron del 88% al 91% siendo el valor más alto el del pino y los más bajos el de grevilea y el de casuarina; la supervivencia del eucalipto fue de 89%.

Esta mejora general en la supervivencia de las cuatro especies se debió al más oportuno manejo aplicado a las parcelas durante 1989 y a la mejor calidad de planta establecida.

Cuadro 13. ANALISIS DE VARIANZA DE LA SOBREVIVENCIA A LOS SEIS MESES DE EFECTUADA LA REPLANTACION.

Factor de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos	3	46.917	15.6390	0.1751179
Repeticiones	2	182.167	91.0835	1.0199092
Error	6	535.833	89.3055	
Total	11	764.917		

El valor de F calculada, a partir del análisis de varianza correspondiente (cuadro 13), en este caso tampoco resultó significativo, por lo cual se corrobora que no existen diferencias entre tratamientos por lo que respecta a su sobrevivencia.

Por lo que pudo verse, la defoliación durante la primera etapa, la presencia de maleza y el estrés por sequía afectan trascendentalmente el desarrollo normal de las especies, que son particularmente susceptibles al principio; aunque en el caso de grevilea, la mortandad se presentó particularmente en aquellos arbolitos que -por no disponer de planta de mayor tamaño- tenían una altura total de 15 cm en promedio al momento de realizarse la replantación.

Es necesario mencionar que, desde un principio, de entre las cuatro especies, Pinus Douglasiana fue la que manifestó menores dificultades de adaptación, esto se debe a que, siendo una especie nativa del Bosque La Primavera, tuvo más o menos condiciones adecuadas para su desarrollo. Con excepción de éste, las otras tres especies muestran alta vulnerabilidad a plagas defoliadoras propiciadas por maleza. Sin embargo, grevilea y eucalipto (a pesar de haber sido las más dañadas por defoliación) muestran una capacidad notable de retoño, y sobre todo este último que, además, rebrota con bastante facilidad cuando el daño no es excesivo.

En cuanto a la mortandad por sequía, se sabe que el agua disponible ha probado ser el factor más importante para el crecimiento de muchas especies forestales, según lo evidencia De Las Salas (1985), quien analizó este aspecto en plantaciones dendroenergéticas. Aunque se aplicó riego, éste pudo no haber sido siempre suficiente.

Como puede verse, existe una cierta relación inversamente proporcional entre sobrevivencia y crecimiento. Esta circunstancia no es rara: frecuentemente, las especies que muestran mayores incrementos, presentan alta mortandad; Fernandes y Galvao, por ejemplo, al analizar crecimiento y sobrevivencia de diversas especies de Eucalyptus, observaron que la mayor altura de todas (6.4 m a los 5 años) se obtuvo con E. exserta, que tuvo una sobrevivencia de sólo 44%.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1. Aunque los mayores incrementos absolutos correspondieron a Pinus Douglasiana en el caso de diámetro (1.1 cm) y a Casuarina equisetifolia en los casos de altura y de volumen (84.4 cm y 135.5 cm³ respectivamente); Eucalyptus camaldulensis fue la especie que presentó mayor celeridad en sus incrementos porcentuales respecto a las tres dimensiones cuantificadas.
2. En base a un mayor control en el manejo, los porcentajes de sobrevivencia se incrementaron del 52-69% en la plantación original, al 88-91% en la replantación, siendo Casuarina equisetifolia y Eucalyptus camaldulensis las especies que presentaron mayores porcentajes de mortandad, independientemente de ser, entre las cuatro, las de más rápido crecimiento en esta etapa de un año.
3. Pinus Douglasiana no manifestó, en esta fase de evaluación, altos incrementos, pero presentó desde el principio (esto es, aun con manejo insuficiente) los mayores porcentajes de sobrevivencia, lo cual avala su rusticidad; es decir constituye una buena opción en plantaciones con mantenimiento mínimo.

4. Grevillea robusta fue la especie de crecimiento menos rápido, a pesar de su aceptable sobrevivencia, no obstante, antes de recomendarla o no para la producción de leña, se tiene que valorar su potencial en otros usos (ver cuadro 4).
5. Las especies probadas son -con sus respectivas limitaciones- adecuadas para la producción de leña en el Bosque La Primavera, en cuanto a que presentan más de una cualidad deseable.
6. Considerando que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las especies evaluadas por lo relativo a sus tasas de crecimiento, se descarta la hipótesis de que manifiestan, durante esta etapa de un año, incrementos porcentuales que permiten diferenciarlas entre sí.

6.2. Recomendaciones

1. Es necesario dar seguimiento a esta investigación y aplicar la metodología establecida por el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Costa Rica, para la evaluación final de las especies consideradas en esta fase preliminar.
2. También se sugiere realizar fertilizaciones para compensar así las deficiencias de tipo edáfico y contribuir al mejor desarrollo de la plantación.
3. Para los casos de Casuarina equisetifolia y Eucalyptus camaldulensis, se recomienda que, antes de promover un uso extensivo de estas especies en plantaciones dendroenergéticas dentro del Bosque La Primavera, se tenga en cuenta su condición de ser exóticas.

8, LITERATURA CITADA

- Alanís F. G.; J. Jiménez P. y L. Rocha D. 1989. Estufas economizadoras de leña, una alternativa del aprovechamiento racional de los recursos energéticos en el matorral espinoso del noreste de México. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p 14,15.
- Banco de México, S.A. 1958. Aprovechamiento de los recursos forestales. Departamento de investigaciones forestales. p.359.
- Bauer, J. A. 1982. Proyecto leña y fuentes alternas de energía. Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Departamento de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 4 p.
- Capó A., M.A. 1989. Producción de leña en zonas áridas. Departamento Forestal, UAAN. Saltillo, Coah. Mimiografiado. 1.p.
- Castellanos B., J.F. 1989. Situación Actual de leña en la Mixteca Alta. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p
- Castillo, C.M.; G. J. A. Ramírez y G.E. Aparicio. 1989. Marco de referencia preliminar sobre el uso de leña-combustible en el altiplano potosino. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p 13.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1984. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía. Departamento de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. p 1-33, 45-47.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación. Publicación copatrocinada por los proyectos Leña y Fuentes Alternas de energía. CATIE-ROCAP. Turrialba, Costa Rica. p 34-42, 85-105, 167-169.
- Curriel Ballesteros, A. 1988. Plan de Manejo del Bosque la Primavera. U. de G., Fac de Agronomía, DICSA. p 20,21.

- Chang, B.; J. Bauer. 1985. Comportamiento inicial de seis especies forestales en un vertisol en Nicaragua. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p.129-131.
- De las Salas, G., 1985-a. Importancia del factor suelo en el establecimiento de plantaciones energéticas de turno corto a nivel rural. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p.47-55.
- De las Salas, G., 1985-b. Plantaciones energéticas en cuencas hidrográficas del trópico: problemas y perspectivas. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p 124.
- Dominguez A., F.A.; D. Romo G., 1989. Producción de biomasa para combustible como producto de la aplicación de diferentes intensidades de poda y limpia en una plantación de Pinus patula Schl et Cham., en Huayacocotla, Ver. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. P 48.
- Dominguez A., F. A.; A. Sánchez V., 1989. Comportamiento inicial de Mimosa scabrella Benth. en dos municipios de la región central de Veracruz. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p 47.
- Espinoza A., J. 1989. Cuantificación de biomasa y leña combustible en plantaciones de Acacia retinoides Schlecht. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Forestales. U.A.CH. Chapingo, México. 68 p.
- Estrada G., M. G. 1986. Investigación de suelos para evaluación de sitios mediante factores abióticos en el Bosque-Escuela. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. p 23
- FAO, 1981. Mapa de la situación en materia de leña en los países en desarrollo (UNASYLVA suplemento). Volumen 33. Número 133. p 27-35
- Fernandes L., P.C.; A. P. M. Galvao. 1985. Potencial de la región semi-árida del Brasil para reforestación. Actas de

- los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p 439.
- Foroughbackhch P., R; G. J. Alanis. 1989. Estudio sobre el comportamiento de 15 especies forestales, como fuente energética en el matorral del noreste de México. p 52
- Goldemberg, J. 1985. Madera para energía y perspectivas energéticas. SARH, Organización de la Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. México. 28 p.
- Gómez P., A. 1985. Los recursos bióticos de México: reflexiones. Alhambra Mexicana. Instituto nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. México, D.F.
- Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Traducción de "Technologie des Holes und der holzwekstoff". Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid, España. p 260
- Mc.Guguey, E.; H. Gregersen, s.f. El desarrollo forestal en América Latina. 13 p.
- Martínez, H. A. 1987. Silvicultura de algunas especies de árboles de uso múltiple. El chasqui: boletín informativo sobre recursos naturales renovables. CATIE. 14:11-17 y 15:16-24.
- Martínez, H. A. 1989. Nuevas tendencias de la forestería en América Central. El chasqui: boletín informativo sobre recursos naturales renovables. CATIE. 21:18-25.
- Morán, B.F.; J.L. Jonás. 1985. Comportamiento de especies arbóreas para leña en ambientes contrastantes de Panamá. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p 67-73.
- Moreno Cruz A.M y M.S. Garay Martínez. 1989. Uso de plantas para combustible en dos comunidades nahuas: Santa María Cuauhtapanaloyan y Santiago Yancuictlalpan, Cuetzalan, Puebla. Resumen de ponencias de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p.4-5.
- National Academy of Sciences y Centro Agronómico Forestal de Investigación y Enseñanza. 1984. Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de energía. Traducción al español de la primera edición del inglés

- por Vera Argüello F. Turrialba, Costa Rica. p.1-57, 68-71, 142-143.
- Padilla, F.A. 1985. Resultados preliminares con especies para leña en la zona sur-oriental de Guatemala. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p 133-137.
- Pérez Cruz, G. 1989. Problema de abastecimiento y uso de la leña en Tabasco. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, Mexico. p.c.
- Quintanar O., J. 1989. La demanda de leña combustible en el Estado de Puebla. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p 11.
- Rodríguez P., A.; F. Patiño V. 1989. Manejo y aprovechamiento de especies para leña en plantaciones forestales. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p.17.
- Salazar, R. 1984-a. Algunas especies con potencial para leña. Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, Centro Agronómico tropical de Investigación, Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 7 pp.
- Salazar, R. 1984-b. Manejo de especies en plantaciones para leña. Programa Suizo de Cooperación Para el Desarrollo. Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 5 p.
- Salazar, R. 1984-c. Manejo y aprovechamiento de especies para leña. Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 12 p.
- Salazar, R. 1984-d. Monitoreo y cuantificación del rendimiento en plantaciones para leña. Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo. Información y Documentación forestal para América Tropical. Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza, Departamento de Recursos Naturales Renovables. Turrialba, Costa Rica. 5 p.
- Salazar, R. 1985. Estudio de caso del abastecimiento de leña con Eucalyptus saligna Smith en una industria rural en

- San Ramón, Costa Rica. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p 181-189.
- Sanchez V., A. 1988. El consumo de leña y su impacto sobre los suelos forestales del suroeste de Puebla; perspectivas y alternativas. Tesis de maestría. U.A.CH. Chapingo México 204 p.
- Sánchez V., A; M. Moreno S.; E. Farfán V. 1989. Estudio de cuatro especies de valor dendroenergético del Alto Balsas poblano. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p.50.
- Sanchez V., A. 1989. Presentación de las memorias de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p 1-3.
- Sánchez V., A.; F. A. Domínguez A. 1989. Principales especies aprovechadas para leña en el Alto Balsas Poblano. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México.
- Sandoval, C., 1985. Adaptabilidad y crecimiento inicial de Eucalyptus camaldulensis en conauros. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p 265-271.
- Ugalde. A., L.A., 1981. Breve descripción de la situación boscosa y el consumo de leña en México. Programa Suizo para el Desarrollo. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 5 p.
- Valencia M., S.; M.A. Capó Arteaga, 1989. Ensayo de adaptación de seis especies forestales exóticas de rápido crecimiento en Buena Vista, Saltillo, Coahuila. Resumen de ponencia de la primera reunión nacional sobre dendroenergía. U.A.CH. Chapingo, México. p 55.
- World Resources Institute and International Institute for Environment and Development 1986. World resources 1986. New York. p 67-70.
- Zambrana, H. 1985. Comportamiento inicial de once especies para leña en El Salvador. Actas de los simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de silvicultura intensiva. Rodolfo Salazar editor, IUFRO, CATIE, FAO y MAB. Turrialba, Costa Rica. p 139-146.

APÉNDICE

(Mediciones de altura total y diámetro basal de las especies Casuarina equisetifolia, Eucalyptus camaldulensis, Grevilia robusta y Pinus Douglasiana, para las tres fechas de muestreo, hechas durante un año de evaluación.)

CASUARINA			
	A	B	C
I	105	114	193
	118	118	191
II	84	88	129
	136	141	233
	136	138	202
III	74	82	151
	93	128	228
	75	88	169
EUCALIPTO			
	A	B	C
I	88	104	127
	50	71	103
II	58	66	106
	65	65	134
	53	55	86
III	112	139	170
	55	106	130
	59	91	153
	62	97	120
	68	99	163
	58	86	96
GREVILIA			
	A	B	C
I	48	51	75
	45	46	51
	41	47	56
	49	61	82
	65	104	150
	56	74	88
	55	70	92
	55	70	92
II	53	55	65
	52	62	69
	43	57	66
	49	62	72
	44	69	82
	45	63	85
III	48	60	79
	38	53	90
	50	71	76
	47	68	112
	46	64	71
	43	64	77
	46	62	75
	56	68	87
	51	76	122

ALTURA (cm)

PINO	A	B	C
I	36	38	58
	36	40	64
	40	44	51
	41	51	101
	42	47	76
	42	46	67
	34	40	76
	41	44	49
II	38	40	61
	35	39	95
	49	54	68
	32	39	59
	41	42	92
	31	35	51
	33	36	43
III	47	48	61
	36	40	60
	36	38	66
	32	34	53
	34	37	68
	42	48	65
	42	45	60
	39	40	71

A: Medicion efectuada el 11 de febrero de 1989.

B: Medicion efectuada el 5 de julio de 1989.

C: Medicion efectuada el 10 de febrero de 1990.

CASUARINA			
	A	B	C
I	0.63	0.7	1.57
	0.63	0.8	1.91
II	0.51	0.7	0.83
	0.8	0.93	1.99
	0.8	0.9	1.76
III	0.5	0.74	1.58
	0.5	0.8	2.1
	0.4	0.6	1.3
EUCALIPTO			
	A	B	C
I	0.65	0.91	1.82
	0.7	0.9	1.91
II	0.5	0.55	1.31
	0.6	0.7	1.89
	0.6	0.7	1.2
III	0.5	0.94	2.09
	0.6	0.92	1.25
	0.5	0.7	2.1
	0.55	0.67	1.28
	0.55	0.7	1.62
	0.4	0.55	1.52
GREVILIA			
	A	B	C
I	0.5	0.7	1.05
	0.5	0.62	1.79
	0.54	0.6	0.7
	0.7	0.7	1.29
	1.25	1.3	2.17
	0.8	0.95	1.2
	0.6	0.72	1.25
II	0.7	0.7	1.03
	0.7	0.71	1.04
	0.79	0.8	1.78
	0.65	0.79	1.06
	0.65	0.9	1.16
	0.69	0.8	1.14
III	0.55	0.6	1.64
	0.6	0.62	1.4
	0.7	0.7	1.16
	0.6	0.72	1.9
	0.7	0.7	1.39
	0.55	0.7	1.5
	0.5	0.66	1.5
	0.6	0.7	1.43
	0.55	0.8	2.08

DIAMETRO (cm)

PINO	A	B	C
I	0.8	0.9	1.99
	0.75	0.85	1.81
	0.8	0.83	1.5
	0.95	1.02	2.48
	0.8	0.95	1.9
	1.2	1.7	2.7
	0.85	1	2.25
	0.73	0.85	1.36
II	0.6	0.7	1.64
	0.7	0.9	2.2
	0.9	1	1.79
	1	1.1	2.4
	0.79	0.92	2.44
	0.71	0.8	1.65
	0.61	0.7	1.45
III	0.8	1	1.6
	0.7	0.87	1.82
	0.7	0.75	1.79
	0.7	0.85	1.38
	0.95	1	1.95
	0.8	0.9	2.13
	0.8	1	1.6
	0.9	1.05	2.22

A: Medicion efectuada el 11 de febrero de 1989.

B: Medicion efectuada el 5 de julio de 1989.

C: Medicion efectuada el 10 de febrero de 1990.