

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

10 JUN 1990

CATIE

Turrialba, Costa Rica

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE 12 ESPECIES
ARBÓREAS DE USO MÚLTIPLE EN GUAPILES DE COSTA RICA**

POR

MARIA ELENA HERRERA ZUÑIGA



Turrialba, Costa Rica

1990

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y CAPACITACIÓN

10 JUN 1991

C. I. D. I. A.
Turrialba, Costa Rica

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE 12 ESPECIES ARBOREAS DE USO
MÚLTIPLE EN GUAPILES DE COSTA RICA

Tesis sometida a consideración del Comité técnico Académico
del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza, para optar el grado de:

M A G I S T E R S C I E N T I A E

por

MARIA ELENA HERRERA ZUÑIGA.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica
Setiembre, 1990

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

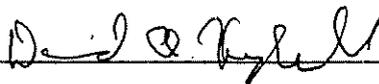
COMITE ASESOR:



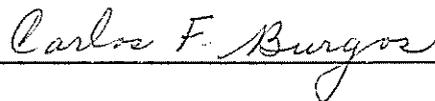
Rodolfo Salazar, Ph.D.
Profesor Consejero



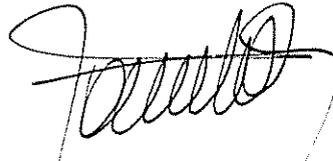
Francisco Romero, Ph.D.
Miembro del Comité



David Hughell, M.Sc.
Miembro del Comité



Carlos Burgos, Ph.D.
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisí
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



María Elena Herrera Zúñiga
Candidato

DEDICATORIA

En memoria de mi padre
Miguel Angel Herrera Torres.

A mi esposo Victor Julio,
mis hijos José Miguel y Cristián Enrique
que fueron mi motivación para seguir adelante.

/

A mi madre, hermanos
y amigos por su
compresión durante
estos dos años.

AGRADECIMIENTO

La autora desea expresar su sincero agradecimiento a las siguientes personas:

A Rodolfo Salazar Ph.D. profesor consejero, por ser la persona que siempre estuvo dispuesto atenderme a pesar de sus altas responsabilidades.

A Francisco Romero Ph.D. y al personal del proyecto de Sistemas Silvopastoriles, por medio de los cuales pude realizar mi trabajo de tesis.

A David Hugell y Carlos Burgos miembros de mi comité por su gran ayuda en la revisión de este documento y sus acertados consejos.

A Gustavo López por su gran colaboración en los análisis de los datos.

A Jael's Camacho compañera de promoción y amiga por sus invaluable consejos durante toda mi permanencia en el CATIE.

A todos mis compañeros de promoción, especialmente a Grace, Anibal, Jorge, Margarita, Silvana y Luvi por su amistad.

BIOGRAFIA

La autora nació en Coronado, San José el 9 de agosto de 1958. Realizó sus estudios secundarios en el Liceo Anastasio Alfaro en Betania, San Pedro. En 1976 ingresó en la carrera de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional, en donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias Forestales en febrero de 1980. En junio de 1980 ingresó a la Dirección General Forestal del Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, fungió desde esa fecha como encargada de reforestación primeramente en la Zona Sur del país y a partir de 1981 en la Zona Atlántica.

En setiembre de 1988 ingresó como estudiante en el Programa de Estudios de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, obteniendo el grado de Magister Scientiae el 31 de agosto de 1990.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	I
Summary.....	III
Lista de Cuadros.....	V
Lista de Figuras.....	IX
1. Introducción.....	1
1.1 Hipótesis.....	1
1.2 Objetivos.....	1
2. Revisión de literatura.....	4
2.1. Región Atlántica.....	4
2.1.1. Uso de la tierra.....	4
2.1.2. Tenencia de la tierra.....	6
2.1.3. Población.....	7
2.2. Árboles de uso múltiple.....	7
2.3. Leguminosas arbóreas.....	8
2.4. Uso de follajes arbóreo para alimentación de ganado.....	8
2.5. Uso de leguminosas arbóreas para leña.....	11
2.6. Nodulación en leguminosas arbóreas.....	12
2.7. Especies estudiadas.....	17
2.7.1. <i>Albizia falcataria</i>	17
2.7.2. <i>Acacia auriculiformis</i>	19
2.7.3. <i>Acacia angustissima</i>	21
2.7.4. <i>Mimosa scabrella</i>	22
2.7.5. <i>Calliandra calothyrsus</i>	24
2.7.6. <i>Erythrina fusca</i>	26
2.7.7. <i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	26
2.7.8. <i>Guazuma ulmifolia</i>	28
2.7.9. <i>Dyphysa robinoides</i>	31
2.7.10. <i>Erythrina poeppigiana</i>	31
2.7.11. <i>Gliricidia sepium</i>	33

3.	Materiales y métodos.....	36
3.1.	Localización del estudio.....	36
3.1.1.	Descripción y antecedentes.....	36
3.1.2.	Localización del área experimental....	38
3.1.3.	Clima.....	38
3.1.4.	Suelos.....	39
3.2.	Diseño experimental.....	40
3.3.	VARIABLES consideradas y métodos usados.....	40
3.3.1.	Crecimiento.....	40
3.3.2.	Producción.....	41
3.3.3.	Capacidad de rebrote.....	42
3.3.4.	Calidad de forraje.....	42
3.3.5.	Nodulación.....	43
3.4.	Análisis estadísticos de los datos.....	45
4.	Resultados y discusión.....	46
4.1.	Supervivencia.....	46
4.2.	Crecimiento.....	46
4.2.1.	Crecimiento en altura.....	46
4.2.2.	Crecimiento en diámetro cuadrático, basal y de copa.....	51
4.3.	Producción.....	53
4.4.	Respuesta de las especies a la poda.....	57
4.4.1.	Crecimiento.....	57
4.4.2.	Producción de podas.....	60
4.5.	Otras variables consideradas.....	65
4.5.1.	Calidad forraje.....	65
4.5.2.	Nodulación.....	69
4.6.	Modelos preliminares para estimar la producción por árbol.....	74

5.	Conclusiones.....	79
6.	Recomendaciones.....	82
7.	Bibliografía.....	84
8.	ANEXO A.....	93
	ANEXO B.....	98
	ANEXO C.....	104

/

HERRERA Z., M.E. 1990. Análisis del comportamiento de 12 especies arbóreas de uso múltiple en Guápiles de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C. R. 106 p.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE 12 ESPECIES ARBÓREAS DE USO MÚLTIPLE EN GUÁPILES COSTA RICA.

Palabras claves: Uso múltiple, leguminosas arbóreas, producción de biomasa, capacidad de rebrote, calidad de forraje, nodulación, Guápiles.

RESUMEN

El rápido proceso de deforestación que ha sufrido la Zona Atlántica de Costa Rica, sus condiciones climáticas y la presencia de suelos frágiles, ha ocasionado que muchas fincas de la región presenten una productividad baja, especialmente en la producción de los cultivos agrícolas y en ganadería.

Se considera de gran interés estudiar de especies arbóreas de uso múltiple, que ayuden a incrementar la productividad de los suelos aprovechando algunas de las cualidades de las especies forestales.

El objetivo general de este trabajo es:

A través del proceso experimental estudiar la adaptación y producción de varias especies arbóreas promisorias para el área de estudio, que tengan mejor aptitud como especies de uso múltiple.

El ensayo fue establecido en la Estación Experimental Diamantes en Guápiles, por el Proyecto de Sistemas Silvopastoriles para el Trópico Húmedo, CATIE, MAG, DGF. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, con una parcela útil de 16 árboles.

Las especies que se evaluaron son: *Erythrina fusca*, *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia angustissima*, *Calliandra calothyrsus*, *Albizia falcataria*, *Albizia sp*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Guazuma ulmifolia*, *Diphysa robinoides*, *Mimosa scabrella*.

El trabajo se inició con una medición de las especies para estudiar el crecimiento, luego se realizó el aprovechamiento de las especies para cuantificar la biomasa en el sitio, posterior al aprovechamiento de las especies se cuantificó podas cada tres meses por nueve meses para estudiar el crecimiento y producción de biomasa de las especies producto de la poda. Se analizó la calidad del forraje y se realizó un análisis preliminar sobre nodulación en el sitio.

Se encontraron diferencias altamente significativas entre las especies para las variables de crecimiento y rendimiento, se identificó *A. falcataria*, y *A. fraxinifolius* como las especies de mejor crecimiento en el sitio; en producción de biomasa *A. angustissima* presentó una producción de 21.9 tn/ha/año, *A. auriculiformis* con 20.9 tn/ha/año, *A. falcataria* con 17.9 tn/ha/año y *C. calathryrsus* con 17.5 tn/ha/año.

La respuesta al corte identificó a *Albizia sp*, *C. calathryrsus*, *G. sepium* y *A. angustissima* con las mayores producciones de biomasa producto de la poda, con 3.6 ton/ha, 3.1 ton/ha, 1.9 ton/ha y 1.8 ton/ha respectivamente, luego de tres cortes cada tres meses. Se observó un efecto significativo a el número de podas ocasionando una disminución en la producción de biomasa total, a excepción de *E. fusca*, *E. poeppigiana* y *G. ulmifolia*.

En calidad de forraje *G. sepium*, *E. poeppigiana* y *D. robinoides* las cuales presentaron valores de 24.5, 22.5 y 20.4 % de proteína cruda y 58.2, 52.5, 50.6 % en digestibilidad in vitro respectivamente. /

E. poeppigiana y *G. sepium* presentaron la mayor biomasa de nódulos en el sitio por lo que se identifican como las especies con mayor potencial para fijar nitrógeno.

Se logró identificar un grupo de especies de uso múltiple para la región, las cuales se pueden ir introduciendo en forma paulatina a nivel experimental en fincas, probando otras formas de establecimiento, frecuencia de poda y realizando pruebas de palatabilidad con las especies de mejor calidad de forraje.

HERRERA Z., M.E. 1990 Analysis of the Behavior of 12 Arboreal Species of Multiple Use in Guápiles, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C. R. 106 p.

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF 12 ARBOREAL SPECIES OF MULTIPLE USE IN GUAPILES, COSTA RICA.

Key words: multiple use, leguminous arboreals, biomass production, shoot capacity, fodder quality, nodulation, Guápiles.

SUMMARY

The fast process of deforestation which has suffered the Atlantic Zone of Costa Rica, its climatic conditions, and the presence of fragile soils has caused that many farms of the regions present a low productivity, especially in the production of agricultural farming and cattle raising.

It is considered of great interest to study the arboreal species of multiple use, which can help to increase the productivity of the soils, taking advantage of some of the qualities of the forest species.

The general objective of this work is: To study the adaptation and production of different promised arboreal species for the study area, throughout the experimental process, which have better aptitude like species of multiple use.

The trial was established in the Diamantes Experimental Station in Guápiles, by the Tropic Humid Silvopastoral Systems Project, CATIE/MAG/DGF. The used experimental design was complete blocks at random with three repetitions, with a useful parcel of 16 trees.

The evaluated species were: *Erythrina fusca*, *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia angustissima*, *Calliandra calothyrsus*, *Albizia falcataria*, *Albizia sp*, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Guazuma ulmifolia*, *Diphysa robinoides*, *Mimosa scabrella*.

The work was started with a measurement of the species to study the growth, then it was made the development of the species to quantify the biomass of the place, after the development of the species it was made measurements each three months for nine months to study the growth and biomass production of the species, product of the pruning. It was

analyzed the quality of the fodder and was made a preliminar analisis about nodulation in the place.

It was found highly significant differences among the species for the variables of growth and yield, it was identify *A. falcataria* and *A. fraxinifolius* like the species of better growth of the place; in the biomass production *A. angustissima* presented a production of 21.9 tn/ha/año, *A. auriculiformis* with 20.9 tn/ha/año, *A. falcataria* with 17.9 tn/ha/año and *C. calothyrsus* with 17.5 tn/ha/año.

The reply for the cut identified *Albizia sp.*, *C. calothyrsus*, *G. sepium* and *A. angustissima* with the mayor biomass production fo the pruning, with 3.6 ton/ha, 3.1 ton/ha, 1.9 ton/ha and 1.8 ton/ha repectively, after three cuts each three months, it was observed a significant effect in the number of the cut, caused by a decrease in the total biomass production, except *E. fusca*, *E. poeppigiana* and *G. ulmifolia*.

In the fodder quality *G. sepium*, *E. poeppigiana* y *D. robinoides* presented values of 24.5, 22.5 and 20.4 % in hangover protein and 58.2, 52.5, 50.6 % in digestibility in vitro respectively.

E. poeppigiana and *G. sepium* presented the major biomass of nodule in the place, so it was identify like the species of major potential to fix nitrogen.

It was possible to identify a group of multiple use species for the region, which could were introduced gradually in an experimental level in the farms, proving other ways of establissement, pruning frecuency and making palatibily proofs with the species of better fodder quality.

LISTA DE CUADROS

	Página
1. Uso de la tierra para región Huetaar Atlántica de Costa Rica, hasta 1982.....	4
2. Número de fincas y su distribución por tamaño para la Zona Atlántica de Costa Rica.....	6
3. Algunas características de las especies en estudio.....	16
4. Crecimiento de <i>Albizia falcataria</i> en varios sitios.....	18
5. Crecimiento de <i>Acacia auriculiformis</i> en varios sitios.....	20
6. Crecimiento de <i>Galliardra calothyrsus</i> en varios sitios de América Central.....	25
7. Crecimiento de <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> en varios sitios.....	27
8. Crecimiento de <i>Guazuma ulmifolia</i> en varios sitios.....	29
9. Producción de leña y biomasa total seca proveniente de copas de diferentes edades en árboles individuales <i>Guazuma ulmifolia</i> en Arena de Hojanca, Costa Rica.....	30
10. Crecimiento de <i>Gliricidia sepium</i> en varios sitios.....	34
11. Especies arbóreas plantadas en el sitio Diamantes.....	37
12. Características químicas y físicas del suelos, en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles.....	39
13. Supervivencia e incremento en altura de 12 especies forestales de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	47
14. Crecimiento de <i>C. calothyrsus</i> y <i>Albizia sp</i> en DCM, diámetro basal y de copa a los 36 meses en Diamantes, Guápiles.....	51

15. Incremento en diámetro cuadrático, basal y de copa para 12 especies forestales de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	52
16. Producción de biomasa seca de 11 especies de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	54
17. Producción de leña y poder calórico para 11 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	57
18. Crecimiento medio en diámetro máximo del rebrote, altura, diámetro de copa y número de rebrotes de 9 especies arbóreas podadas cada tres meses, durante nueve meses en Diamantes, Guápiles.....	58
19. Producción media de biomasa seca de 9 especies arbóreas de uso múltiple podadas cada tres meses, durante nueve meses en Diamantes, Guápiles.....	61
20. Materia seca, proteína y digestibilidad <u>in vitro</u> para tallo leñoso de rebrotes de tres meses de 9 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	66
21. Materia seca, proteína y digestibilidad <u>in vitro</u> para tallo tierno de rebrotes de tres meses de 9 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	66
22. Producción de biomasa comestible, proteína cruda y digestibilidad <u>in vitro</u> para rebrotes de tres meses de 9 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	69
23. Biomasa de nódulos encontrados en especies leguminosas arbóreas a 9.4 cm de profundidad, en la segunda poda del ensayo en Diamantes, Guápiles.....	71
24. Biomasa de nódulos encontrada a diferentes (%) del diámetro de copa de 10 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	72

25. Modelos utilizados par estimar biomasa total, para cuatro especies de uso multiple en Diamantes, Guápiles.....	75
26. Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de <i>A. angustissima</i> a 26 meses en Diamantes, Guápiles.....	76
27. Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de <i>C. calotryrsus</i> a 36 meses en Diamantes, Guápiles.....	76
28. Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de <i>Albizia sp</i> a 36 meses en Diamantes, Guápiles.....	76
29. Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de cuatro especies arbóreas producto de la poda a los tres meses en Diamantes, Guápiles.....	77

LISTA DE CUADROS EN EL ANEXO

	Página
1A. Análisis de varianza para las variables de crecimiento antes del aprovechamiento.....	94
2A. Análisis de varianza para las variables de producción en el aprovechamiento.....	94
3A. Análisis de varianza para supervivencia, poder calórico y producción de leña.....	94
4A. Análisis de varianza para digestibilidad.....	95
5A. Análisis de varianza para proteína cruda.....	95
6A. Análisis de varianza para las variables de crecimiento luego de tres podas cada tres meses.....	96
7A. Análisis de varianza para las variables de producción luego de tres podas cada tres meses.....	96
8A. Análisis de varianza de Materia seca.....	96
9A. Análisis de varianza para las variables de crecimiento luego de tres podas cada tres meses por especie.....	97

10A.	Análisis de varianza para las variables de producción luego de tres podas cada tres meses por especie.....	97
1B.	Análisis de varianza para las variables de crecimiento para la PRIMERA PODA.....	99
2B.	Análisis de varianza para las variables de producción para la PRIMERA PODA.....	99
3B.	Análisis de varianza para las variables de crecimiento para la SEGUNDA PODA.....	99
4B.	Análisis de varianza para las variables de producción para la SEGUNDA PODA.....	99
5B.	Análisis de varianza para las variables de crecimiento para la TERCERA PODA.....	100
6B.	Análisis de varianza para las variables de producción para la TERCERA PODA.....	100
7B.	Prueba Duncan para las variables de crecimiento de las especies analizadas en la PRIMERA PODA.....	101
8B.	Prueba Duncan para las variables de producción de biomasa seca por árbol para las especies analizadas en la PRIMERA FODA.....	101
9B.	Prueba Duncan para las variables de crecimiento de las especies analizadas en la SEGUNDA PODA.....	102
10B	Prueba Duncan para las variables de / producción de biomasa seca por árbol para las especies analizadas en la SEGUNDA PODA.....	102
11B	Prueba Duncan para las variables de crecimiento de las especies analizadas en la TERCERA PODA.....	103
12B	Prueba Duncan para las variables de producción de biomasa seca por árbol para las especies analizadas en la TERCERA PODA.....	103
1C.	Matriz de correlación para <i>A. angustissima</i> de las variables medidas antes del aporvechamiento.....	105
2C.	Matriz de correlación para <i>C. calothyrsus</i> de las variables medidas antes del aporvechamiento.....	105

3C. Matriz de correlación para <i>Albizia sp</i> de las variables medidas antes del apro- vechamiento.....	105
4C. Matriz de correlación para <i>A. angustissima</i> de las variables medidas en las podas.....	106
5C. Matriz de correlación para <i>C. calothyrsus</i> de las variables medidas en las podas.....	106
6C. Matriz de correlación para <i>Albizia sp.</i> de las variables medidas en las podas.....	106
7C. Matriz de correlación para <i>G. sepium</i> de las variables medidas en las podas.....	106

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Subdivisión Administrativa de la Región Atlántica y ubicación del experimento . Diamantes, Guápiles, Costa Rica.....	5
2. Precipitación mensual del período de ex- perimentación y promedio mensual acumulado por 41 años de la Estación meteorológica ubicada en la Estación Experimental Diamo- ntes.....	38
3. Porcentajes utilizados en el muestreo de la variable nodulación de las especies es- tablecidas en el ensayo. Diamantes, Guápiles, Costa Rica.....	44
4. Crecimiento en altura de 12 especies fores- tales de uso múltiple en Diamantes, Guápiles....	49
5. Producción media de biomasa por árbol para 11 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.	55
6. Producción media de biomasa por árbol de 9 especies fore- tales de uso múltiple producto de la poda, cada tres me- ses durante 9 meses en Diamantes, Guápiles.....	62
7. Efecto de la poda cada tres meses sobre la producción de biomasa de 8 especies forestales de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.....	63
8. Producción en biomasa total por árbol producto de la poda a los tres meses en función de la al- tura total del árbol, para 4 especies de uso múltiple, Diamantes Guápiles.....	78

1. INTRODUCCION.

En Costa Rica, como en el resto de América Central, el proceso de deforestación fue acelerado a partir de la década de 1950. Ya en 1980 el porcentaje de bosque natural cerrado y abierto era únicamente 36 % del país, esto indica que la destrucción de los bosques ha sido rápida, estimándose que se pierde entre 3.6% y 3.9 % anual de este recurso. La Zona Atlántica de Costa Rica no ha escapado a este proceso de deforestación acelerado. Después de talar los bosques, las tierras pasan por una etapa temporal de cultivos y usualmente, terminan como pastizales. Esta situación ha expuesto, por primera vez, suelos muy frágiles a una explotación intensiva, ocasionando pérdida de fertilidad y disminución de la productividad (Leonard, 1987).

Según Van Sluys (1989), el área cubierta por pastizales en la Zona Atlántica de Costa Rica era de 232.000 hectáreas en 1984, de acuerdo al censo de ese mismo año y que aún no ha sido publicado, esto representaba un aumento de 161100 hectáreas desde 1973. En el mismo informe menciona los problemas de los suelos de la región; degradación estructural en la capa superficial del suelo, compactación, lixiviación de nutrientes, deficiencias de los micronutrientes, retención de fosfato, problemas de drenaje, riesgo de inundación, escorrentía y erosión.

Parte de estos problemas se podrían solucionar con la introducción de especies forestales de uso múltiple, las que por sus características pueden ser introducidas en los sistemas de producción bajo las condiciones climáticas del trópico húmedo. Algunas de estas características son, contribuir a disminuir la erosión, son de fácil establecimiento, fijación de nitrógeno en el caso de las leguminosas, producción de forraje, madera, leña y se pueden utilizar como poste vivo y para sombra.

Las leguminosas arbóreas son un grupo muy importante dentro de las especies forestales de uso múltiple, algunas de estas especies ya están siendo utilizadas por los agricultores como *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium*; sin embargo, hay otras especies potenciales que no han sido estudiadas en detalle y que podrían adaptarse a las condiciones del sitio, ofreciendo la posibilidad de obtener productos y servicios a corto plazo en los sistemas de producción de los pequeños agricultores de la región.

1.1. Hipótesis

El presente trabajo parte de la hipótesis nula de que no existen diferencias en crecimiento y producción de biomasa entre las especies arbóreas en estudio.

1.2. Objetivos

Basado en lo anterior, se planteó el siguiente objetivo general:

Estudiar experimentalmente la adaptación y producción de varias especies de leguminosas arbóreas promisorias para el área de estudio, que tengan mejor aptitud como especies de uso múltiple.

Además, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- 1- Identificar las especies con mayor producción de forraje, biomasa y leña.
- 2- Determinar la calidad del forraje producido por estas especies bajo un régimen de podas.
- 3- Determinar la capacidad de respuesta de las especies al corte periódico.

4- Determinar si existen diferencias en la capacidad de nodulación entre especies .

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1. La Región Atlántica

La Región Huertar Atlántica de Costa Rica está constituida por la provincia de Limón y el distrito de Horquetas de la provincia de Heredia (Figura 1), y comprende una área de 10047 km² (19 % del país).

2.1.1. Uso de la tierra

El Cuadro 1 se presenta el uso de la tierra en 1982, en esta Región.

Cuadro 1: Uso de la tierra para la Región Huertar Atlántica de Costa Rica, hasta 1982.

Categoría	Región Huertar Atlántica 1982	
	(ha)	%
Cultivos anuales	19000	1.9
Cultivos permanentes	78300	8.0
Pastos	232900	23.2
Bosque, matorral dentro de fincas	-	-
Area agrícola finca	652200	64.9
Area no-agrícola	352500	35.1
Area Total	1004700	100

Fuente: (Sluys et al, 1989)

Se puede observar (Cuadro 1) el alto porcentaje de tierras que está cubiertas de pastos, con respecto a las otras categorías, de esta área solo una pequeña parte de los pastos es dedicada a la producción intensiva de leche; la mayoría está dedicada a la producción extensiva de carne, los potreros son generalmente producto de la corta de los árboles, que luego se cerca provisionalmente con alambre de púas y ahí se mantiene el ganado el cual recibe poco cuidado (Sluys, 1989).

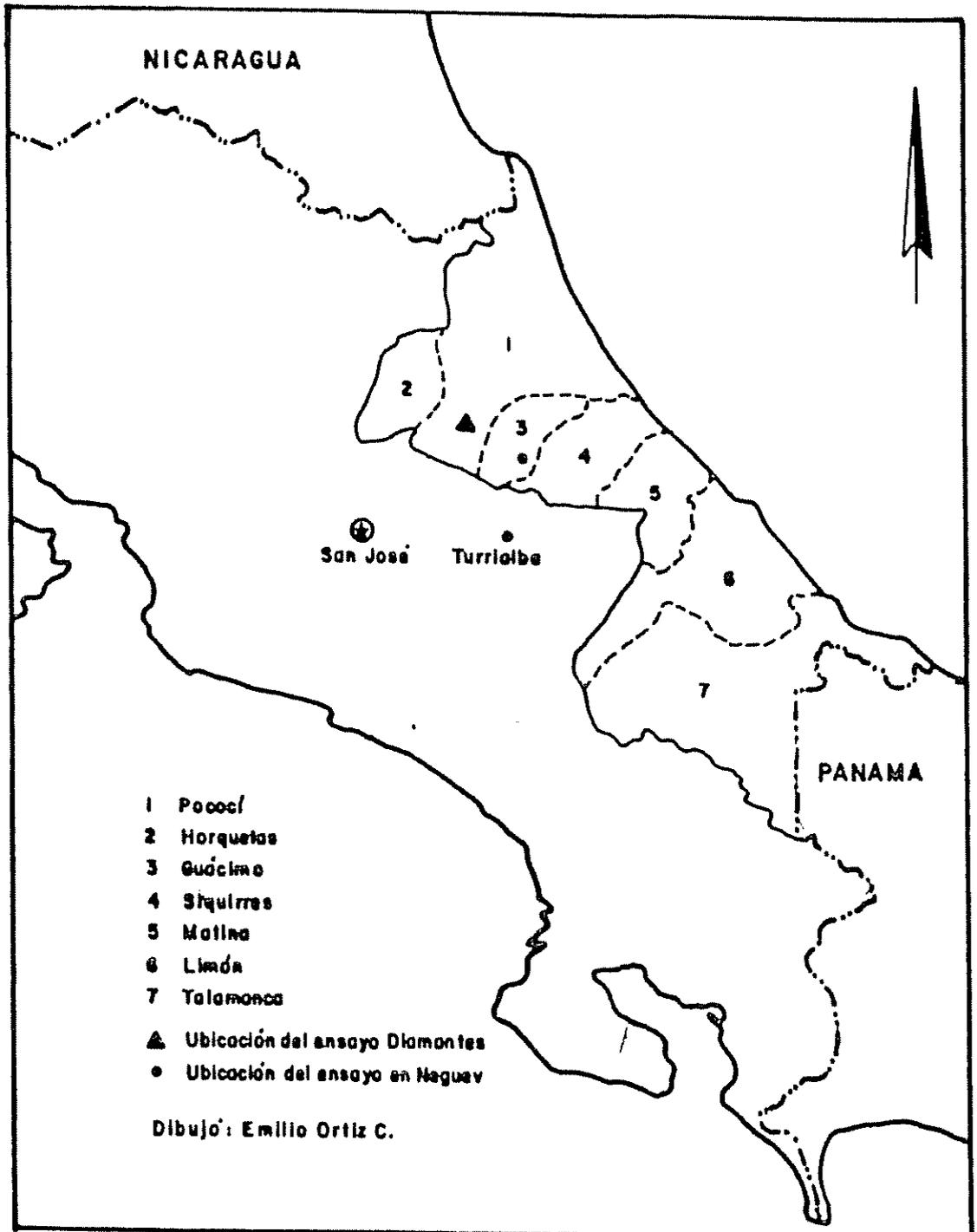


Figura 1: Subdivisión Administrativa de la Región Huetar Atlántica y ubicación del experimento. Diamantes, Guápiles, Costa Rica

Con respecto al área de cultivos la única información disponible es de 1973. Según este censo los principales productos son: banano, 20.698 ha; cacao, 17.224 ha; maíz, 5.245 ha; plátano, 15.551 ha; coco; 940 ha; arroz, 753 ha y otros (Yuca, frijol, caña de azúcar, café (1.368 ha).

2.1.2. Tenencia de la tierra

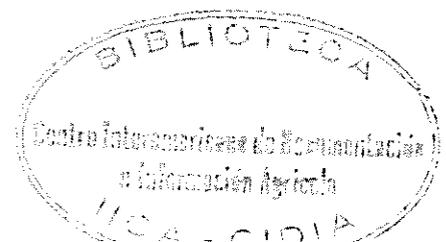
El número de fincas y su distribución por tamaño se presenta en la Cuadro 2.

Cuadro 2: Número de fincas y su distribución por tamaño para la Zona Atlántica de Costa Rica.

Tipo de finca	tamaño (ha)	No	(%)	Area (ha)	(%)
Minifundio	0 a 4	1754	19	3400	1
Finca campesina	4 a 20	4445	49	43000	15
Finca mediana	20 a 200	2577	29	125100	44
Latifundio	más 200	252	3	114700	40
Total		9028	100	286200	100

Fuente: (Sluys et al, 1989)

Se aprecia que la mayor cantidad de fincas está en manos de pequeños agricultores, pero la mayor cantidad de área un 44% corresponden a fincas medianas, siempre existiendo un alto porcentaje de ellos en forma de latifundio.



2.1.3. Población

De 1963 a 1973 el crecimiento de la población en la región fue de 5.6 % por año, comparado con un 3.5 % de 1973 a 1984. Estos valores están por encima de tasa de crecimiento anual del país en ambos periodos, la cual fue de 3.3% y 2.3%, respectivamente. Estas altas tasas de crecimiento son producto de la migración que existió de otras regiones hacia la Zona Atlántica existiendo para 1984 una población de 178.427 habitantes y una densidad de 18 personas por km² (Sluys *et al*; 1989).

2.2. Árboles de uso múltiple

Budoswski citado por (Carlowitz, 1984), indica que un árbol de uso múltiple es aquel que además de los productos normalmente esperados tales como madera, leña, influencia microclimáticas, mejoramiento del suelo y aporte de materia orgánica, suministra otros productos y servicios adicionales significativos tales como fijación de nitrógeno, forraje, productos alimenticios, gomas, resinas, fibras y productos medicinales.

También es definido como una especie leñosa, incluyendo árboles grandes y pequeños, arbustos, matorrales, palmas, enredaderas leñosas y bambús, la cual se puede utilizar de varias formas (Camacho, 1989).

Carlowitz (1984) indica que los árboles y arbustos de uso múltiple son aquellos que han sido cultivados y manejados preferiblemente para más de un uso, usualmente económico o ecológico; principalmente para obtener mayores productos y servicios, dentro de cualquier sistema múltiple de uso de la tierra y especialmente en sistemas agroforestales.

2.3. Leguminosas arbóreas

Las leguminosas arbóreas tropicales, tienen una serie de características que las hace muy prometedoras para su utilización en sistemas agroforestales; algunas de estas características son: crecimiento rápido, capacidad para fijar nitrógeno, producción de semilla a muy temprana edad, algunas presentan capacidad de rebrote, alta supervivencia en condiciones edáficas desfavorables y las hojas de tamaño pequeño favorecen la combinación con cultivos (New directions..., 1982)

Felker (1979) menciona que las leguminosas arbóreas tienen la capacidad de adaptarse a condiciones de aridez, presentan alta productividad, habilidad para fijar nitrógeno y producción de proteínas para alimento de humanos y animales.

Budowski *et al*; (1983) describe los beneficios de utilizar árboles leguminosos como sombra, los cuales ya han sido utilizados por los agricultores, especialmente para sombra en cultivos perennes, como café y cacao; también ofrecen sombra para animales y pastos, permiten la asociación con cultivos anuales (alley cropping) y otras combinaciones como rompevientos, barreras protectoras y postes vivos.

2.4. Uso de follaje arbóreo para alimentación de ganado

Los recursos forrajeros proteicos son escasos en los trópicos, por consiguiente la búsqueda de nuevas fuentes es constante.

Los pastos tropicales tienen un contenido bajo de proteína cruda y alto de pared celular, en comparación con los pastos de las zonas templadas, a similares edades de crecimiento. El rendimiento de materia seca de las especies

tropicales, por otro lado, sobrepasa con frecuencia al de los pastos de las zonas templadas (Mcilroy, 1980).

El contenido de proteína cruda se ha utilizado como un indicador de valor nutritivo, cuanto mayor sea el contenido de proteína tanto mayor será el valor nutritivo (Mcilroy, 1988). Sin embargo el valor nutritivo de cualquier forraje en particular, no depende únicamente de su contenido nutritivo sino también de la cantidad consumida y asimilada por el animal (Torres, 1985).

Las hojas de árboles leguminosos y no leguminosos pueden ser un complemento importante en la alimentación animal y son una fuente nutritiva potencial en sistemas de producción de menor intensidad, donde pueden usarse como suplemento a las pasturas de baja calidad (Bray, Jones y Probert, 1985) citado por (Ramírez, 1990)

Benavidez (1983) señala que en América Central muchos productores utilizan el follaje de numerosas especies de árboles para alimentar a sus animales, y que estos follajes poseen cualidades nutritivas iguales o superiores a los pastos y alimentos concentrados de uso tradicional.

Brewbaker (1981) menciona que muchos árboles leguminosos son comunmente usados para forraje, incluyendo a *Cassia sturtii*, *Desmanthus virgatus*, *Leucaena leucocephala* y *Sesbania grandiflora*, *Acacia mearnsii*, *Albizia lebbek*, *Gliricidia sepium* y *Mimosa scabrella*. / Indica además que muchas de las 600 especies de *Acacia spp* presentan partes fibrosas no palatables en las hojas, por ejemplo la presencia de mimosina y otros alcaloides en algunos árboles leguminosos requiere de precaución en su utilización como forraje.

La producción de biomasa comestible de especies arbóreas para la producción de forraje, ha sido estudiada por Pineda (1988) en Guatemala, para las especies *E. poeppigiana*, *G. sepium*, *Arbustus xalapensis*, *Spondias sp.* Este autor obtuvo producciones por árbol de 3.8, 2.4, 2.7,

2.6 kg de materia seca respectivamente, para una frecuencia de poda de 5 meses.

Al utilizar follajes arbóreos para alimentar cabritos suplementados con banano maduro de desecho, se observó que las mejores ganancias de peso se obtuvieron al usar *E. berteriana* y *G. sepium* (54 y 60 g/animal/día respectivamente); sin embargo, al usar *E. poeppigiana* se obtuvieron ganancias menores, lo que puede atribuirse a la menor cantidad de materia seca del follaje y a la menor tasa de digestibilidad in vitro que esta especie arbórea tiene con respecto a las otras (Benavidez, 1986).

En un estudio con vacas de doble propósito se encontró valores de consumo de materia seca de 4, 0.9 y 0.2 kg/100 kg de peso vivo de follajes de *G. sepium*, *L. leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* respectivamente (Vargas et al; 1987).

Estudios recientes para comparar la producción de leche en cabras estabuladas alimentadas con poró (*E. poeppigiana*) y madero negro (*G. sepium*) y suplementadas con plátano (*Musa sp*), indican que la producción de leche fue más alta cuando se les dió forraje de poró. La disminución del consumo de madero negro pudo deberse a la variación encontrada en los contenidos de materia seca y digestibilidad in vitro de este material (Vargas et al; 1987).

Vargas (1988) observó el efecto de la suplementación del forraje de poró (*Erythrina cocleata*) en tres niveles, sobre el crecimiento de toretes en pastoreo y el efecto del uso de un suplemento energético (banano) en combinación con poró. Se encontraron diferencias significativas de incrementos de peso entre tratamientos, las ganancias diarias de peso en promedio fueron de 0.579, 0.524, 0.509 0.398 y 0.380 kg/día para los tratamientos (poró 0.5 % con banano), (poró a 0.5%), (poró a 0.7 %), (solo pastoreo), (poró a 0.3 %) respectivamente.

Abarca (1989) utilizó el poró (*E. poeppigiana*) como suplemento proteico de vacas lecheras en pastoreo, se probaron tres formas de suplementación, (1) pastoreo + poró + 1 kg de melaza en cada ordeño, (2) pastoreo + poro mezclado con 1 kg de melaza + 0.05 kg de melaza en cada ordeño, (3) 3kg de concentrado comercial en dos ordeños, los consumos para cada forma de suplementación fueron de 4.1, 3.3, 2.4 (kg/vaca/día) respectivamente. Se encontraron diferencias significativas con respecto a la forma en que se suministro la melaza, hubo un mayor consumo de proteína cruda pero con un aporte menor de energía de la mezcla poró-melaza, indicando que la adición de melaza incremento el consumo del poró. A pesar de que los tratamientos con poró y melaza aportaron más materia seca y energía que el concentrado comercial, este último logró un incremento moderado, pero significativo en la producción de leche.

2.5. Uso de leguminosas arbóreas para leña

En Costa Rica la leña fue el combustible más utilizado (casi 60%) hasta finales de la década de los sesenta, y en 1983 la leña representaba el 33% del consumo total de energéticos (Canet 1986) siendo este producto después del petróleo, la fuente de energía más importante para el país (Camacho, 1989).

Una tercera parte de la población costarricense utiliza leña para la cocción de los alimentos, de las cuales el 90 % se ubica en la áreas rurales.

El consumo de leña anual per cápita en el país es de 1.15 tm (7 tn/familia/año aproximadamente). El consumo de la leña en el sector industrial es menor al consumo doméstico, con casi 15 % del consumo total. La leña provee el 21% de toda la energía consumida por el sector (Cussianovich y Aguirre) citado por (Canet, 1986). La leña también es utilizada en beneficios de café, salineras,

caleras, ladrilleras, trapiches, panadería, cerámica y otras (Canet, 1986).

En 1980 se realizó una encuesta a nivel nacional sobre el consumo de leña por región, encontrándose que en la Zona Atlántica un 22 % de los encuestados utilizaban leña, en comparación de 54 % a nivel nacional (Lemckert, 1980). Las especies más utilizadas en la región fueron, *Psidium guajaba*, *Terminalia* e *Inga sp* (Torres, 1980).

A pesar del poco consumo de la leña en la región Atlántica, por el avance de la desforestación, es importante introducir especies de crecimiento rápido, que a la vez sirvan para leña con el objetivo de abastecer la demanda de la creciente población humana.

Una de las características que se debe analizar en las especies arbóreas además de la producción en biomasa de leña es el poder calórico de la misma, el cual se define como la cantidad de calor liberado por la combustión por la unidad de peso de ese cuerpo (Doat, 1977).

2.6. Nodulación en leguminosas arbóreas

La formación de los nódulos se debe a la infección bacteriana, por lo que el nódulo es una característica de la mayoría de los miembros de la familia de las leguminosas Ward citado por (Esquivel, 1963).

Russo (1983) destaca la diferencia que existe entre el proceso de nodulación y la fijación propiamente dicha, el primero es una respuesta hiperplástica del tejido radical ante la infección de bacterias del género Rhizobium, mientras que la fijación es una reacción de reducción de N^2 que ocurre en presencia de la enzima nitrogenada que se encuentra dentro de los bacteroides de Rhizobium existente en el seno del nódulo.

La forma, el número y la distribución de los nódulos varían mucho entre plantas y entre especies. Las plantas

anuales cultivadas tienen en general nódulos grandes, carnosos, esféricos, piriformes, claviformes o flavelados, aislados o en grupo y distribuidos sobre todo en torno a las raíces axanomorfas o a laterales primarias. Las plantas perennes o bienales tienden a producir nódulos más pequeños, alargados, arracimados muy distribuidos, forman nódulos constantemente en las partes jóvenes del sistema radical (Esquivel, 1963).

Los nódulos varían ampliamente en forma, tamaño, color, textura y ubicación. La forma y ubicación de los nódulos efectivos es determinada principalmente por la planta huésped. El tamaño, color y distribución de los nódulos en la raíz refleja el tipo de asociación Rhizobium-leguminosa y su eficiencia de fijación de nitrógeno, lo cual varía ampliamente con la cepa de Rhizobium (FAO, 1985). Los nódulos efectivos son generalmente grandes y se agrupan en la raíz primaria y en las raíces secundarias superiores, los nódulos inefectivos son pequeños, numerosos y con frecuencia distribuidos en todo el sistema radicular (FAO, 1985).

Dommergues (1982) menciona algunos factores que limitan la nodulación y fijación de nitrógeno en árboles de zonas áridas donde el estrés por falta de agua y las temperaturas altas a nivel de las raíces no permiten el desarrollo de los nódulos. Suelos con pH ácidos o muy alcalinos afectan el crecimiento así como la nodulación de algunas especies. La deficiencia de fósforo en suelos tropicales y especialmente los suelos ácidos es un factor que afecta el crecimiento de la planta, por lo tanto también afecta la nodulación y fijación de nitrógeno.

Russo (1983a) también menciona algunos factores que afectan la nodulación y la fijación, dentro de los cuales se pueden citar la disponibilidad de fuentes de energía, la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, la presencia o ausencia de oxígeno en el suelo y en los nódulos, la acidez, temperatura y humedad del suelo y por supuesto la cantidad y disponibilidad de macro y micro nutrimentos en el suelo.

Roskoski (1981) al trabajar en cafetales con sombra de *Inga vera* e *Inga jinicuil*, estimó que la fijación de N^2 por la especie *I. jinicuil* es aproximadamente 35 kg N^2 /ha-año, mientras que la especie *I. vera* no presentó nódulos. En *G. sepium* y *Acacia pennatula*, encontró que la cantidad de nitrógeno fijado por *A. pennatula* fue cerca de 35 kg N^2 /ha-año y para *G. sepium* de 13 kg N^2 /ha-año (Roskoski, 1982). En el mismo estudio encontró que los nódulos de *I. jinicuil* se encontraban cerca de la planta de café, debajo de la hojarasca y además que en la época de floración y caída de hojas disminuyó la actividad de los nódulos.

En sistemas agroforestales de *E. poeppigiana* combinado con *Theobroma cacao* en Brasil, se determinó que la mayor densidad de nódulos así como la mayor actividad de la fijación ocurre cuando las hojas son jóvenes y tienen mayor potencial de fotosíntesis (Aranguren, 1984).

Russo (1983a) al trabajar con *E. poeppigiana* en un sistema agroforestal con café, encontró que el efecto de la poda a los 3 meses afecta la nodulación ya que esta disminuye, recuperándose a los 6 meses. Además encontró que la mayor cantidad de nódulos se encontraban a 0.5 m del árbol. Con *E. poeppigiana* en un cacaotal, fueron encontrados los nódulos a los 10 cm de profundidad (Santana, 1982).

Ding et al; (1986) midieron la actividad de los nódulos de varios árboles leguminosos, por medio del método de la reducción de acetileno, además evaluaron el tamaño y forma de los mismos, pudiendo observar que los nódulos de las especies pertenecientes a la familia de las papilionáceas eran generalmente circulares y elípticos; sin embargo para las especies de familias mimosáceas y caesalpináceas fueron cilíndricos y o ramificados.

Con el método de la reducción de acetileno, se determinó que las especies con los valores más altos fueron *Leucaena leucocephala*, *Acacia auriculiformis* y *Tamarindus indica*, con de 24.66, 12.66, 10.44 micromoles C_2H_4 g nódulos frescos /hora, respectivamente (Ding, 1986).

Cuadro 3: Algunas características de las especies en estudio.

Especie	Origen	Temp. CO	Altitud (m)	Precip. (mm)	Suelo	Altura alcanzada	Producción	Capacidad rebrote	Calidad forraje	Modulación	otros usos
ALBZFA	Nueva Guinea Java	22-29	< 1000	2500-5000	drenados fértiles	45 M	39M3/ha-año	si	?	si	madera, pulpa leña, madera.
ACRCAU	Australia Sur de Asia	26-30	700-1200	1500-1800	alcalinos, pobres, ácidos	30 M	17m3/ha-año	si poca	14 % PC 29% DIUMS	si	
ACACAN	A. Central	?	< 2700	?	pedregosos	7 M	?	si	23% PC 59% DIUMS	?	forraje, leña cerca
MIMOSC	Brasil y Argentina	12-18	500-1500	1100-3500	ácidos, alto de aluminio	12 M	7-9 ton/ha-año	no de cepa	si	si	leña, madera taninos
CALACA	A. Central	17-25	150-1500	2000-4000	livianos, drenados.	10 M	35-65 M3/ha-año	si	22% PC 35-42% DIUMS	si	madera, leña, forraje
ERYTFU	A. Central Sur América	?	< 1500	?	arcillosos poco drenados	30 M	?	si	?	si	sombra, cerca viva
ACROFR	India	?	700-1200	1300-2200	profundos húmedos	30-40M	47.5 M3/ha-año	si	?	?	madera, pulpa sombra
GUZULI	Sur México, N de Argentina	20-30	< 2000	700-1500	livianos, pesados	30 M	3.8kg/arb/años	si	7-16 % PC 40-55% DIUMS	no	forraje madera, leña
DYPHRO	Sur México A. Central	?	?	?	baja fertilidad	16 M	?	si	?	?	madera, vigas
ERYTPO	Sur América Panama	18-28	0-1400	1500-4000	pobres, arenosos	40 M	13.7ton/ha-año	si	25-34 % PC 52-67% DIUMS	si	sombra, pulpa
GLIRSE	Sur México A. Central	22-30	< 1600	1500-2500	húmedos, secos	10 M	17.3ton/ha-años	si	22-27 % PC 50-75% DIUMS	si	forraje madera, leña

PC: Proteína Cruda.

DIUMS: Digestibilidad in vitro de materia seca.

La especie número 12 ALBZFA no se pudo identificar por falta de material fértil.

1: la única especie que no es leguminosa.

Nota: las fuentes de este cuadro están citadas en el texto.

2.7. Especies estudiadas

En el Cuadro 3 se describen algunas de las características más importantes de las especies en estudio. A continuación se realiza una descripción general por especie.

2.7.1. *Albizia falcataria*

Originaria de Nueva Guinea e introducida en Java y distribuida en el este de Asia y Africa (Ugalde, 1985). Crece en condiciones de temperatura media anual de 22-29 °C, en un rango altitudinal desde 0 hasta cerca de 1000 msnm, siendo la precipitación media anual en su distribución natural es de 2500-5000 mm. Se le encuentra en suelos bien drenados, profundos y de alta fertilidad (NAS, 1984).

En condiciones favorables alcanza 15 m de altura a los 3 años, 30 m a los 10 años y 44 m a los 17 años (NAS, 1984), en el Cuadro 4 se puede apreciar el crecimiento de la especie en varios sitios.

Se ha reportado rendimientos de 39 m³/ha-año en 10 años y en suelos de mejor calidad puede producir hasta 50 m³/ha-año. La madera es considerada excelente para tableros de fibra y partículas (NAS, 1984).

Esta especie ha demostrado que produce buen carbón y su valor calorífico varía entre 11976 y 14032 kJ/kg (NAS, 1984).

La información con respecto a su capacidad para fijar nitrógeno indica que para esta especie una actividad de 0.48 micromoles de C₂H₄/ de nódulos frescos por hora, un valor relativamente bajo en comparación con *L. leucocephala* la cual presentó el mayor valor 24.66 micromoles. Los nódulos evaluados eran de forma elíptica y de 5.0 x 5.5 mm (Ding, 1986).

Cuadro 4: Crecimiento de *Albizia falcataria* en varios sitios.

Sitio	Edad (años)	Espaciamiento (m x m)	h total (m)	IMA	dap (cm)	IMA.
San Carlos, Costa Rica.	2.0	2x2	5.5	2.7		
Alajuela, Costa Rica	2.0	1x2	1.4	0.7	4.8	2.4
San Ramón, Costa Rica	1.5	2x2	2.8	1.9	3.7	2.5
Thailandia	2.0		3	1.5	4.9†	2.5
Guatemala	1.1	2x2	2.4	2.2		
Managua, Nicaragua	2.5	1.6x2	4	1.6	4.5	1.8
Hawaii, Malaysia Indonesia y Filipi nas ¹	1.0		7	7		
	3.0		13-18	4.3-6		
	4.0		21	5.3		
	10.0		50	5	60	6

Fuente: (CATIE, 1986a), (Ugalde, 1985), (Yantasaths, 1985) h: altura dap: diámetro a 1.3 m sobre el suelo
¹ (Domingo, 1983) † diámetro basal.

Dommergues (1987) informa que presenta una nodulación abundante, lo cual sugiere una buena capacidad para fijación de nitrógeno. NFTA, (1989) agrega que la nodulación ocurre en suelos con suficiente materia orgánica y pH de 5.5 a 7.0.

Otros usos que se le dan al especie son sombra, taninos, madera, protección de suelos, madera para pulpa (NAS, 1984).

2.7.2. *Acacia auriculiformis*

Originaria del norte de Australia, Nueva Guinea y sur de Asia. Crece en condiciones tropicales húmedas con una temperatura media anual de 26-30 °C, en un rango altitudinal desde 700 a 1200 msnm, la precipitación media anual en su habitat natural es de 1500-1800 mm, distribuidos durante 6 meses (Ugalde, 1985).

En general es un árbol pequeño y puede alcanzar una altura de 30 m (NAS, 1984). Se le encuentra en varios tipos de suelos con rango amplio de pH (Ugalde, 1985). Se desarrolla en suelos pobres y ácidos (NAS, 1984)

NAS (1984) la presenta como una especie pobre para rebrotar, aunque Wiersum (1982) mencionando a Soedibja (1953), recomienda la práctica de la poda pero abajo de 50 cm y bajo sombra.

El Cuadro 5 muestra el crecimiento de la especie en varios sitios.

En cuanto a producción de madera se ha obtenido entre 17 a 20 m³/ha en plantaciones con 12 años de edad bajo condiciones de Indonesia (NAS, 1984). Para leña se ha establecido a gran escala en Indonesia y India, presenta un valor calorífico de 20064 y 20482 kJ/kg, la cual la hace bastante apropiada para este uso (NAS, 1984).

/

Cuadro 5: Crecimiento de *Acacia auriculiformes* varios sitios.

Sitio	Edad (años)	h total (m)	IMA	dap. (cm)	IMA
Honduras	2.0	5.6	2.8	4.2	2.1
León, Nicaragua	2.9	5.6	1.9	4.8	1.6
San Carlos, Costa Rica	2.0	5.3	2.7		
San I.Gel. Costa Rica	2.0	1.4	0.7		
Acosta, Costa Rica	2.0	1.7	0.7		
Indonesia	5.0	12.4	2.5	9	1.8
	6.0	14.0	2.8	11.4	1.9
	7.0	15.2	2.2	13.3	1.9
	10-12	15-18	1.5	15-20	1.5-1.7
Nueva Guinea	2.0	6	(3)	5	2.5
Malasia	3.0		9-12		4.3-4

Fuente: (CATIE, 1986a); (Wiersma, 1982); (Ugalde, 1985)

IMA: incremento medio anual.

No existe información en la literatura con respecto a su uso como forraje. Sin embargo Ramírez (1990) en Costa Rica reporta para esta especie valores de proteína cruda de 14.6 % y 16.8% para edades de rebrote 4 y 6 meses respectivamente. Siendo los valores de digestibilidad *in vitro* de 29.4 % y 27.6 % bajos esas frecuencias de poda.

Domingo (1983) sugiere que la especie tiene potencial para la fijación de nitrógeno, ya que produce gran cantidad de nódulos. Ding (1986) en un estudio en China analizó la actividad de nódulos de esta especie con el método de la reducción de acetileno, siendo la actividad de 12.66 micromoles de C_2H_4 /nódulos/hora, el segundo lugar después de *Leucaena leucocephala* (24.66 micromoles) de 19 especies

analizadas. Los nódulos observados eran de forma circular y de 11x15 mm.

Entre los otros usos que se mencionan para esta especie se pueden citar; para conservación de suelos, madera, pulpa, sombra, taninos y ornamental (NAS, 1984; NFTA, 1987).

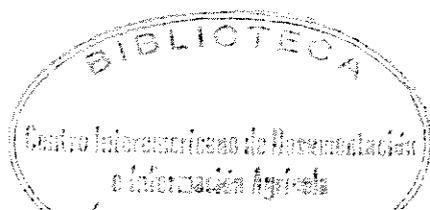
2.7.3. *Acacia angustissima*

Es originaria de América Central, en Guatemala se desarrolla en zonas secas desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm, en suelos pedregosos y puede alcanzar una altura de 7m (Stanley, 1976).

Holdrige (1975) la describe como un arbusto que se extiende desde el sur de los Estados Unidos, hasta Costa Rica. En Costa Rica crece en elevaciones medianas, con climas de húmedos a muy húmedos.

En Costa Rica fue establecida en parcelas experimentales por el (CATIE, 1986a), en parcelas plantadas a 2m x 2m el crecimiento obtenido a 18 meses en San Ramón plantada a 2 m x 2m, fue de 2.5 m en altura y de 2.4 cm en dap. En otro sitio de San Ramón, una parcela de 14 meses plantada a 3m x 3m, la altura total fue de 3.9 m y un dap de 3.2 cm.

Con respecto a la utilización de la especie como una fuente de forraje, ha sido estudiada por Pineda (1988) en Guatemala, reporta un contenido de proteína cruda de 23.2 % siendo este el mayor valor de las 14 especies analizadas, además un valor de 58.6 % de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Estos valores de digestibilidad son comparables con los obtenidos en *G. sepium* (58.2 %) pero no así con los de *Arbustus xalapensis* que presentó valores de 66.9 %.



Ramírez (1990) en una reciente evaluación de 5 especies encontró, para esta especie valores de proteína cruda de 24.3% y 22.7% para rebrotes de 4 y 6 meses respectivamente. A estas misma edades de rebrote la DIVMS fue 34.2 % y 35.1 %. Estos valores no fueron tan diferentes con los presentados por *G. sepium*, para proteína de 23.6 % y 23.1 %, pero respecto a la digestibilidad in vitro *G sepium* presentó los valores más altos 60.5 % y 57 % respectivamente.

Brewbaker, (1987) la incluye como una especie potencial para la fijación de nitrógeno, además se mencionan usos como para leña, cercas y sombra.

2.7.4. *Mimosa scabrella*

La especie es nativa del sureste de Brasil, se ha introducido en algunos otros países de América, Africa y Portugal, recientemente se ha ensayado en la región centroamericana, principalmente en Costa Rica

Es un árbol de crecimiento rápido apropiado para zonas húmedas y elevaciones medianas a altas su habitad natural se encuentra con mayor frecuencia en áreas con temperatura media anual desde 12 °C hasta 18 °C. En Costa Rica crece en áreas con temperaturas medias anuales de 18 °C a 22 °C. La región de origen de esta especie se caracteriza por ser bosque nublado, con precipitaciones anuales entre 1100 mm y 3500 mm. El rango altitudinal en que se desarrolla va de 500 a 1500 msnm (CATIE, 1986b).

Los suelos en que se desarrolla en su distribución natural son ácidos, con pH entre 4.8 y 5.1, deficientes en fósforo, potasio, calcio, magnesio y altos en contenido de aluminio (CATIE, 1986b).

La especie puede alcanzar hasta 5 m de altura en 14 meses, en dos años 8 a 9 m y a las tres años alcanza una altura de 15 m (NAS, 1984). En San Ramón, Costa Rica, se han obtenido crecimientos de 1.0-1.5 m de altura en suelos

compactados, pero en suelos profundos y fértiles de 8.0-10.0 m en altura y 20 cm de diámetro. En combinaciones con café se ha alcanzado una altura en 24 meses de 5.2 m y un diámetro de 7.7 cm (Picado, 1985).

Esta especie no rebrota de cepa. En Costa Rica cuando se asocia con café se poda dejando algunas ramas, lo cual permite continuar su crecimiento. Si se poda muy intensamente el árbol puede morir. En su área natural se maneja la regeneración natural en áreas abiertas, la cual es estimulada por el paso del fuego (Campos y Bayer, 1985).

La especie se ha usado para leña para consumo doméstico y en la industria rural. Su producción varía entre 7-9 tn/ha-año en plantaciones como sombrío de cafetales. Su poder calórico obtenido en Costa Rica ha variado entre 17420 y 18460 kj/kg (CATIE, 1986b).

La madera se ha utilizado para obtener postes para cerca y construcciones rurales. También puede emplearse para la fabricación de papel. La especie es apropiada para sombra de cultivos agrícola (CATIE, 1986b).

La especie fija nitrógeno y forma rápidamente un mantillo de hojarasca fina, rica en nitrógeno, que mejora las condiciones físicas y químicas del suelo. Se ha observado una nodulación abundante aún en suelos muy ácidos (CATIE, 1986b).

También la especie puede usarse/ como forraje, para apicultura y ornamentación (CATIE, 1986b).

2.7.5. *Calliandra calothyrsus*

Originaria de América Central, el rango óptimo de precipitación para su crecimiento se encuentra entre 2000 a 4000 mm por año, sin embargo también crece bien en algunas regiones con mucho menor precipitación (NFTA, 1988). La altitud donde se desarrolla oscila entre 150 a 1500 msnm. En

el área de distribución natural la temperatura promedio anual varía entre 17 °C y 25°C (NAS, 1984).

La especie crece mejor en suelos de textura liviana, bien drenados, además soporta suelos pobres, con pH 5 y altos contenidos de aluminio y arcilla (CATIE, 1986b).

En el Cuadro 6 se presentan algunos resultados obtenidos por el CATIE (1986a) respecto al crecimiento de esta especie.

En plantaciones en Java, se han realizado cosechas anuales de una producción de 35-65 m³/ha-año por más de 20 años (NAS, 1984).

La producción de leña y biomasa total es variable según los sitios y la densidad de plantación. Durante el primer año las plantas pueden rendir entre 5 y 20 m³/ha. Luego se efectúan cortas anuales de los rebrotes que producen entre 35 y 65 m³ de leña por ha (NAS, 1983) El CATIE (1986b) obtuvo producciones de biomasa verde de 3.3 tm/ha/año en plantaciones de 2.5 años y 2500 árboles/ha y 12.8 tm/ha/año en plantaciones de dos años y 5000 árboles/ha. La especie produce leña de buena calidad con un poder calórico de 18768 kJ/kg, además produce carbón de buena calidad (CATIE, 1986b).

NFTA (1988) reporta valores de proteína cruda en hojas y tallos verdes de 22 % y una producción de forraje de 46.2 ton/ha-año, pero su contenido de taninos de 10% sea responsable de su baja (35-42 %).

Cuadro 6: Crecimiento de *Calliandra calothyrsus* en varios sitios de América Central.

Sitio	Edad (años)	Espaciamiento (m x m)	h total (m)	IHA	dap. (cm)	IHA
La Máquina, Honduras	2.0	2x2	3.5	1.8	2.9	1.4
Rio Abajo, Honduras	3.5	2x2	2.4	0.7	1.8	0.5
Hojancha Costa Rica	1.0	2x2	2.5-3.5	2.5-3.5		
Sebaco, Nicaragua	3.0	2x2	3.6	1.2	3.6	1.2
Azuero, Panamá	2.0	2x2	2.5	1.3		
Turrialba, Costa Rica	1.0	2x2	2.5-3.9	2.5-3.9		
La Libertad, Costa Rica	2.0	2x2	5.4	2.7	4.1	2
Santa Clara, Costa Rica	3.0	2x2	4	1.3	4.8	1.6

Fuente: (CATIE, 1986a); (Campos, 1987)

IHA: incremento medio anual.

Calliandra fue estudiada Ramírez (1990) quién da valores de proteína cruda según la edad de rebrote de 20.5 % y 18.3% para de 4 y 6 meses respectivamente y una digestibilidad in vitro de 37.0 % y 30.2 % para rebrotes de la misma edad.

La especie ha mostrado una nodulación de rápido crecimiento (Domingo, 1983).

Otros usos que se menciona son, para resina, en setos, ornamental, taninos, abono verde (NAS, 1984).

En Turrialba, Costa Rica en plantaciones de siete años, la especie mostró un crecimiento y forma excelente, con volúmenes de 47,5 m³/ha-año y buena calidad de madera (Whitmore, 1976)

El Cuadro 7 presenta el crecimiento de la especie en varios sitios.

Cuadro 7: Crecimiento de *Acrocarpus fraxinifolius* varios sitios.

Sitio	Edad (años)	h total (m)	IMA	dap (cm)	IMA.
Nigeria	7.0	20	2.9		
Nigeria	23.0	26	1.1		
Nigeria	4.0	10.7	2.7	9.5	2.4
Turrialba, Costa Rica	7.0	9-18	1.3-2.6	10-19	1.4-2.7
Grecia Costa Rica	1.3	2.7	2.1	2.7	2
San Ramón Costa Rica	1.3	3	2.3	3	2.3

Fuente:(Whitmore, 1976) ; (CATIE, 1986a)

IMA: Incremento medio anual.

Halliday (1984) incluye a la especie dentro de las que han registrado presencia de nódulos.

Otros usos que se mencionan, sombra para café, construcción, muebles, pulpa, madera (Whitmore, 1976).

2.7.6. *Erythrina fusca*

Es un árbol de crecimiento rápido, que alcanza una altura de hasta 30 m. Originaria de Centro y Sur América y se desarrolla desde nivel del mar hasta los 1500 msnm (Carlowitz, 1984).

Crece mejor en tierras bajas y húmedas. Los suelos en que crece son generalmente arcillosos y pobremente drenados. Tiene alta capacidad de rebrote y es fijadora de nitrógeno (Carlowitz, 1984; Brewbaker, 1983).

Es extensamente cultivada como sombra en plantaciones de cacao, ofreciendo una sombra baja y cálida (Russo, 1981). Cadema y Alvin (1967) encontraron que los cacaoteros que se encuentran alrededor de esta especie producen más que los que se encuentran distantes.

Santana y Cabala-Rosand (1983) en una plantación de cacao con sombra de *E. fusca* cuantificaron la producción de biomasa de residuos, obteniendo 8 ton/ha-año. Además se observó la presencia de nódulos a diferentes distancias del árbol obteniéndose valores de 1.75 a 0.18 g/m³ e suelo.

Entre los otros usos se mencionan: como abono verde, sombra para café y cerca viva (Brewbaker, 1983; Carlowitz, 1984).

2.7.7. *Acrocarpus fraxinifolius*

Especie originaria de Asia e India, en zonas de pluviosidad elevada. En condiciones naturales se encuentra de 700 a 1200 msnm y una precipitación de 1300-2200 mm. Crece bien en suelos drenados, profundos y de alta fertilidad (Whitmore, 1976).

2.7.8. *Guazuma ulmifolia*

Es nativa de América, desde el sur de México hasta el norte de Argentina y se encuentra en las islas del Caribe. Es propio de las zonas bajas cálidas con un rango de temperatura de 20-30 °C. La especie crece desde el nivel del mar hasta 2000 m de altitud y se desarrolla mejor cuando la precipitación es de 700-1500 mm; sin embargo también se ha encontrado en zonas con más de 2500 mm anuales (CATIE, 1986b).

Se adapta a varias clases de suelos, desde texturas livianas hasta suelos pesados y es más frecuente en suelos con pH superior a 5.5 (CATIE, 1986b).

El CATIE, reporta los siguientes resultados de crecimiento (Cuadro 8).

Salazar (1987) detectó una ligera variación genética entre ocho procedencias de *G. ulmifolia* en Guanacaste, Costa Rica, principalmente en crecimiento, en altura total, forma de fuste y de hojas.

Cuadro 8: Crecimiento de *Guazuma ulmifolia* en varios sitios.

Sitio	Edad (años)	Espaciamiento (m x m)	h total (m)	IMA	dap. (cm)	IMA
Morazán, Guatemala	1.8	2x2	3.2	1.8	3.5	1.9
La Libertad, Costa Rica	3.1	2x2	2.0	0.6	0.6	0.2
La Mina, Panama	2.0	2x2	4.0	2.0	3.4	1.7
Llano, Panamá	1.0	2x2	2.3	2.3		
Matabú, Costa Rica	3.3	2x2	5.3	1.6	5.1	1.5
Cuesta Roja, Costa Rica	2.9	2x2	4.8	1.6	4.7	1.6
Nandayure, Costa Rica	2.6		6.0-7.6	2.6-2.9		

Fuente: (CATIE, 1986a); (Salazar, 1987).

IMA: incremento medio anual.

En cuanto a la producción de biomasa total y leña, el CATIE (1986a) cuantificó en Arena de Hojanca la producción de copas de árboles individuales de *Guazuma ulmifolia* de diferentes edades, en el Cuadro 9 se presentan los resultados.

Para leña esta especie es considerada como un excelente combustible. En Guanacaste, Costa Rica algunos agricultores podan los árboles cada 2, 3 o 4 años a una altura que varía de 2 a 3 metros, obteniendo de 1 hasta 4 metros estéreos, su poder calórico es de 18400 kJ/kg (Santander, 1988).

La madera de guácimo es usada principalmente como poste, en carpintería en general, construcción y confección de muebles (Santander, 1988)

Cuadro 9: Producción de leña y biomasa total seca proveniente de copas de diferentes edades en árboles individuales de *Guazuma ulmifolia* en Arena de Hojancha, Costa Rica.

Edad de la copa (años)	Leña (kg/árbol)	Biomasa Total (kg/árbol)
1	16.1	35.0
2	70.9	98.4
3	168.4	211.4
4	311.4	377.0

Fuente: (CATIE, 1986b)

En cuanto a la utilización como forraje, el guácimo presenta contenidos de proteína cruda en un rango de 7-16 %, sobre todas en las hojas. Los frutos presentan un contenido proteico de 6.5 % con 28.1 % de fibra cruda y 48,6% de carbohidratos solubles (Bressani y Navarrete) citados por (Santander, 1988)

Ramírez (1990) analizó esta especie y encontró valores de proteína cruda de 17.8 % y 16.1% para una edad de rebrote de 4 y 6 meses respectivamente. También analizó la digestibilidad in vitro y obtuvo valores de 55.5 % y 49.7% a la misma edad rebrote.

2.7.9. *Dyphysa robinoides*

Es un árbol que a veces alcanza 12 m de altura. Su distribución natural va desde el sur de México, América Central hasta Venezuela. Se desarrolla en condiciones bajas y medianas, en zona secas y húmedas. La especie se adapta a suelos de baja fertilidad (Holdridge, 1975).

En las zonas bajas el árbol tiene un crecimiento rápido inicial. A veces el brote es atacado por una plaga, que provoca la deformación del tallo y retraso del crecimiento (Mora, 1984).

La especie ha sido estudiada por el CATIE y ha mostrado crecimientos en altura a los 12 meses en Puriscal, Costa Rica de 0.7 m y en Guatemala a los 26 meses 1.7 m (CATIE, 1986a).

La madera de este árbol es generalmente usada en aquellos lugares donde se necesita una alta resistencia a las condiciones climáticas adversas, tales como vigas de puentes, basas, horcones rústicos y postes. Es utilizada también en la fabricación de adornos y objetos típicos, así como en ebanistería y obras de carpintería. El árbol como tal es utilizado en avenidas por su preciosa floración y para setos vivos (Holdridge, 1975); (González, 1978)

2.7.10. *Erythrina poeppigiana*

Crece en forma natural de Panamá a Bolivia aunque está muy difundida y adaptada en otros países. En Costa Rica, crece en zonas tropicales con temperaturas promedio anuales que varían entre 18 y 28 °C, precipitaciones de 1500 mm hasta 4000 mm y desde el nivel del mar hasta 1400 msnm. Poco exigente a suelos, se desarrolla en suelos pobres y arenosos profundos y arcillosos (Russo, 1983b; Vasquez, 1986).

Se la utiliza especialmente como sombra en cafetales, cacaotales donde se realizan podas anuales (Russo, 1983; Martínez, 1981). La producción de biomasa, producto de podas y de las hojas caídas naturalmente, en combinaciones con café y plantado a 6×6 m, sometido a un régimen de dos podas al año, fueron de 13.7 ton/ha-año materia seca (Russo, 1984). En otro estudio también en cafetales se reportan producciones de biomasa total, producto de poda y caída de hojas, para una poda anual de 22.7 ton/ha-año y para dos podas de 13.7 ton/ha-año (Russo, 1983b).

En cuanto al crecimiento de la especie en plantaciones no se cuenta con mucha información. Vasquez (1986) en un ensayo del comportamiento de 8 procedencias de *E. poeppigiana* observó alturas de 84.4 a 61 cm y en diámetro basal de 31.4 y 24.2 mm en 4 meses.

Las hojas de poró, son utilizadas como suplemento proteico en la alimentación animal. Benavidez y Roldán citados por (Russo, 1983b), informan que el follaje de poró alcanza hasta 34.4 % de proteína cruda en la hojas juvenes de la fracción terminal de la rama y un valor medio de 25.4 % para las hojas de la rama entera que son de mayor edad y más lignificadas.

Se ha reportado (Russo, 1983b) que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de hojas, peciolo y corteza de *E. poeppigiana* es de 52.1%, 67.1% y de 80.1% respectivamente.

Vasquez (1986) en un estudio de procedencias de *E. poeppigiana* identificó una procedencia sin la presencia de espinas; por lo que sugiere la reproducción vegetativa y mantener la población sin espinas, cualidad muy importante al utilizar la especie como forraje.

Lindlad y Russo (1986), midieron con el método de la reducción de acetileno, la actividad de los nódulos de *E. poeppigiana*, en una plantación como sombra de café, encontrándose una actividad de 15.7 mmole C_2H_4 mg materia seca. La biomasa de nódulos reportada fue de 80 a 205 g/ m² suelo.

Dommergues (1987) al referirse a los nódulos de esta especie, los describe como, esféricos, grandes y localizados en el sistema central de las raíces.

2.7.11. *Gliricidia sepium*

Originaria de América Central y México. La especie crece en áreas con un rango de temperatura de 22-30 °C, normalmente se encuentra en tierras bajas, puede desarrollarse desde el nivel del mar hasta 1600 m, en el área de distribución natural las precipitaciones anuales van de 1500 a 2500 mm y más, preferiblemente con una estación seca definida. Se ha plantado con éxito en lugares con aproximadamente 600 mm de precipitación (CATIE, 1986b).

Crece bien en una gran gama de suelos desde secos a húmedos, es poco exigente en cuanto a fertilidad natural pero requiere buen drenaje (CATIE, 1986b). En su rango natural ocurre en una variedad de suelos creciendo desde en arenas puras y regosoles pedregosos hasta vertisoles negros y profundos. En la mayoría de los sitios el pH del suelo varía de 5.5 a 7 (Hughes, 1987).

Esta especie ha sido sujeta a gran cantidad de investigaciones, el Cuadro 10 presenta el crecimiento en plantaciones establecidas por siembra/directa en varios sitios de América Central (CATIE, 1986a).

Cuadro 10: Crecimiento de *Gliricidia sepium* en varios sitios de América Central.

Sitio	Edad (años)	Espaciamiento (m x m)	h total (m)	IMA	dap. (cm)	IMA
La Libertad, El Salvador	3.3		8.5	2.6	7.6	2.3
	3.3		11.1	3.4	11.9	3.6
Taquillo, El Salvador	2.9	2x2	5.6	1.9	4.0	1.4
	3.2	2x2	6.5	2.0	5.5	1.7
	3.5	2x2	6.0	1.7	4.7	1.3
San Pedro, Costa Rica	1.6	2x2	3.5	2.2	2.2	1.4
	1.6	2x2	5.2	3.2	3.4	2.1

Fuente: (CATIE, 1986a)

IMA: indican incremento medio anual.

La especie en plantaciones en Guatemala presentó una producción de 8.9 tm de materia seca/ha de leña en 2 años a una densidad de 2500 árboles/ha. En una plantación de 4 años y con una densidad de 1111 árboles/ha en Cañas, Costa Rica se obtuvo 17.3 tm de materia seca/ha (peso seco) de leña. Es importante considerar que las producciones varían de acuerdo con la edad y la densidad de los árboles (CATIE, 1986b).

En la región centroamericana la madera de *Gliricidia*, es muy apreciada como leña ya que el poder calórico es de 20482 kJ/kg (NAS, 1984).

La especie es ampliamente utilizada como cerca viva. Beliard (1983) obtuvo una producción total de biomasa de 2.1 y 4.4 ton/km de cerca a los 3 y 6 meses de rebrote respectivamente, pero la cantidad de forraje producido no fue significativamente diferente (1.4 y 1.6 ton/km de cerca) a los 3 y 6 meses respectivamente.

Ficado (1984) evaluó la producción de biomasa producto de cercas en dos sitios de Costa Rica, en Palmares y Alajuela; considerando las dos cercas en conjunto una cerca de 616 postes/km, la producción de leña seca en dos años fue de 12.5 tm/km (6.3 tm/km/año).

Gliricidia ha sido usada extensivamente en los trópicos como una planta para ramoneo y fuente de forraje y es recomendada por Falvey (1982) citado por (Mendieta, 1989).

Muchos estudios han indicado el alto valor alimenticio del follaje de *Gliricidia*, alcanza niveles entre 22-27 % de proteína y valores de digestibilidad de 50-75% (Wiersum citado por (Mendieta, 1989); Benavidez (1983) observó promedios de proteína cruda de 24.8 %, el cual resultaron mayores a los de *Erythrina poeppigiana* y *E. berteroana* y otros residuos agrícolas en estudio.

Ramírez (1990) en un reciente estudio de 5 especies arbóreas, encontró valores de proteína cruda según la edad de rebrote de 23.6 % y 23.1 %, para rebrotes de 4 y 6 meses respectivamente. La digestibilidad in vitro de este material fue de 60.5 % y 57.0 % para rebrotes de 4 y 6 meses.

Con respecto a la fijación de nitrógeno se reporta una actividad de la nitrogenasa de aproximadamente 13 kg N²/ha-año en condiciones prevalecientes en México (Roskoski, 1982).

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización del estudio

3.1.1. Descripción y antecedentes.

El experimento fue establecido por el Proyecto Sistemas Sivopastoriles (MAG/CATIE/CIID), con el objetivo de estudiar la adaptación de 13 especies arbóreas bajo las condiciones del trópico muy húmedo de Costa Rica (CATIE, 1987b).

Este ensayo se estableció en dos sitios, Diamantes y Neguev, Guápiles; el presente trabajo abarca solo la información de Los Diamantes, ya que el otro sitio presentó problemas debido a la introducción de ganado por el dueño del terreno, lo cual afectó por ramoneo y pisoteo el desarrollo de los árboles.

El establecimiento del ensayo se inició en 1986 con las especies *Calliandra calothyrsus* y *Albizia sp.*, las cuales se establecieron antes por disponer del material; 10 meses después se establecieron ocho especies y por último *Guazuma ulmifolia* y *Albizia falcataria*, en Cuadro 11 indica la procedencia de las especies y fecha de plantación.

Las plantas utilizadas para el estudio fueron producidas en el vivero del Ministerio de Agricultura y Ganadería en Los Diamantes, todas las especies fueron producidas en bolsa y la mayoría de las semillas fueron obtenidas del Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF) del CATIE. Las semillas de *Erythrina* fueron donadas por el Proyecto de Arboles Fijadores de Nitrógeno.

La preparación del sitio, consistió en aplicar herbicida para eliminar los pastos. El mantenimiento ha consistido solamente en chapeas.

Cuadro 11: Especies arbóreas plantadas en el Sitio Diamantes.

No Lote	Nombre científico	Nombre común	Origen de semilla	Fecha de plantación
1467	<i>Albizia falcataria</i>	Falcata	Java	oct/1987
1699	<i>Acacia auriculiformis</i>	?	Australia	jun/1987
2148	<i>Acacia angustissima</i>	?	San Ramón Costa Rica	jun/1987
2480	<i>Mimosa scabrella</i>	Bracatinga	San Ramón Costa Rica	jun/1987
1708	<i>Calliandra calothyrsus</i>	Calliandra	Suchitepequez Guatemala	agos/1986
2432	<i>Erythrina fusca</i>	Poró	Limón Costa Rica	jun/1987
2506	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Cedro	Sur Africa	jun/1987
1809	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	Cabuya Panamá	agos/1987
?	<i>Dyphysa robinoides</i>	Guachipelin	?	jun/1987
1696	<i>Albizia sp</i>	?	Suamp Australia	agos/1986
2433	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró	Limón Costa Rica	jun/1987
2191	<i>Glicicidia sepium</i>	Madero negro	Alajuela Costa Rica	jun/1987

3.1.2 Localización del área experimental.

La Estación Experimental Los Diamantes, del Ministerio de Agricultura y Ganadería está localizada en Guápiles, Costa Rica a 10°13' de latitud norte y 83°47' de longitud oeste, a 250 msnm, en la provincia de Limón.

3.1.3 Clima:

Tomando como referencia los datos de la estación meteorológica de la Estación Experimental, los parámetros climáticos predominantes son los siguientes. La temperatura media anual de 24.6 °C, la máxima de 30.5 °C y la mínima de 19.5 °C. La precipitación media anual es de 4532 mm. La humedad relativa media es de 87 %. El ecosistema no presenta ningún mes seco (< 60 mm) caracterizándose el mes de marzo como el de menor precipitación 197 mm y el mes de diciembre como el de mayor pluviosidad con 483 mm (Figura 1) (IMN, 1987) y (MAG, 1990).

Con estas condiciones y según Holdridge la zona de vida que representa la región es bosque muy húmedo Tropical.

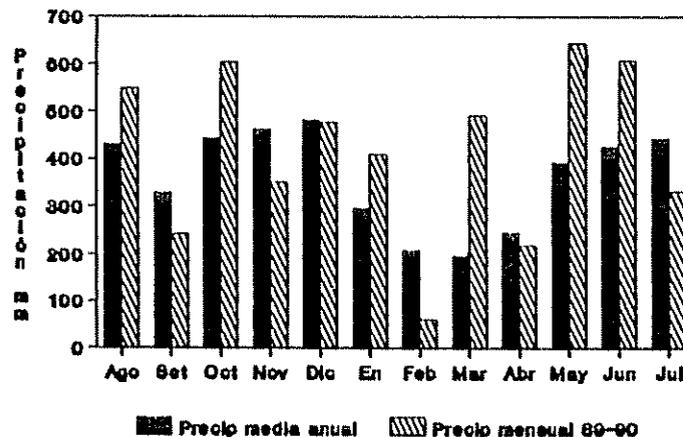


Figura 2: Precipitación mensual del período de experimentación y promedio mensual acumulado por 41 años de la Estación meteorológica ubicada en Estación Experimental Diamantes.

3.1.4. Suelos.

El suelo en el área experimental se clasifica como Inceptisol Typic Dystropepts, de origen volcánico, ligeramente ácido, baja saturación de bases. Las características químicas y físicas se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Características químicas y físicas del suelo, en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles.

PROPIEDADES	Muestra a 20 cm profundidad
pH	5.6
Materia orgánica (g/kg)	6.6
Nitrógeno Total(g/kg)	0.44
Fósforo disponible (mg/L)	8.9
Calcio (C mol (+)/L)	6.8
Magnesio(C mol (+)/L)	3.1
Potasio(C mol (+)/L)	0.27
Acidez extra.(C mol (+)/L)	0.4
Cobre(mg/L)	4.8
Zinc(mg/L)	1.2
Manganeso(mg/L)	4.6
Arena (%)	53.5
Limo (%)	36.0
Arcilla(%)	13.2
Textura	Fra-Are

Fuente: (Laboratorio Suelos CATIE, 1990).

3.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres bloques. Se usaron parcelas de 36 árboles plantados a 2 x 2 m, para usar una parcela útil 16 árboles centrales.

3.3. Variables consideradas y métodos usados

3.3.1. Crecimiento

Para estudiar el crecimiento de las especies, se consideró el análisis, del diámetro a la altura del pecho (dap), diámetro basal, altura total, diámetro de copa, altura de bifurcación. Para obtener el crecimiento en altura se realizaron mediciones para las especies *Calliandra calothyrsus* y *Albizia sp* durante 18 meses cada 6 meses, luego a 36 meses. Para las otras especies solo se realizaron dos mediciones a los 8 meses y 26 meses. Para las demás variables solo se realizó un medición antes del aprovechamiento. El diámetro se midió a 1.30 m en mm, el diámetro basal a 10 cm y en mm, altura total se midió en dm, diámetro de copa en dm, altura de bifurcación en dm. Esto se realizó en los 16 árboles útiles por parcela.

La importancia de la medición de las variables de crecimiento es poder apreciar la respuesta de las especies al sitio, lo que permite identificar las especies que se adaptan a las condiciones climáticas y edáficas presentes.

3.3.2. Producción

La forma más precisa de medir la capacidad de producción de un árbol, en un área determinada y un período de tiempo definido, es cuantificando la producción de biomasa total o la biomasa aérea. La biomasa total incluye el sistema radical y la biomasa aérea se refiere a todos los componentes aéreos del árbol (Salazar, 1989).

Para estudiar la producción de biomasa producto del aprovechamiento de los árboles, las variables consideradas fueron peso seco de fuste, ramas y follaje. Además se midió la producción de leña.

El aprovechamiento total del árbol se realizó a un metro de altura (altura utilizada en prácticas de poda por técnicos del proyecto en el ensayo (CATIE, 1987b). Se cuantificó, la producción de biomasa y leña utilizando la metodología descrita en el manual técnico Normas para la Investigación Silvicultural de Especies para Leña (CATIE, 1984).

Se cuantificaron únicamente los 8 árboles centrales por parcela para obtener la producción de biomasa en peso verde y la producción de leña. La producción de leña se midió en metros estéreos.

La producción de biomasa producto del aprovechamiento en el campo se obtuvo en peso verde y / luego se recogieron tres muestras de 500 g por parcela, para determinar el contenido de humedad (estas muestras fueron secadas al horno a una temperatura de 80 °C hasta peso constante).

Para la determinación del poder calórico de las especies se tomó al azar por parcela una muestra de la parte central del árbol, luego se secaron por 48 horas a una temperatura de 80 °C y fueron llevadas al Laboratorio de química del Instituto Tecnológico de Costa Rica donde se realizaron los análisis respectivos.

El análisis de las variables de rendimiento permite identificar las especies con mayor producción en el sitio y seleccionar las especies más promisorias, considerando los diferentes productos.

3.3.3. Capacidad de rebrote

Se cuantificó la capacidad de rebrote de los tocones de las especies cada tres meses, durante los primeros nueve meses, después de la primera corta en donde las variables que se medieron son producción de biomasa en los 16 árboles útiles, el diámetro máximo del rebrote más grueso en dm, altura del rebrote en mm, diámetro de copa en dm, número de rebrotes, producción de biomasa del rebrote. Se consideró aquella parte que no presentaba lignificación, incluyendo follaje y tallo verde como tallo tierno y el resto se consideró como leña, la suma de estas partes se consideró como biomasa total (aéreo).

La producción de biomasa se pesó en el campo y se recolectó una muestra compuesta de 500 g por parcela. Para determinar la relación peso seco/peso verde, se secó al horno a una temperatura de 65 °C hasta peso constante, se consideró esta temperatura en el caso de realizar análisis de proteína del material producto de la poda.

3.3.4. Calidad de forraje

Se tomaron muestras compuestas por parcela para el respectivo análisis de laboratorio (digestibilidad in vitro y porcentaje de proteína), las muestras fueron secadas por 48 horas a 65 °C y luego se molieron para su respectivo análisis. Para determinar la digestibilidad se usó el método de Tilley y Terry, para proteína el de micro kjeldahl (CATIE, 1987a).

Tanto la producción de biomasa producto de la poda, la respuesta al corte y la calidad de forraje, son variables que permiten identificar las especies que produzcan mayor y mejor biomasa para utilizar como alimento para ganado.

3.3.5. Nodulación

Russo (1983a) y ICRAF (1987) presentan algunas metodologías para determinar la fijación de nitrógeno en árboles leguminosos. Considerando que el objetivo es observar el grado de nodulación entre especies, el método se basó en la metodología utilizada por Russo (1983) con algunas modificaciones.

Se realizó un análisis preliminar para observar la presencia o no presencia de nódulos antes de la poda. Luego la capacidad de nodulación se midió en febrero de 1990 o sea antes de la segunda poda de rebrotes y 3 meses después de la primera poda. El muestreo consistió en tomar el área bajo la copa como el área total a muestrear (Figura 3); se muestreó en dos direcciones al norte y sur y a una distancia de 25 %, a 50 % y 75 % del eje, en cada punto se tomaron 2 muestras. Cuando el árbol tenía una copa muy pequeña solo se tomaban dos muestras a 50% de la copa. Para este análisis preliminar se muestrearon 3 árboles por parcela, la muestra consistió en una porción de suelo que se extrajo con un cilindro de 7.5 cm de diámetro y 9.4 cm de profundidad ya que en el muestreo exploratorio permitió determinar la presencia de nódulos a esa profundidad. En cada muestra se realizó la extracción de nódulos, luego se secaron al horno por 48 horas y luego se pesaron en una balanza con una precisión en miligramos.

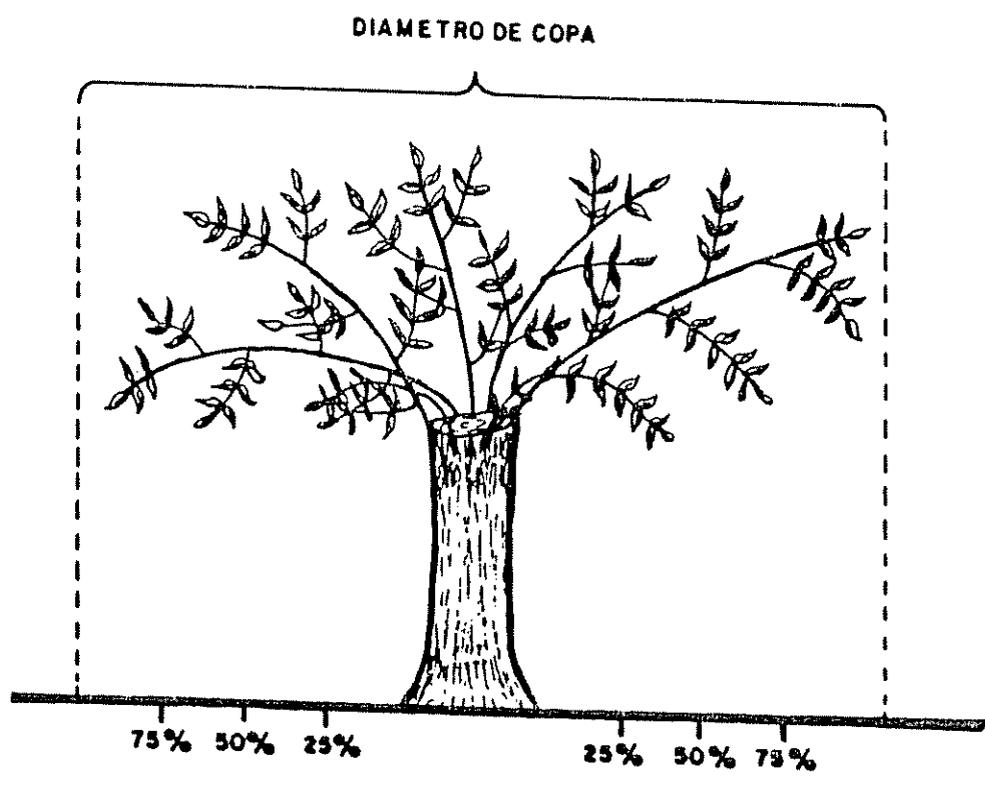


Figura 3: Porcentajes utilizados en el muestreo de la variable nodulación de las especies establecidas en el ensayo. Diamantes, Guápiles, Costa Rica

3.4. Análisis estadísticos de los datos

Para el análisis de rendimiento de los árboles al primer aprovechamiento se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = M + B_j + E_i + e_{ij}$$

M = Media general

B_j = Efecto de bloque

E_i = Especie

e_{ij} = error experimental

Y_{ij} = cualquiera de las variables a analizar.

Para interpretar la respuesta de las especies al corte y producción de biomasa, se utilizó los modelos de parcelas divididas en tiempo.

$$Y_{ijk} = M + B_j + E_i + e_{ij} + F_k + (EXP)_{ik} + e_{ijk}$$

M: Media general.

B_j: efecto de bloques.

E_i: efecto especie

e_{ij}: error a.

F_k: efecto de número de podas.

(EXP)_{ik}: interacción especie-poda.

e_{ijk}: error b.

Y_{ijk}: cualquiera de las variables a analizar.

Para comparar las medias de las distintas variables se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

Para analizar si existía relación entre variables y definir un modelo de predicción preliminar para las especies que presentaron mayor producción, se realizó una matriz de correlación y luego se probaron varios modelos, para seleccionar el que presentaba mejor ajuste.

Para todos estos análisis se utilizó el programa SAS del Centro de Cómputo del CATIE.

4.RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Supervivencia

Después de los primeros 3 años los porcentajes de supervivencia, para las especies *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *C. calothyrsus*, *Albizia. sp* y *E. fusca* fueron superiores a 90 %, el que se considera como muy satisfactorio. La especie *G. sepium* presentó 100 % de supervivencia en dos parcelas; la repetición 1 fue eliminada ya que por mal drenaje en el sitio no sobrevivió ningún árbol.

A. falcataria y *M. scabrella*, presentaron valores inferiores al 40 % como los más bajos, sin embargo, cabe destacar en el caso de *A. falcataria* se debió a factores externos a la hora de la plantación ya que se presentaron problemas de inundación en el sitio. El Cuadro 13 presenta los valores de supervivencia correspondientes a cada especie.

4.2. Crecimiento.

4.2.1. Crecimiento en altura.

La Figura 4 muestra el comportamiento de las especies en altura durante el período de estudio. Como se observa, hay grandes diferencias entre especies. De acuerdo al análisis de varianza incluido en el Anexo A estas diferencias son altamente significativas. Es importante mencionar que existía una diferencia entre especies con respecto a la fecha de plantación de 10 meses, por lo que se realizaron los análisis con los incrementos medios anuales (IMA).

Cuadro 13: Supervivencia e incremento en altura de 12 especies forestales de uso múltiple en Diemantes, Guápiles.

Variable:		Supervivencia					IMA ALTURA				
Especie CODIGO	Edad (meses)	Medio (%)	Duncan	CV %	Especie	IMA Duncan (m)	CV %	Especie	IMA Duncan (m)	CV %	
GLIRSE	26	100 ✓		0	ALBZFA	5.7	6				
GUAZUL	24	97 ✓		5	ACROFR	4.6	6				
CALACA	36	96 ✓		4	GUAZUL	3.8	12				
ALB2SP	36	94 ✓		7	ACACAU	3.4	11				
ERYTFU	26	92 ✓		10	ACACAN	3.2	7				
ACACAU	26	79 ✓		28	ERYTFU	2.7	8				
ACACAN	26	75 ✓		8	GLIRSE	2.4	0				
DYPHRO	26	73 ✓		57	ERYTPO	2.3	32				
ACROFR	26	71 ✓		31	DYPHRO	2.2	9				
ERYTPO	26	65 ✓		37	ALB2SP	2.1	21				
MIMOSC	26	38 ✓		60	CALACA	1.9	5				
ALB2FA	23	25 ✓		43	MIMOSC	1.7	4				
Media		75.4				3.0					
s		29.4				1.2					

IMA: incremento medio anual.
s: desviación estandar.

- ALB2FA: Albizia falcataria
- ACROFR: Acrocarpus fraxinifolius
- ALB2SP: Albizia sp
- ERYTPO: Erythrina poeppigiana
- ERYTFU: Erythrina fusca
- GUAZUL: Guazuma ulmifolia

- ACACAN: Acacia auriculiformis
- ACACAU: Acacia angustissima
- CALACA: Calliandra calothyrsus
- DYPHRO: Dyphusa robinoides
- GLIRSE: Gliricidia sepium
- MIMOSC: Mimosa scabrella

Las especies con mayor IMA en altura fueron *A. falcataria* con 5.7 m y *A. fraxinifolius* de 4.6 m; esta diferencia se presentó desde la primera medición y se mantuvo durante todo el periodo de estudio lo que indica que estas especies pueden tener potencial para la reforestación en la región. Comparando estas especies con el incremento medio del ensayo que fue de 3.0 m, tanto *A. falcataria* y *A. fraxinifolius* lo superaron en más de un 53 % y al compararlas con la especie *M. scabrella* la de más bajo incremento la superan en más de 270 %. La prueba Duncan consideró a estas dos especies estadísticamente diferentes a las restantes y entre ellas también (Cuadro 13).

Al comparar el crecimiento de *A. falcataria* en otros sitios la especie mostró mejor crecimiento al reportado por Ugalde (1985) en San Carlos a los 24 meses, donde obtuvo una altura de 5.5 m. En otro sitio en China, a los 24 meses alcanzó un crecimiento de 6 m (Yantasaths, 1985).

Domingo (1983) reporta el crecimiento de *A. falcataria* en varios sitios de Indonesia, Malaysia, Hawaii y Philipinas muy comparable al obtenido en este trabajo. La altura varió de 7m altura para el primer año, de 13-18 m en 3 años y 21 m en 4 años.

La altura de *A. fraxinifolius* en/el sitio a los 32 meses cuando se realizó otra medición fue de 13.5 m, el cual es mayor al obtenido por Whitmore (1976) en Turrialba al estudiar 5 procedencias donde observó valores de 9 a 18 m a 7 años.

Las otras especies en estudio mostraron crecimientos en altura similares a los reportados en la literatura, a excepción de *M. scabrella* que solo alcanzó un IMA de 1.7 m, la cual difiere de la media general en un 43 %. La prueba Duncan la identifica como la especie menos adaptada al

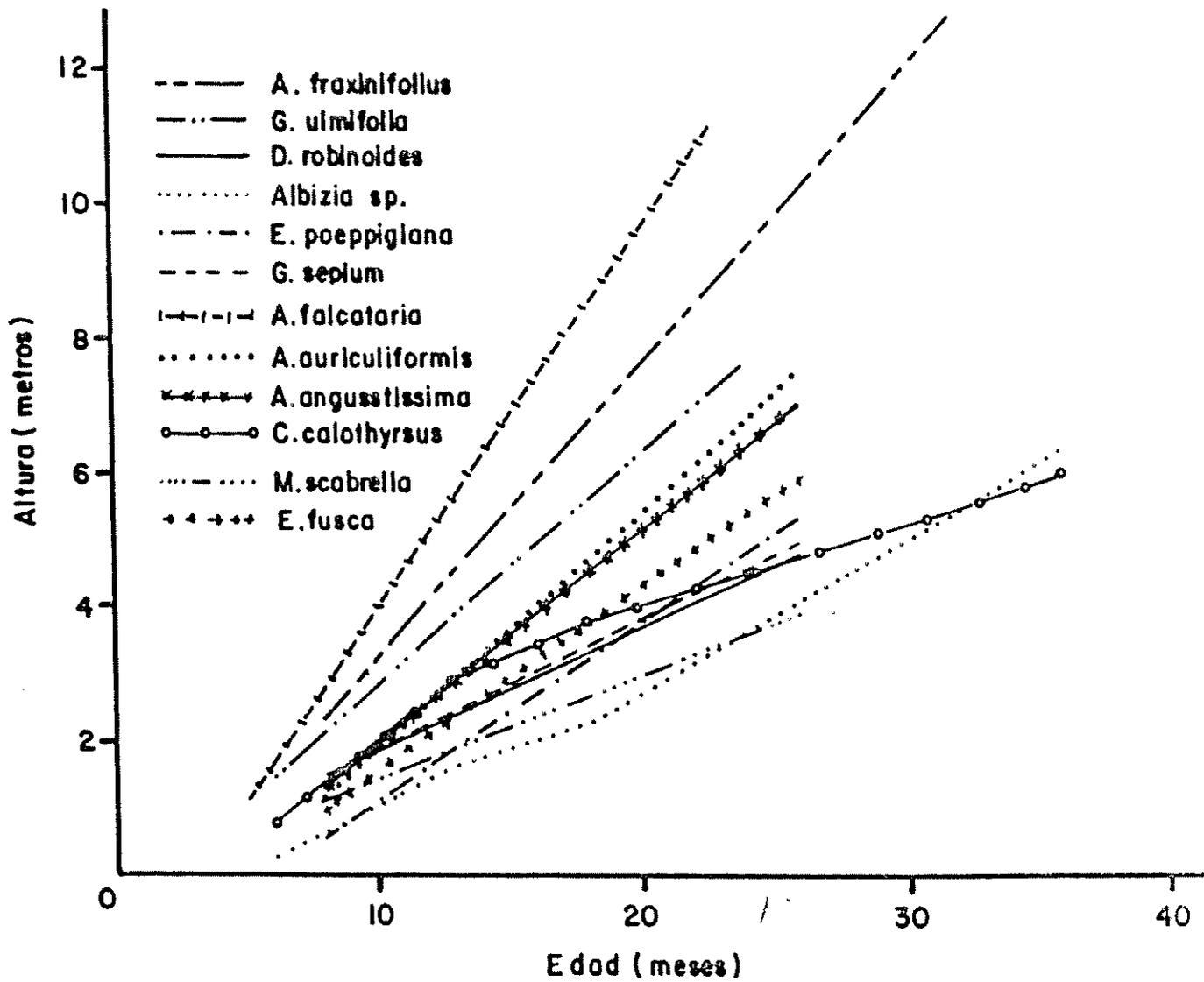


Figura 4 : Crecimiento en altura de 12 especies forestales de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.

sitio y estadísticamente diferente a las demás. Además, *M. scabrella* mostró un crecimiento más bajo que el obtenido en otro sitio de Costa Rica por Picado (1985) quien observó en San Ramón a 12 meses una altura de 5.2 m. Por lo que se considera que esta especie no se adapta al sitio; esto se debe posiblemente a que en los sitios de origen presenta temperaturas medias de 12 a 18 °C, un rango altitudinal que va de 500 a 1500 msnm y precipitaciones entre 1100 mm y 3500 mm (NAS 1984), condiciones muy diferentes a las prevalecientes en el sitio del ensayo. Campos y Bayer (1985) la consideraban como una especie apta para las zonas altas.

C. calothyrsus es de porte arbustivo y puede alcanzar hasta 10 m de altura en condiciones naturales (NAS, 1984). En un estudio realizado por Campos (1985) con ocho procedencias de *C. calothyrsus* en tres sitios de Costa Rica, obtuvo a los 12 meses crecimientos de 2.6 m a 3.5 m en Hojancha, en Turrialba de 2.5 m a 3.9 m y en San Ramón de 0.5 m a 1.1m. En San Ramón la especie mostró el crecimiento más bajo. Los resultados indican que en Costa Rica existen sitios con mejores condiciones para esta especie que el obtenido en este ensayo. Es importante poner atención a las procedencias pues hay diferencias importantes; esto sugiere la introducción de otras procedencias y estudiar su comportamiento en el sitio.

El incremento medio en altura de *E. poeppigiana* de 2.3 m, es comparable con el obtenido por Vasquez (1986) para ocho procedencias de *E. poeppigiana*, quien reportó un crecimiento de 0.61 m a 0.84 m a los cuatro meses.

4.2.2. Crecimiento en diámetro cuadrático, basal y de copa.

Considerando la diferencia de edades entre las especies para este análisis, se considera primero las especies de mayor edad, los resultados se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro 14: Crecimiento de *C. calothyrsus* y *Albizia. sp* en DCM, diámetro basal y diámetro de copa a los 36 meses en Diamantes, Guápiles.

Variable	<i>C. calothyrsus</i>		<i>Albizia sp</i>	
	Media	CV %	Media	CV %
DCM (cm)	5.3	8.5	8.9	13.8
DBasal (cm)	12.9	8.5	14.8	13.8
Dcopa (m)	5.0	15.8	3.7	8.2

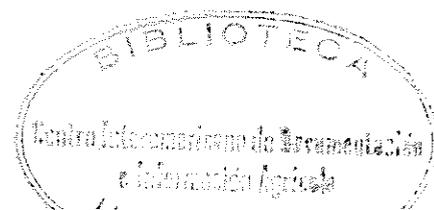
DCM: diámetro cuadrático medio ($\frac{1}{n}$ sumatoria diámetro eje²/número de árboles de la parcela).

Dbasal: diámetro basal.

Dcopa: diámetro copa.

Se puede apreciar que la especie que presentó mejor crecimiento en diámetro cuadrático y basal fue la *Albizia. sp*, la cual superó a *C. calothyrsus* en 68% y 15% respectivamente, en cuanto al diámetro de copa *C. calothyrsus* superó a *Albizia sp* en un 35%, debido a que esta especie es de porte arbustivo y presenta varios ejes que se extienden desde la base.

Sim embargo al realizar los Análisis considerando los IMA la prueba Duncan (Cuadro 15) muestra a *A. falcataria* con el mejor incremento medio de diámetro basal de 11.2 cm, diámetro cuadrático de 7.2 cm y diámetro de copa de 7.2 m, considerándola estadísticamente diferente a las otras especies. Sim embargo *A. fraxinifolius* y *E. poeppigiana* presentaron valores en diámetro cuadrático superiores a la media en un 18 %.



Cuadro 15: Incremento en diámetro cuadrático, basal y de copa para 12 especies forestales de uso múltiple en Diemantes, Guápiles.

Variable:DCM	DIAMETRO BASAL					DIAMETRO DE COPA							
	Especie	IMA	Duncan	CV %	Especie	IMA	Duncan	CV %	Especie	Edad	Media	Duncan	CV %
CODIGO	(cm)	(cm)			(cm)	(cm)			(meses)	(cm)			
ALBZFA	7.2	7	ALBZFA	11.2	13	ALBZFA	23	7.2	12				
ACROFR	4.4	4	ERYTFU	6.9	6	ACACAN	26	5.0	10				
ERYTPO	3.9	33	ACROFR	6.7	3	CALACA	36	5.0	16				
GUAZUL	3.7	11	GUAZUL	6.2	3	DYPHRO	26	4.5	10				
ERYTFU	3.7	7	ERYTPO	5.7	27	ACACAU	26	4.3	6				
ACACAN	3.3	7	ACACAU	5.6	5	ERYTFU	26	4.0	12				
ALBZSP	3.0	14	ACACAN	5.5	15	GLIRSE	26	3.7	10				
ACACAU	2.8	2	ALBZSP	4.9	14	ALBZSP	36	3.7	8				
DYPHRO	2.2	5	DYPHRO	4.8	8	GUAZUL	26	3.6	11				
GLIRSE	2.1	1	GLIRSE	4.4	1	ERYTPO	26	3.6	12				
MIMOSC	2.0	18	CALACA	4.3	9	ACROFR	26	3.1	29				
CALACA	1.7	9	MIMOSC	4.0	27	MIMOSC	26	2.3	28				
Medio	3.3			6.0				4.2					
S	1.5			1.9				1.2					

S: desviación standar.
 DCM: Diámetro cuadrático medio
 IMA: incremento medio anual

A. auriculiformis, *D. robinoides*, *G. sepium*, *M. scabrella* y *C. calothyrsus* presentaron los diámetros cuadráticos medio más bajos por ser especies que se caracterizan por presentar una mayor cantidad de ejes, obtuvieron valores menores que la media en un 15 %.

En diámetro basal *E. fusca* presentó un valor de 6.9 cm, *A. fraxinifolius* con 6.7 cm mostraron valores superiores de la media en 11 %. *G. sepium*, *C. calothyrsus* y *M. scabrella* fueron las que presentaron los crecimientos un 27 % menor que la media.

En cuanto al diámetro de copa *A. fraxinifolius* y *M. scabrella* presentaron los valores más bajos de 3.1 m y 2.3 m respectivamente, caracterizándose por no desarrollar una copa amplia y lo contrario de *A. angustissima* y *C. calothyrsus* y *D. robinoides* que por su característica de desarrollar varios ejes permite un desarrollo mayor en cuanto a copa.

4.3. Producción

Este análisis contempló la producción de biomasa producto de peso seco de fuste, peso seco de ramas, peso seco de follaje y producción de leña, el Cuadro 16 se presenta la producción de biomasa por especie, para este análisis se consideró los IMA (incremento medio anual).

En cuanto a producción *A. falcataria* estadísticamente es considerada diferente a las otras ya que presentó los mejores valores (Cuadro 16), con pesos de 16.2 kg/árbol de fuste, 7.1 kg/árbol de ramas y 5.4 kg/árbol de follaje obteniendo producción de biomasa seca total aérea por árbol de 28.7 kg, teniendo una producción de 17.9 ton/ha-año, que comparándolas con las otras ocupa un tercer lugar en producción de biomasa.

Cuadro 16: Producción de biomasa seca de 11 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.

Variable	PESO SECO RAMAS						PESO SECO FOLLAJE						PESO SECO TOTAL						
	Especie CODIGO	Edad (meses)	Media (kg/arb)	Duncan	CV %	Especie	Edad (meses)	Media (kg/arb)	Duncan	CV %	Especie	Edad (meses)	Media (kg/arb)	Duncan	CV %	Especie	N arb (ha)	ha (ton)	ha (ton/año)
	ALBZFA	23	31.2		10	ALBZFA	23	13.7		31	ALBZFA	23	10.4		31	ACACAN	1875	47.4	21.9
	CALACA	36	15.3		36	ACACAN	26	8.0		17	CALACA	36	8.0		20	ACACAU	1975	46.4	21.4
	ACACAU	26	11.5		10	ACACAU	26	4.2		25	ACACAU	26	7.8		16	CALACA	2400	55.8	18.6
	ACACAN	26	10.8		23	DYPHRO	26	4.0		21	ACACAN	26	6.5		14	ALBZFA	625	34.5	18.0
	ALBZSP	36	8.4		69	ERYTFU	26	3.9		12	GUAZUL	26	3.8		18	GUAZUL	2425	30.5	15.3
	DYPHRO	26	5.6		24	GUAZUL	24	3.4		44	DYPHRO	26	3.5		15	ERYTFU	2300	25.4	11.7
	GUAZUL	24	5.4		32	ERYTPO	26	2.0		38	ALBZSP	36	3.0		36	DYPHRO	1825	23.8	11.0
	ERYTPO	26	4.8		73	ALBZSP	36	2.0		54	ERYTFU	26	2.7		8	ALBZSP	2350	31.3	10.4
	ERYTFU	26	4.5		4	-	-	-		-	ERYTPO	26	2.3		18	GLIRSE	2500	15.0	6.9
	GLIRSE	26	4.3		21	-	-	-		-	MIMOSC	26	2.3		46	ERYTPO	1625	10.9	5.0
	MIMOSC	26	1.6		61	-	-	-		-	GLIRSE	26	1.7		11	MIMOSC	950	3.6	1.7
Media			9.4					5.2					4.7			1895	29.5	12.9	
			3.1					0.9					1.9			463	14.1	6.7	

s: desviación standar

leña, como *A. angustissima* que presentó una producción de 3.7 kg/árbol de peso seco de ramas, un 52% más sobre la media general; además esta especie está entre las de mayor producción de biomasa total, junto con *A. auriculiformis*.

La cuantificación de la producción de leña (Cuadro 17), permite identificar las especie *E. poeppigiana* y *E. fusca* con las mayores producciones de leña de 156.0 y 147.4 estéreos/ha respectivamente, sin embargo estas especies entre los usos no se mencionan su utilización para leña. Su poder calórico vario de 18392 kJ/kg a 18810 kJ/kg respectivamente que comparándolo con las especies si utilizadas para leña, como *G. sepium*, *C. calothyrsus*, *A. angustissima*, *A. auriculiformis*, *G. ulmifolia*, no son tan diferentes.

El poder calórico se determinó en base seca por lo que las especies pasaron por una etapa de secado. Al utilizar estas especies para leña hay que considerar el porcentaje de humedad que presentan en el campo. Los valores más altos en poder calórico fueron para *Albizia. sp* (19646 kJ/kg), *G. sepium* (19228 kJ/kg), *A. auriculiformis* (19228 kJ/kg) los cuales superaron a la media general que fue de 18810 kJ/kg en 2 % no existiendo diferencias estadísticamente entre las especies.

Cuadro 17: Producción de leña y poder calórico para 11 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes Guápiles.

Especie CODIGO	Edad (Meses)	Producción (est)		Poder calórico
		Arbol	ha/año	kJ/kg
ERYTFO	26	0.21	156.0	18392
ERYTFU	26	0.14	147.4	18810
ACACAN	26	0.14	120.7	18810
ALBZFA	23	0.34	110.5	17974
CALACA	36	0.12	94.8	18810
ACACAU	26	0.09	81.9	19228
ALBZSP	36	0.09	69.6	19646
DYPHRO	26	0.07	58.7	18810
GLIRSE	26	0.05	57.5	19228
GUAZUL	24	0.04	48.4	18810
MIMOSC	26	0.03	12.9	18392
Media		0.12	87.1	18810
s		0.09	43.7	457.9

s: desviación standar.

4.4. Respuesta de las especies a la poda.

4.4.1. Crecimiento.

La respuesta de la especies después del aprovechamiento se observó durante 9 meses, los árboles se podaron cada 3 meses. El Cuadro 18 presenta los datos tomados al momento de la poda promediados por especie. Esto incluye diámetro máximo del rebrote, altura del rebrote, diámetro de copa y número de rebrotes de las especies que tuvieron respuesta al corte.

El análisis de varianza (Anexo A) determinó una diferencia altamente significativa entre especies a los 9 meses de observaciones, también se obtuvo una diferencia altamente significativa a el número de podas a excepción de las especies *G. ulmifolia*, *E. poeppigiana* y *E. fusca* (Anexo A).

Cuadro 18: Crecimiento medio en diámetro máximo del rebrote, altura, diámetro copa y número de rebrotes, de 9 especies arbóreas podadas cada tres meses, durante nueve meses en Diamantes, Guápiles.

Variable	H			Dc			N reb					
	Media	Duncan	CV %	Media	Duncan	CV %	Media	Duncan	CV %			
ALBZSP	3.0		22	ALBZSP	2.4	13	ALBZSP	2.3	10	DYPHRO	43.4	19
ERYTPO	2.1		30	ACACAN	2.3	22	CALACA	2.2	13	GUAZUL	32.5	15
ERYTFU	1.8		25	CALACA	2.2	16	ACACAN	1.9	25	CALACA	29.5	20
GUAZUL	1.7		24	GLIRSE	2.1	26	GLIRSE	1.7	30	ACACAN	27.6	20
ACACAN	1.6		45	GUAZUL	2.1	8	DYPHRO	1.6	26	GLIRSE	24.7	42
GLIRSE	1.5		26	DYPHRO	1.8	14	ERYTFU	1.6	25	ALBZFA	15.8	48
CALACA	1.5		19	ERYTPO	1.6	22	GUAZUL	1.5	31	ERYTFU	14.5	20
DYPHRO	1.4		21	ALBZFA	1.6	13	ERYTPO	1.3	35	ERYTPO	12.1	29
ALBZFA	1.2		25	ERYTFU	1.5	16	ALBZFA	1.1	23	ALBZSP	11.4	28
Media	1.8				2.0			1.7			23.5	
s	0.5				0.3			0.4			10.3	

s: desviación standar

Dmax: diámetro máximo

H: altura

Dc: diámetro de copa

N reb: número de rebrotes

Albizia. sp presentó los valores más altos en diámetro máximo de 3 cm, de altura del rebrote de 2.4 m y de 2.3 m de diámetro de copa, en diámetro máximo del rebrote la prueba Duncan la identifica como estadísticamente diferente a las demás especies superando a la media general (1.8 cm) en 71 %. Con respecto a la variable altura de rebrote *Albizia sp* estadísticamente es similar a *A. angustissima* y *C. calothyrsus* con valores de 2.4 m, 2.3 m, 2.2 m respectivamente, estas especies superaron a la media en 12 %. *G. sepium* presentó un valor de 2.1 m el altura similar al de *A. angustissima*.

En diámetro de copa *Albizia sp*, *C. calothyrsus* y *A. angustissima* fueron estadísticamente diferentes a las demás superando a la media general en más 12 %. Sin embargo la especie *G. sepium* mostró un valor similar a la media general y estadísticamente similar a *A. angustissima*.

El número de rebrotes tuvo un comportamiento diferente ya que *D. robinoides* no mostró buenos crecimientos en las otras variables evaluadas, presentó un valor de 43.4 en número de rebrotes, la prueba Duncan la identifica como estadísticamente diferente a las demás y superando a la media general en 85%. *Albizia sp* que mostró el mejor crecimiento presentó el menor número de rebrotes con un valor de 11.4 inferior a la media en 51%.

A. falcataria presentó los menores valores en diámetro máximo con 1.2 cm, altura del rebrote de 1.6 y diámetro de copa de 1.1 m luego de las dos primeras podas, para la tercera poda los árboles no produjeron rebrotes indicando su poca respuesta al corte en comparación a las otras especies.

De las 11 especies que se aprovecharon, *A. auriculiformis* y *M. scabrella* no presentaron respuesta al corte como ya es reportado por la literatura (NAS, 1994; Picado, 1985).

4.4.2. Producción de las podas.

Para cuantificar la producción de biomasa de las especies se evaluó el peso del tallo tierno, tallo leñoso y peso total para las tres podas (Cuadro 19). *Albizia. sp*, *C. calothyrsus*, presentaron las producciones mayores de biomasa en el sitio de 3.6, 3.1 ton/ha, respectivamente, las cuales superaron a la media general (1.6 ton/ha) en más de 90 %. *G sepium* presentó una producción por hectárea de 1.9 ton/ha, mayor a la obtenida por *A. angustissima* la cual presentó una producción de 1.8 ton/ha, pero si se considera la producción por árbol, la especie tiene una producción relativamente menor (figura 6).

En cuanto a la cuantificación de la biomasa producto de tallo leñoso se aprecia que *Albizia sp* presenta un 0.31 kg que representa un 20% de la biomasa total, *A angustissima* presenta un 20%, *C. calothyrsus* con 16% indicando la proporción de biomasa que no será disponible para ser utilizada como forraje (Figura 6).

E. poeppigiana, *E. fusca* y *A. falcataria*, presentaron las producciones totales más bajas de 0.88, 0.85 y 0.13 ton/ha respectivamente, por lo que se puede considerar que esta intensidad de corta afecta la producción de biomasa. En la producción por árbol se obtuvieron valores de 0.5, 0.4, y 0.3 kg/ha respectivamente a los nueve meses. Estos resultados son relativamente menores comparados con otros trabajos con *E. poeppigiana* donde se cuantificó la producción de biomasa producto de la poda en una plantación como sombra de café donde se obtuvieron valores de 6.5 kg/árbol Russo (1983b); en otro estudio por el mismo autor se obtuvo

Cuadro 19: Producción media de biomasa seca de 9 especies arbóreas de uso múltiple podadas cada tres meses, durante nueve meses en Diamantes, Guápiles.

Variable:	Tallo leñoso				Tallo tierno				BIOMASA TOTAL				
	Media (kg)	Duncan	CV %	Biomasa (ton/ha)	Especie	Media (kg)	Duncan	CV %	Biomasa (ton/ha)	Especie	N arb (ha)	ha	(ton)
ALBZSP	0.31		52	0.72	ALBZSP	1.24		32	2.89	ALBZSP	2332.5	3.61	
ACACAN	0.26		77	0.51	CALACA	1.06		39	2.49	CALACA	2350.0	3.11	
CALACA	0.19		46	0.41	ACACAN	0.97		44	1.54	ACACAN	1580.0	1.83	
GLIRSE	0.16		61	0.36	GLIRSE	0.61		61	1.51	GLIRSE	2500.0	1.90	
GUAZUL	0.08		36	0.12	DYPHRO	0.56		39	1.08	DYPHRO	1953.5	1.24	
ERYTPO	0.07		15	0.16	GUAZUL	0.44		19	1.03	GUAZUL	2350.0	1.19	
ERYTFU	0.06		51	0.14	ERYTPO	0.39		74	0.76	ERYTPO	1942.5	0.88	
-	-		-	-	ERYTFU	0.38		41	0.85	ERYTFU	2222.5	0.85	
-	-		-	-	ALBZFA	0.33		58	0.13	ALBZFA	400.0	0.13	
Media	0.2			0.3		0.7			1.4		1959.0	1.6	
s	0.1			0.2		0.3			0.8		613.0	1.1	

s: desviación standar.

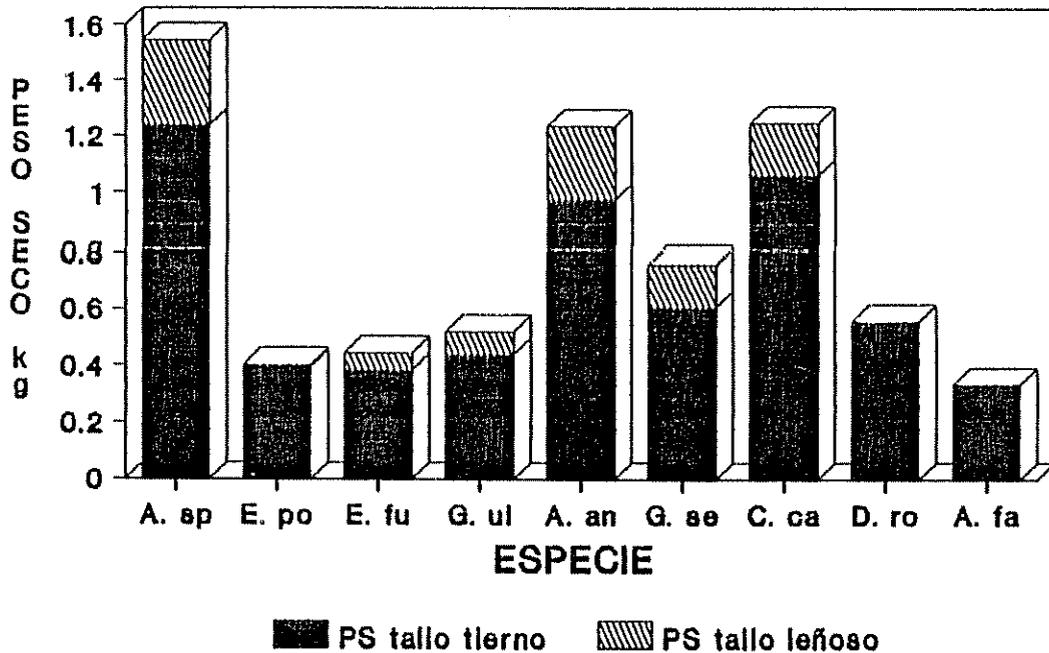


Figura 6: Producción media de biomasa por árbol de 9 especies arbóreas de uso múltiple producto de la poda, cada 3 meses durante 9 meses en Diamantes Guápiles.

producciones de 11.7 y 13.4 kg/árbol producto de poda a los 6 meses y a los 12 meses respectivamente en el mismo sitio (Russo, 1983b).

En otro estudio Fineda (1988) obtuvo una producción de biomasa de 3.78 kg/árbol y 2.43 kg/árbol para *E. poeppigiana* y *G. sepium* para rebrotes de 5 meses, valores similares a los encontrados en el presente ensayo con las especies *Albizia sp* y *C. calothyrsus*.

El análisis de varianza determinó un efecto significativo a la poda ya que se observaron diferencias significativas en producción de biomasa total luego de las tres podas realizadas. En la Figura 7 se aprecia el

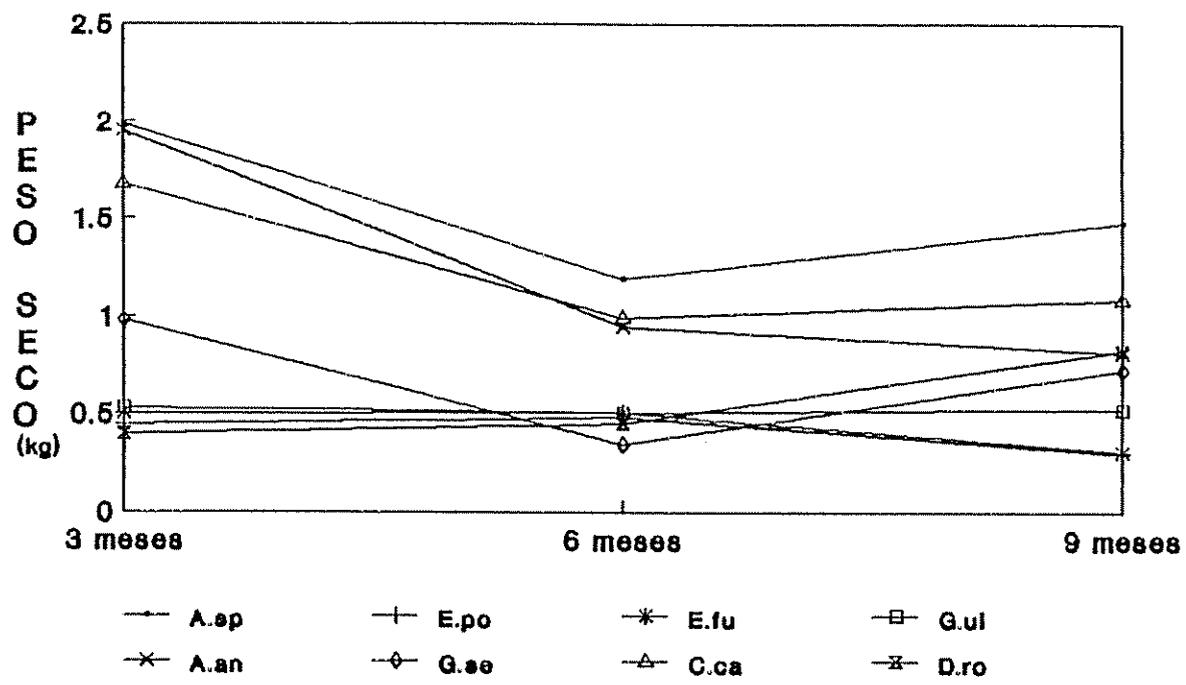


Figura 7: Efecto de la poda cada tres meses sobre la producción de biomada de 8 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes Guápiles.

comportamiento de las especies, excluyendo a la especie *A. falcataria* que para la tercera poda no presentó producción de biomasa ya que los árboles murieron, en el Anexo B se presentan los análisis por poda.

En la Figura 7 se puede observar la disminución de la producción de biomasa en la segunda poda, en parte debido a que durante este lapso la precipitación fue menor y fue el periodo más seco durante la evaluación en los 9 meses; sin embargo para la tercera poda hubo un aumento en la producción de biomasa, el cual fue menor al de la primera poda, lo cual indica que el número de poda afectar la producción de biomasa. Esta condición sería una limitante a la hora de utilizar estas especies para la producción de forraje con una frecuencia de poda de tres meses.

G. sepium fue la que presentó menor producción en la segunda poda; sin embargo, es importante considerar que durante este lapso fue atacada por una plaga que provocó la caída de las hojuelas y por lo tanto una disminución en la producción de biomasa.

E. poeppigiana y *E. fusca* tuvieron un comportamiento diferente; ya que para la segunda poda presentaron un ligero aumento en la producción de biomasa con respecto a la obtenida en la primera poda, pero para la tercera poda presentaron los valores más bajos, lo que indica que para estas especies la frecuencia utilizada no es la adecuada.

Comparando las producciones de biomasa total seca obtenidas en el sitio se puede decir que son menores a otras producciones obtenidas a la misma frecuencia, en casos de estudios realizados por Solano (1983) con *G. sepium* y *G. ulmifolia* obtuvo una producción media a los tres meses de 3.8 y 4.4 ton/ha-año respectivamente después de 4 cortes.

Ford (1987) reporta una producción de 3.3 ton/ha-año con una frecuencia de 3 meses para *G. sepium*, que comparado con el obtenido para esta especie en el ensayo es mucho menor, pero similar al obtenido por *Albizia sp.*

NAS (1983) informa que en Indonesia la especie *C. calothyrsus* cosechada anualmente para producción de forraje tiene rendimientos de 7-10 ton/ha, comparándolo con el obtenido en el ensayo los valores son similares.

Sin embargo, al comparar la producción de biomasa total seca en el sitio con resultados obtenidos en el mismo sitio (CATIE, 1990) con las especies *E. berteriana* y *G. sepium* pero en un sistema de plantación como banco de proteína se han obtenido producciones de 11 a 60 ton/ha/año para *E. berteriana* y de 13 a 60 ton/ha/año para *G. sepium*, valores muchos más altos esto debido a la diferencia en las densidades de plantación.

4.5. Otras variables observadas.

4.5.1. Calidad de forraje.

Los porcentajes de materia seca, proteína cruda y de digestibilidad in vitro de las especies analizadas se resume primero para la parte de tallo leñoso en el Cuadro 20, donde *A. angustissima* presentó un valor de 38.1% de materia seca 26% mayor que la media, seguida de *C. calothyrsus* que presentó un valor de 37.2% un 23% mayor que la media, identificándose como estadísticamente diferentes a las otras especies, *G. ulmifolia* y *E. fusca* presentaron los valores más bajos; de 26% y 20% respectivamente, un 13% menores que la media.

E. fusca presentó los valores más altos de proteína 8.9 % y digestibilidad de 38.7% y superando a la media en 50 % para proteína y 69 % en digestibilidad, identificándose como estadísticamente diferente a las demás. *A. angustissima* y *Albizia sp* presentaron valores menores que la media en un 30 %. La biomasa producto de tallo leñoso permitió separar la parte no comestible por lo que es de esperar estos resultados bajos en proteína y digestibilidad. Benavidez (1983) indica la gran variabilidad del valor nutritivo entre los diferentes componentes de la rama, es de suponer que con respecto al porcentaje de proteína se debe a que el nitrógeno se traslada a las hojas más jóvenes y en el caso digestibilidad a un aumento de lignina y otros carbohidratos estructurales.

Cuadro 20: Materia seca, proteína y digestibilidad *in vitro*, para tallo leñoso de 9 especies arbóreas de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.

Materia seca				Proteína				Digestibilidad			
Especie CODIGO	Media (%)	Duncan	CV %	Especie	Media (%)	Duncan	CV %	Especie	Media (%)	Duncan	CV %
ACACAN	38.1		10	ERYTFU	8.9		32	ERYTFU	38.7		11
CALACA	37.2		4	CALACA	6.0		39	CALACA	22.7		5
ALBZSP	30.0		7	ALBZSP	5.4		44	GUAZUL	20.6		2
GLIRSE	29.0		6	ACACAN	4.8		61	ACACAN	16.0		9
GUAZUL	26.2		12	GUAZUL	4.2		39	ALBZSP	15.9		2
ERYTFU	20.4										
Media	30.2				5.9				22.8		
s	3.7				0.5				2.2		

s: desviación standar.

Cuadro 21: Materia seca, proteína y digestibilidad *in vitro*, para tallo tierno de 9 especies arbóreas de uso múltiple, Diamantes Guápiles.

Materia seca				Proteína				Digestibilidad			
Especie CODIGO	Media (%)	Duncan	CV %	Especie	Media (%)	Duncan	CV %	Especie	Media (%)	Duncan	CV %
ACACAN	35.3		16	GLIRSE	24.5		32	GLIRSE	58.2		5
DYPHRO	35.5		7	ACACAN	22.8		19	ERYTPO	52.5		3
CALACA	33.3		9	ERYTPO	22.5		11	DYPHRO	50.6		12
ALBZSP	32.8		6	ALBZFA	22.2		0	ALBZFA	47.6		0
GUAZUL	29.1		9	ERYTFU	20.4		5	GUAZUL	44.6		6
ALBZFA	24.8		9	DYPHRO	20.4		28	ERYTFU	41.9		30
GLIRSE	23.9		9	CALACA	18.1		13	ALBZSP	24.6		20
ERYTFU	19.7		11	ALBZSP	17.7		12	CALACA	22.5		4
ERYTPO	16.5		7	GUAZUL	11.8		6	ACACAN	22.3		20
Media	25.1				20.0				40.5		
s	6.4				3.4				12.2		

s: desviación estandar.

El forraje es lo que corresponde al tallo tierno incluyendo tallos y hojas. El Cuadro 21 presenta los porcentajes de materia seca, proteína y digestibilidad in vitro.

En lo que respecta al porcentaje materia seca *A. angustissima* presentó 35.3 %, *D. robinoides* un 35.5%, *C. calothyrsus* 33.3 % y *Albizia sp* un 32.8 %, valores superiores a la media en un 32 %. Estos porcentajes permite identificar la cantidad de materia seca disponible como forraje. No así es el caso de *G. sepium*, *E. fusca* y *E. poeppigiana* que presentan valores de 23.9%, 19.7% y 16.5% respectivamente, lo que indica un mayor contenido de humedad y menor materia seca disponible.

G. sepium presentó el valor más alto en proteína de 24.5%. Las especies que presentaron los valores menores fueron *C. calothyrsus*, *Albizia sp* y *G. ulmifolia*. Benavidez (1983) al comparar los contenidos de proteína entre pastos y follajes arbóreas obtuvo mayores contenidos de proteína cruda en follajes arbóreas que los pastos estudiados, como king-grass (*Pennisetum purpureum*) y guinea (*Panicum maximum*) que presentaron valores de 10.0 % y 9.5 % de proteína cruda respectivamente.

El análisis de la digestibilidad in vitro identificó a *G. sepium* con el valor mayor (58.2 %), un 42 % mayor que la media (40.5 %), seguida por *E. poeppigiana* con 52.5 %, luego *D. robinoides* con 50.6 %, las cuales superan a la media en más de 24%. Se identifican también *Albizia sp*, *C. calothyrsus* y *A. angustissima* con valores de 24.6%, 22.5 % y 22.3 % respectivamente, con los valores más bajos en un 40 % menor que la media, lo cual restringe su uso como forraje por presentar valores bajos de digestibilidad.

Al comparar los resultados de proteína obtenidos en este estudio, *G. sepium* presentó valores similares que los obtenidos por Benavidez (1983) con un valor de 24.8% y Ramírez (1990) con 23.6% y 231 % para rebrote de 4 y 6 meses

de edad. La digestibilidad también presentó valores similares a Wirsum (1987) reporta valores de 50-75% y Ramírez (1990) de 60.5% y 57% para rebrote de de 4 y 6 meses.

Sin embargo *E. poeppigiana* presentó valores más bajos en proteína que los obtenidos por Benavidez (1983) de 25.4 % y 31.3 % en las hojas, lo mismo que en digestibilidad ya que Benavidez obtuvo valores de 43.9 % en las hojas y 78 % en la corteza. Las otras especies analizadas también presentaron valores más bajos, esto debido a que el material que se analizó como comestible incluyó la sección de tallo tierno y hojas ocasionando un disminución en el valor nutritivo.

En *A. angustissima* se observó un valor de 22.8% de proteína el cual comparativamente se considera alto y similar al obtenido por Pineda (1988) de 23.2% y Ramírez (1990) de 24.3 % y 22.7 % para rebrotes de 4 y 6 meses. En digestibilidad esta especie presentó un 22.3 % que es el más bajo en este ensayo, que comparándolo con el obtenido por Pineda de 58.6 % y Ramírez de 34.2% y 35.1% es mucho menor, debido a que para estos estudios los autores solo utilizan las hojas del material.

Al relacionar la producción de biomasa comestible con el porcentaje de proteína y digestibilidad en el Cuadro 22, se aprecia que las especies que presentan mayor producción de biomasa *Albizia sp*, *C. calothyrsus* y *A. angustissima*, presentan los valores más bajos de proteína y digestibilidad, a excepción de *A. angustissima* que presentó un valor alto de proteína pero el más bajo en digestibilidad, lo anterior se puede considerar como una limitante al utilizar estas especies como fuente forrajera.

Sin embargo, los presentes resultados confirman la importancia de la especie *G. sepium* que aunque presentó una producción de biomasa 48 % inferior a la especie de mayor producción pero un 11 % mayor que la producción media (1.4 ton/ha) presentó los valores más altos en proteína y

digestibilidad, por lo tanto se puede considerar como la especie más apta de ser utilizada como fuente forrajera en la región.

Cuadro 22: Producción de biomasa comestible, proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de 9 especies arbóreas de uso múltiple, a tres meses de rebrotes. Diamantes, Guápiles

Biomasa T. tierno		Proteína		Digestibilidad	
Especie CODIGO	Media ton/ha	Especie	Media (%)	Especie	Media (%)
ALBZSP	2.9	GLIRSE	24.5	GLIRSE	58.2
CALACA	2.5	ACACAN	22.8	ERYTPD	52.5
ACACAN	1.5	ERYTPD	22.5	DYPHRD	50.6
GLIRSE	1.5	ALBZFA	22.2	ALBZFA	47.6
DYPHRD	1.1	ERYTFU	20.4	GUAZUL	44.6
GUAZUL	1.0	DYPHRD	20.4	ERYTFU	41.9
ERYTPD	0.8	CALACA	18.1	ALBZSP	24.6
ERYTFU	0.9	ALBZSP	17.7	CALACA	22.5
ALBZFA	0.1	GUAZUL	11.8	ACACAN	22.3
Media	1.4		20.0		40.5
s	0.4		3.4		11.7

s: desviación estandar.

4.5.2. Nodulación

Los resultados del análisis de la producción de biomasa de nódulos 3 meses después de la primera poda se presenta en el Cuadro 23. *E. poeppigiana*, presentó la mayor cantidad nodulación con un valor de 1.39 g/m³, valor que supera a la media (0.57 g/m³) en 144 %. Este resultado es relativamente más bajo que el obtenido por (Lindlad y Russo (1986) que

encontraron una biomasa de nódulos de 80 a 205 g/m², en árboles de *E. poeppigiana* utilizados como sombra en una plantación de café. Esta diferencia se puede deber a que la frecuencia de poda de 3 meses afecta sensiblemente la nodulación; efecto que fue indicado por Russo en 1983b.

Al convertir la biomasa de nódulos a biomasa por hectárea, la especie *G. sepium* presentó un valor de 2300 g/m³, un valor mayor que el de *E. poeppigiana* de 2256.2 g/m³, esto debido a que *G. sepium* presentó una mayor supervivencia en el sitio.

Los resultados obtenidos en este estudio deben ser considerados como observaciones preliminares ya que no se puede decir con seguridad cual especie presenta el mayor potencial para fijar nitrógeno, debido a que la presencia de nódulos no indica la capacidad de fijación sino la respuesta del tejido radical ante la infección intrasular de las bacterias del genero Rhizobium Russo (1983b). Estudios posteriores de la actividad de los nódulos por medio de otros métodos podrían ayudar a determinar la capacidad de fijación de las especies estudiadas.

Cuadro 23: Biomasa de nódulos encontrada en especies leguminosas arbóreas a 9.4 cm de profundidad, en la segunda poda del ensayo, en Diamantes Guápiles.

Especie CODIGO	N arb †	N arb ††	Vol T (m ³)	Vol H (m ³)	Vol H PS (%)	PS nódulos (g)	PS nódulos (g/m ³ /arb)	PS nódulos (g/m ³ /ha)
GLIRSE	6	5	2.3	0.010	0.4	0.0094	0.943	2300.0
ERYTPO	9	4	1.8	0.015	0.8	0.0209	1.397	2256.2
ALBZSP	9	6	2.9	0.022	0.8	0.0232	1.035	1801.4
ACACAN	9	8	2.4	0.017	0.7	0.0166	0.949	1779.4
ERYTFU	9	1	2.1	0.017	0.8	0.0118	0.709	1623.6
CALACA	9	6	3.7	0.022	0.6	0.0068	0.303	831.1
ACROFR	9	3	9.0	0.022	0.2	0.0066	0.292	516.8
DYPHRO	6	5	0.7	0.010	1.4	0.0020	0.201	335.3
ACACAU	9	2	1.8	0.012	0.7	0.0017	0.134	123.9
ALBZFA	8	1	0.7	0.007	1.0	0.0001	0.019	11.9
TOTAL	8.3	4.1	2.7	0.016	0.75	0.0099	0.598	1158.0

†: número de árboles muestreados.

Vol H: volumen muestreado.

††: número árboles con nódulos.

PS : Peso Seco nódulos.

Vol T: volumen total por muestrear.

Albizia sp, *A. angustissima* y *E. fusca* presentaron valores superiores a la media en un 50% indicando su potencial de nodulación en el sitio con respecto a las otras especies. *E. fusca* presentó una biomasa de nódulos de 0.70 g/m³ un valor 50 % mayor a la media y comparado con la biomasa de nódulos encontrada por Santana y Cabala-Rosand (1983) en una plantación de cacao con sombra de *E. fusca* de 0.18 a 1.75 g/m³. El valor obtenido en este ensayo se encontrará dentro de este rango.

D. robinoides, *A. auriculiformis* y *A. falcataria* presentaron la menor biomasa de nódulos identificándolas como las especies que el sitio presentan menor potencial para la fijación de nitrógeno.

La biomasa de nódulos se observó a diferentes porcentajes de la copa del rebrote (figura 3) y se pudo apreciar donde se presentó mayor biomasa de nódulos (Cuadro 24). Las especies presentaron la mayor biomasa de nódulos a un 50 % de la copa, osea un 56.3 % de la biomasa de nódulos observada en el sitio se presentó a ese porcentaje. Sin embargo *C. calothyrsus*, *E. poeppigiana* y *Albizia sp* presentaron la mayor biomasa de nódulos a un 25% y en *A. angustissima* la mayor biomasa de nódulos se encontró a un 75 % de la copa.

Cuadro 24 :Biomasa de nódulos encontrada a diferentes (%) del diámetro de copa de 10 especies arbóreas de uso múltiple, Diamantes Guápiles.

ESPECIE Codigo	Diámetro copa (cm)	25 %		50 %		75 %		Total Biomasa nod (g)
		Biomasa nod (g)	(%)	Biomasa nod (g)	(%)	Biomasa nod (g)	(%)	
ALBIFA	106.3	0.0000	0.0	0.0001	100.0	0.0000	0.0	0.0001
ACACAU	155.6	0.0008	47.1	0.0009	52.9	0.0000	0.0	0.0017
ACACAN	195.6	0.0058	34.9	0.0041	24.7	0.0067	40.4	0.0166
CALACA	230.0	0.0048	70.6	0.0017	25.0	0.0003	4.9	0.0068
ERYTFU	170.0	0.0000	0.0	0.0118	100.0	0.0000	0.0	0.0118
ACROFR	362.2	0.0009	13.6	0.0056	84.8	0.0001	1.5	0.0066
DYPHRD	130.0	0.0007	35.0	0.0010	50.0	0.0003	15.0	0.0020
ALBISP	205.6	0.0144	62.1	0.0078	33.6	0.0010	4.3	0.0232
ERYTPD	147.8	0.0097	46.4	0.0089	42.6	0.0023	11.0	0.0209
GLIRSE	130.0	0.0007	7.4	0.0047	50.0	0.0040	42.6	0.0094
Media	183.3	0.0037	31.7	0.0046	56.4	0.0014	12.0	0.0099

Cuando ocurre nodulación y además existe una relación efectiva entre la leguminosa y la bacteria Rhizobium se produce la fijación de N_2 , el tejido nodular tiene una vida finita y cuando comienza a perder actividad se forman nuevos nódulos o se regenera el nódulo con tejido nuevo, la longevidad depende de la especie de planta hospedante, la cepa de bacteria, la fisiología de la planta y los parásitos del nódulo Mora (1983). Cuando ocurre una poda o defoliación en los árboles se intensifica el desprendimiento de los nódulos los cuales contienen cantidades de nitrógeno que se incorpora al suelo estando disponible a las plantas a nivel de las raíces, sin embargo no es tan disponible al que se produce en los nódulos Russo 1983b; Roskoski (1982).

Las características químicas y físicas del suelo también afectan la nodulación, pero las condiciones del suelo en el ensayo (presentadas en el Cuadro 12) indican que este factor no es limitante en la formación de nódulos en el sitio, por lo tanto, las diferencias observadas se deben a las especies y su capacidad de respuesta a la poda.

No se encontró una correlación entre la biomasa de nódulos y producción de biomasa producto de la poda ya que las especies de mayor biomasa de nódulos no presentaron una mayor producción de biomasa producto de la poda. Así como con el porcentaje de proteína cruda del material.

4.6. Modelos preliminares para estimar la producción por árbol.

Para desarrollar modelos de estimación, fueron consideradas las especies que tenían una producción alta de biomasa total al momento del primer aprovechamiento, así como el la producción de biomasa producto de la poda. Las especies que mejor se comportaron fueron *A. angustissima*, *C. calothyrsus* y *Albizia sp*, los modelos se basaron en la información obtenida en el sitio del ensayo. La especie *G. sepium* se incluyó por ser la especie que presentó más altos valores en proteína y digestibilidad in vitro (Cuadro 22). El Cuadro 25 presenta los modelos que mejor se ajustaron a los datos.

Los modelos para la estimación de la producción de biomasa total por árbol que mejor se ajustaron fueron los logarítmicos, con la variable independiente diámetro basal, ya que presentaron una mayor correlación con esta variable, los coeficientes de correlación fueron de 0.89, 0.90 y 0.53 para *A. angustissima*, *Albizia sp*, *C. calothyrsus* respectivamente, en el Anexo C se presenta las matriz de correlación correspondientes. También los modelos logarítmicos fueron los que se ajustaron mejor en la estimación de la biomasa total producto de poda con la variable independiente altura de rebrote, ya que presentaron una buena correlación y la altura de rebrote es un parámetro fácil de medir, los coeficientes de correlación fueron de 0.94 para *A. angustissima*, 0.93 para *C. calothyrsus*, 0.88 para *Albizia sp* y para *G. sepium* de 0.91.

Cuadro 25: Modelos utilizados para estimar biomasa total, para cuatro especies de de uso múltiple en Diamantes, Guápiles.

Especie	Ecuacion de regresión	coeficiente de ecuación	Error s	R ² (%)
Estimación de producción de biomasa total.				
<i>A. angustissima</i>	1 Ln PST= a + b Ln DB + c Ln H	a: -3.447	0.698	91
		b: 1.692	0.144	
		c: 1.176	0.375	
<i>C. calothyrsus</i>	2 Ln PST= a + b Ln DB + c Ln H	a: -7.379	1.686	67
		b: 1.643	0.419	
		c: 3.360	0.774	
<i>Albizia sp.</i>	3 Ln PST= a + b Ln DB + c Ln H	a: -4.892	0.485	95
		b: 2.218	0.263	
		c: 0.691	0.182	
Estimación de producción de biomasa producto de la poda.				
<i>A. angustissima</i>	4 Ln PST= a + b Ln H	a: -1.550	0.217	89
		b: 1.975	0.256	
	5 Ln PStt= a + b Ln H	a: -1.566	0.260	83
		b: 1.770	0.307	
<i>C. calothyrsus</i>	6 Ln PST= a + b Ln H	a: -1.583	0.256	87
		b: 2.258	0.328	
	7 Ln PStt= a + b Ln H	a: -1.839	0.306	84
		b: 2.386	0.392	
<i>Albizia sp</i>	8 Ln PST= a + b Ln H	a: -1.770	0.474	74
		b: 2.485	0.556	
	9 Ln PStt= a + b Ln H	a: -1.771	0.546	65
		b: 2.243	0.627	
<i>G. sepium</i>	10 Ln PST= a + b Ln H	a: -2.301	0.362	77
		b: 2.333	0.524	
	11 Ln PStt= a + b Ln H	a: -2.336	0.490	61
		b: 2.174	0.710	

PST: Peso seco Total en kg.

PStt: Peso seco tallo tierno en kg.

DB: diámetro basal en cm.

H: altura total en m.

Error s: error estándar.

Cuadro 26: Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de *A. angustissima* a 26 meses en Diamantes, Guápiles.

Altura (m)					
DB (cm)	2	4	6	8	10
2	0.23				
4	0.75	1.70			
6	1.49	3.37	5.43		
8	2.43	5.48	8.83	12.39	16.11
10	3.54	8.00	12.89	18.07	23.50
12	4.82	10.89	17.54	24.60	31.99
14		14.13	22.77	31.94	41.52
16			28.54	40.03	52.04
18			34.83	48.86	63.52
20				58.39	75.92

Cuadro 27: Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de *C. calothyrsus* a 36 meses en Diamantes, Guápiles.

Altura (m)					
DB (cm)	2	4	6	8	10
2	0.02				
4	0.06	0.64			
6	0.12	1.25	4.88		
8	0.20	2.00	7.83	20.58	52.86
10	0.28	2.89	11.30	29.70	62.86
12	0.38	3.90	15.24	40.06	84.80
14		5.00	19.60	51.61	109.25
16			24.50	64.28	136.05
18			29.67	78.00	165.10
20				92.75	196.30

Cuadro 28: Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de *Albizia sp* a 36 meses en Diamantes, Guápiles

Altura (m)					
DB (cm)	2	4	6	8	10
2	0.06				
4	0.26	0.42			
6	0.64	1.04	1.38		
8	1.22	1.97	2.61	3.18	
10	2.00	3.23	4.28	5.22	6.09
12	3.00	4.84	6.41	7.82	9.12
14		6.82	9.02	11.00	12.84
16			12.13	14.80	17.27
18			15.75	19.22	22.42
20				24.27	28.32

La selección de modelos se basó en los coeficientes de determinación más altos y las variables más fácil de medir en el campo. El uso de estos modelos son restringidos a condiciones de suelos similares al sitio del ensayo y para rebrotes con un periodo de corta cada tres meses.

Las tablas de producción del aprovechamiento total del árbol para las especies seleccionadas se presentan en los Cuadros 26, 27, y 28.

La tabla de biomasa producto de la poda, se presentan para las especies *A. angustissima*, *C. calothyrsus*, *Albizia sp.* y *G. sepium* en el Cuadro 29, en la figura 8 se presenta gráficamente las ecuaciones para predecir la producción de biomasa total por árbol.

Cuadro 29: Tabla de biomasa seca aérea en kg/árbol de cuatro especies arbóreas, producto de la poda a los tres meses. Diamantes, Guápiles

B I O M A S A (kg)								
Altura (m)	<i>A. angustissima</i>		<i>C. calothyrsus</i>		<i>Albizia sp</i>		<i>G. sepium</i>	
	Comest.	Total	Comest.	Total	Comest.	Total	Comest.	Total
1.0	0.01	0.21	0.003	0.21	0.17	0.17	0.10	0.10
1.5	0.06	0.47	0.03	0.51	0.42	0.47	0.23	0.26
2.0	0.15	0.83	0.15	0.98	0.81	0.95	0.44	0.50
2.5	0.33	1.30	0.51	1.63	1.33	1.66	0.71	0.84
3.0	0.63	1.86	1.35	2.45	2.00	2.61	1.05	1.29
3.5	1.07	2.52			2.83	3.83		

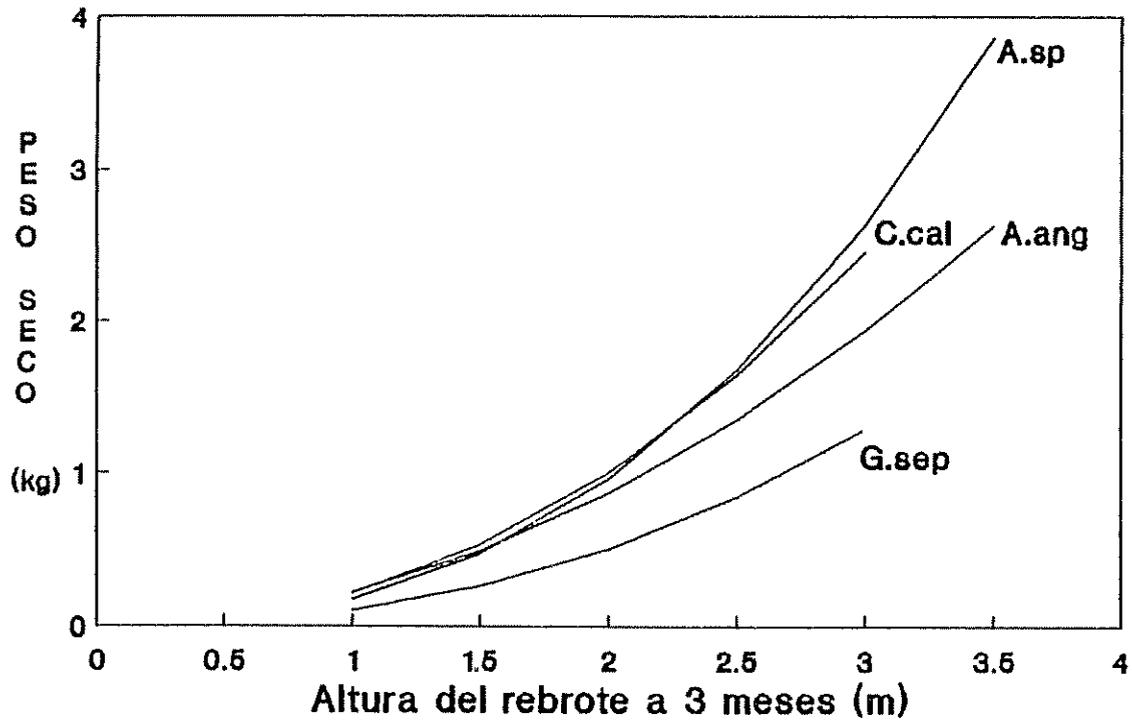


Figura 8: Producción en biomasa total por árbol producto de la poda a los tres meses, en función de la altura total del árbol, para 4 especies de uso múltiple, Diamantes Guápiles.

5. CONCLUSIONES

Se observaron diferencias significativas en crecimiento y producción de biomasa entre las especies. En cuanto a crecimiento *A. fraxinifolius* y *A. falcataria* presentaron los mejores crecimientos en altura, diámetro cuadrático, diámetro basal; sin embargo, *A. falcataria* presentó un baja supervivencia por problemas de inundación en el sitio. Las otras especies *A. auriculiformis*, *A. angustissima* y *C. calothyrsus* presentaron crecimientos aceptables.

A. angustissima, *A. auriculiformis*, *A. falcataria* y *C. calothyrsus* se identificaron como las más productivas en el sitio.

En el análisis de poder calórico de las especies no se observó diferencias significativas, talvez debido a la poca edad de los árboles, sin embargo estos resultados indican el potencial de las especies para ser utilizadas como combustible en la región.

Albizia sp., *C. calothyrsus*, *A. angustissima* y *G. sepium* mostraron las mayores producciones de biomasa producto de la poda luego de tres cortes cada tres meses. Y *A. falcataria*, *E. poeppigiana* y *E. fusca* presentaron las menores producciones. La especie que presentó la más baja capacidad de rebrote fue *M. scabrella*, lo que confirma que esta especie no rebrota solo si es podada a nivel de las ramas. *A. auriculiformis* también presentó una respuesta pobre al corte por lo que no se cuantificó.

El efecto del número de poda también mostró diferencias significativas entre las especies en cuanto a las variables analizadas; se identificaron a *G. ulmifolia*, *E. poeppigiana* y *E. fusca* como las que no mostraron efecto por la frecuencia utilizada en cuanto a producción de biomasa de rebrotes, las especies restantes si presentaron una disminución en la producción de biomasa al termino del período de podas o sea que si fueron afectadas por la frecuencia utilizada.

El análisis del porcentaje de proteína cruda de la biomasa comestible (promedio de 20%) no mostró diferencias significativas entre especies, confirmando el alto contenido proteínico de los forrajes de origen arbóreo. Con respecto a la digestibilidad in vitro si se presentaron diferencias altamente significativas entre especies, identificando a *G. sepium* y *E. poeppigiana* con los valores más altos y *Albizia sp.*, *C. calothyrsus* y *A. angustissima* con los valores más bajos, lo cual afecta su utilización como forraje.

E. poeppigiana y *G. sepium* presentaron la mayor cantidad de biomasa de nódulos en el sitio, por lo que se identifican como las especies con mayor potencial para fijar el nitrógeno del aire. Aunque todas las especies presentaron nódulos, se necesitan estudios posteriores para evaluar la efectividad de la relación de la bacteria Rhizobium y la leguminosa, así como identificar las especies con mayor capacidad para fijar nitrógeno en el sitio en periodos largos.

Siendo el objetivo de este trabajo identificar nuevas especies arbóreas de uso múltiple para ser introducidas en la región, se concluye que las especies *A. falcataria*, *A. fraxinifolius*, *A. auriculiformis*, *A. angustissima*, *C. calothyrsus* como las especies adecuadas para ser introducidas en los sistemas de producción de la región por ser las que presentaron las mejores producciones en biomasa seca total aérea. Considerando también a *A. falcataria* y *A. fraxinifolius*, para ser utilizadas para la producción de pulpa y madera respectivamente.

Para la producción de leña *A. auriculiformis*, *A. angustissima*, *C. calothyrsus* como las más adecuadas de acuerdo a su producción de leña y su poder calórico.

En cuanto a la producción de biomasa producto de la poda *Albizia. sp.*, *C. calothyrsus* y *A. angustissima* fueron las más adecuadas de acuerdo a los valores mayores en la producción de biomasa.

Para la utilización de forraje se identificaron a *G. sepium*, *D. robinoides*, *E. poeppigiana* como las de mayor valor proteico.

Para identificar las especies más adecuadas para la producción de forraje se encontró con el limitante de no contar con diferentes formas de establecimiento, otras frecuencias de poda, pruebas de palatabilidad e incluir otras procedencias de las especies analizadas, lo cual ayudaría a identificar las especies más adecuadas para este uso.

La información producida luego de realizar esta investigación permite ofrecer a la región un grupo de especies de uso múltiple a ser introducidas dentro de los sistemas de producción, de acuerdo a las necesidades, como serían; madera, leña, cercas, sombra, producción de forraje, fijación de nitrógeno y mulch.

6. RECOMENDACIONES

Establecer a *A. falcataria* y *A. fraxinifolius* en otros sitios en la región y observar el crecimiento con el fin de ser utilizadas para la reforestación.

Establecer pruebas de procedencias de *C. calothyrsus* en otros sitios y observar su comportamiento para seleccionar las mejores fuentes de germoplasma de esta especie de uso múltiple, para su utilización como forraje, para protección de suelo, abono verde, leña, sombra, postes y madera.

Identificar otras procedencias de *G. sepium* que presenten mejores producciones de biomasa comestible que la se obtuvo en el sitio.

Realizar ensayos de palatabilidad de las especies que presentaron mayor producción de forraje y identificar cuales son aceptadas por el ganado.

Continuar con las mediciones, un período más para estudiar la producción de biomasa producto de la poda con las especies que presentaron mejor comportamiento para confirmar el efecto de la frecuencia, luego realizar modificaciones a esta frecuencia complementado con pruebas para ofrecer este material al ganado.

Las especies analizadas presentaron nodulación en el sitio, esto fue una observación preliminar sobre el potencial para la fijación de nitrógeno; se recomienda continuar evaluando la nodulación a un lapso mayor de tres meses y poder indicar el porcentaje de nódulos efectivos y

lograr una mayor aproximación sobre el potencial de fijación de N² de estas especies.

En vista de que el sitio Neguev, no se pudo evaluar porque fue utilizado como potrero, se recomienda realizar estas pruebas en sitios que ofrezcan condiciones que puedan garantizar el establecimiento por varios años, o en fincas que sean de cooperativas o asociaciones de desarrollo que permitan la continuidad del experimento.

Si se desea difundir el uso de estas especies, se debe iniciar a nivel de pequeños grupos de agricultores de acuerdo a sus necesidades, a nivel de parcelas demostrativas guiadas por técnicos que supervisen su adecuado manejo, para así asegurar que estas especies puedan cubrir las necesidades de los agricultores de la región.

7. BIBLIOGRAFIA.

- ABARCA, S. 1988. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche en vacas pastoreando estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) Tesis Mag Sc Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- ARANGUREN, J.; ESCALANTE, G.; HERRERA, R. 1984. Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Bra.) 19 (s/n):223-230.
- BELIARD, C.A. 1983. Resultados preliminares de la producción de biomasa en cercos vivos de *Gliricidia sepium* bajo dos frecuencias de poda en la región de La Palmera, San Carlos, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica/CATIE 12 p.
- BENAVIDEZ, J. 1983. Investigación en árboles forrajeros. In Curso Corto Intensivo Técnicas Agroforestales (1983, Turrialba, Costa Rica). Contribuciones de los participantes. Comp. por Liana Babbar. Turrialba, Costa Rica/CATIE. 27 p.
- _____. 1986. Utilización de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) para alimentar cabras bajo condiciones del trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica/CATIE. 31 p.
- BREWBAKER, J.; VAN DEN BELDT, R.; MACDICKEN, K. 1981. Nitrogen fixing tree resources: potentials and limitations. In Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. Eds P.H.Graham; S.C Harris, Cali, Col., CIAT.p 413-425.
- BREWBAKER, J. 1987. Significant nitrogen fixing trees in agroforestry systems. In Agroforestry: realities, possibilities and potentials. Ed H.Z. Gholz Dordrecht, Netherlands, M. Nijhoff. p.

- BUDOWSKI, G.; KASS, D.; RUSSO, R. 1983. Leguminous trees for shade Turrialba, Costa Rica/CATIE. 15 p.
- CADIMA ZEBALLOS, A.; ALVIM, P. 1957. Influencia del árbol de sombra *Erythrina glauca* sobre algunos factores ecológicos relacionados con la producción del cacao. Turrialba (C R) 17(3):330-336.
- CAMACHO, J. 1988. Revisión bibliográfica sobre árboles de uso múltiple. Presentado en: Curso Silvicultura básica. Turrialba, Costa Rica, CATIE 7p.
- CAMPOS, J.; BAUER, J. 1985. *Mimosa scabrella* leguminosa promisorio para zonas altas. Silvoenergía (C.R.) no 9: 1-4 p.
- CAMPOS, J. 1986. Variación genética e interacción genotipo ambiente en procedencias de *Calliandra spp* en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica., UCR/CATIE. 88 p.
- CARLOWITZ, P.V. 1984. Multipurpose tree germplasm. Nairobi, Kenya, International Council for Research in Agroforestry. 298 p.
- CAMACHO, P.; CANET, G.; HERNANDEZ, A. 1989. Determinación y uniformación de los principales coeficientes de cálculos dendroenergéticos. Costa Rica Dirección Sectorial de Energía. 16 p. /
- CANET, G. 1986. Consumo y abastecimiento de leña en Costa Rica. Silvoenergía (C.R.) no 14 : 1-4
- _____. 1984. Caracterización ambiental y de los principales sistemas de cultivo en fincas pequeñas de Pococi, Guácimo, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica. Informe técnico no 36. 128 p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1984. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. CATIE Serie Técnica. Manual técnico no 1. 115 p.

- _____. 1986a. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. CATIE Serie Técnica. Informe Técnico no 79. 128 p.
- _____. 1986b. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: resultados de cinco años de investigación. CATIE Serie Técnica. Informe Técnico no 86. 228 p.
- _____. 1987a. Métodos de análisis rutinarios del laboratorio de Producción Animal. Turrialba, Costa Rica. 48 p.
- _____. 1987b. Sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo bajo: Segundo Informe Anual. Turrialba, C.R. 124 p.
- _____. 1989. Sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo bajo: Informe final. Turrialba, C.R. 184 p.
- COSTA RICA. INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. 1986. Catastro de las serie de precipitaciones medias de Costa Rica. San José, Costa Rica. 350 p.
- DING, M., WEI-MIN, Y.; LAN-YUL. 1986. A survey on the N_2 ase activities off nodules of tree legumes, including *Tamarindus indica*, a species not widely known to nodulate, in artificial forests in/Dainbai, Guangdong, China. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (E.E.U.U.) Vol 4: 9-10.
- DOAT, J. 1977. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. Bois et Forests des Tropiques. (Francia) n 172: 33-55.
- DOMINDO, I. 1983. Nitrogen fixation in Southeast Asian forestry: research and practice. In Biological nitrogen fixation in forest ecosystems: Foundation and aplicaciones. Eds. J. Gordon; C. Wheeler. Nerherlands M. Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. Nerherlands. p 295-315.

- DOMMERGUES, Y. 1982. Ensuring effective symbiosis in nitrogen fixing. In Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. Eds P.H.Graham; S.C Harris, Cali, Col., CIAT.p 395-411.
- _____ 1987. The role of biological nitrogen fixation in agroforestry. In Agroforestry: a decade of development. Eds H.A Steppler; P.K.R. Nair. Nairobi, Kenya, ICRAF. p 245-271.
- ESQUIVEL, C. 1963. Algunos factores que afectan la nodulación y crecimiento de las leguminosas en los trópicos. IICA. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica, IICA 141 p.
- FAO. 1985. Inoculantes para leguminosas y su uso. Roma, FAO/NIFTAL.59 p.
- FEKER, F.; BANDURSKI, R. 1979. Uses of leguminoustrees for minimal energy input agriculture. Economic Botany (E.E.U.U.) 33(2):172-198
- GLOVER, N.; HEUVELDOF, J. 1985. Multipurpose tree trials, in Acosta Puriscal, Costa Rica. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (E.E.U.U) 3: 4-6 p.
- GONZALEZ, R. 1978. Maderas de Costa Rica. Algunas características. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General Forestal. Informe divulgativo. no 20 26 p.
- PROCEEDINGS NITROGEN Fixation and soil fertility. 1987. Ed. H.p.M. Gunasena. Sri Lanka, University of Peradeniya. 120 p.
- GUTTERIDGE, R.; AKKASAENG, R. 1985. Evaluation of nitrogen fixing trees in northeast Thailand. Nitrogen fixing Tree Research Reports(E.E.U.U.) 3: 46-47
- HALLIDAY, J. 1984. Register of nodulation reports for leguminous trees and other arboreal genera with nitrogen fixing members. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (E.E.U.U) 2:38-45

- HERNANDEZ, S. 1981. Especies arboreas forestales susceptibles de aprovecharse como forraje. *Ciencia Forestal (Méx.)* 29: 31-39
- HOLDRIDGE, L.; POVEDA, L. 1975. Arboles de Costa Rica. Vol1, San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical 546 p.
- HUGHES, C. 1987. Ensayo internacional de procedencias de *Gliricidia sepium*. Procedimiento del ensayo. Oxford, Oxford Forestry Institute. 57 p.
- ICRAF. 1987. Methodology for the exploration and assessment of multipurpose trees. Root nodules of leguminous trees. Nairobi, Kenya. 5 p.
- LEMCKERT, A.; CAMPOS, J. 1981. Producción y consumo de leña en las fincas pequeñas de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica/CATIE. 69 p.
- LEONARD, H J. 1987. Recursos Naturales y desarrollo económico en América Central: un perfil ambiental regional. Trad. del inglés por G. Budowski y T. Maldonado. San José, Costa Rica/CATIE. 228 p.
- LINDBLAD, P.; RUSSO, R. 1986. C²H² reduction by *Erythrina poeppigiana* in a Costa Rica coffee plantation. *Agroforestry Systems (Holanda)* 4: 33-37.
- MCILROY, R.J. 1980. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. México, Editorial Limusa. 168 p.
- MENDIETA, M. 1989. Caracterización de la composición química de procedencias y familias de *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp de México. Tesis Mag Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica/CATIE. 75 p.
- MORA, N. 1983. Fijación simbiótica de nitrógeno por plantas leguminosas: aspectos biológicos. *Suelos Ecuatoriales (Col)* 13(2): 18-27.
- MORA, R.; RODRIGUEZ, D. 1984. Ensayo de germinación de *Diphysa robinoides* Benth, bajo tres tipos de coberturas. *Ciencias Ambientales (C.R.)* 5-6: 11-20 .

- NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. 1987. *Acacia auriculiformis*. The adaptable tropical wattle. Hawaii 2 p.
- . 1988. *Calliandra calothyrsus*. An Indonesian favorite goes Pan-Tropic. Hawaii, 2 p.
- . 1989. *Paraserianthes falcataria*. Southeast Asia's growth champion. Hawaii, 2 p.
- NEW DIRECTIONS in agroforestry: The potential of tropical legume trees: improving agroforestry in the Asia Pacific Tropics 1982 Ed. N. T. Vergara. Honolulu, Hawaii. Working group on agroforestry, Environment and Policy Institute. 52 p.
- PICADO, W. 1984. Producción de biomasa y leña en cercas vivas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud de dos años de edad en Costa Rica. Silvoenergía (C.R.) no 1. 1-4 p.
- PINEDA, O. 1988. Identificación y evaluación de follajes arbóreos en la región de las Verapaces, potencialmente útiles para alimentación de rumiantes. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 26 p.
- . 1985. *Mimosa scabrella* Sobrevivencia y crecimiento inicial en San Ramón, Costa Rica. Silvoenergía (C.R.)no 6:1-4 p.
- RAMIREZ, C. 1990. Estudio de la degradación in situ del forraje de cinco especies arbóreas plantadas en la Zona Atlántica. Tesis Ing. Agr. Turrialba, Costa Rica, U.C.R, Sede Regional del Atlántico. 51 p
- ROSKOSKI, P.J. 1981. Nodulation and N₂ fixation by *Ingajinicuil*, a woody legume in coffee plantations. I Measurements of nodule biomass and field C²H² reduction rates. Plant and Soil (Holanda) 59:201-206
- ROSKOSKI, J.; MONTANO, C.; CASTILLEJA. 1982. Nitrogen fixation by tropical woody legumes: potential source of soil enrichment. In Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. Eds P.H.Graham; S.C Harris, Cali, Col., CIAT.p 413-425.

- RUSSO, R. 1983a. Fijación de nitrógeno en sistemas agroforestales vía árboles de uso múltiple. Turrialba, Costa Rica/CATIE. 11 p.
- _____ 1983b. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook. (Poró), sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal café-poró. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 108 p.
- SALAZAR, R. ; QUESADA, M. 1987. Provenance variation in *Guazuma ulmifolia* L. in Costa Rica. Commonwealth Forestry Review (G.B.) 66(4):317-324.
- SALAZAR, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. CATIE. Serie técnica. Informe técnico no 20. 130 p.
- SANTANA, M.B.M ; CABALA-ROSAND, P. 1982. Dynamics of nitrogen in a shade cacao plantation. Plant and Soil (Holanda) 67:271-281
- _____. 1983. Requerimientos de nitrógeno em um agrossistema de cacau. Revista Theobroma (Bra.) 13(3): 211-221.
- SANTANDER, C. 1988. El Guacimo (*Guazuma ulmifolia*) especie forestal de uso múltiple para los trópicos húmedos. CATIE Serie Técnica. Informe Técnico no 07-88/89. 30 pag.
- STANDLEY, P. ; STEYERMARK, J.A. 1976. Flora de Guatemala. Chicago, Natural History Museum. 369 p (Fieldiana: Botany; v 24, part 5.
- SLUYS, F.R. VAN; WAAIJENBERG, H.; WIELEMAKER, W.G.; WIENK, J.F. 1989. Agricultura en la Zona Atlántica de Costa Rica: informe de estudio exploratorio. Trad. al español Carmen M. de Acuña. CATIE. Serie Técnica. Informe técnico no. 141. 35 p.
- SOLANO, R. 1983a. Efecto de diferentes dosis de P^{20} y frecuencias de corte sobre la producción de forraje y leña verde de madre cacao (*Gliricidia sepium*) Turrialba, Costa Rica, CATIE. 7 p.

- _____. 1983b. Estudio preliminar sobre la producción de forraje y leña del caulote (*Guazuma ulmifolia*). Turrialba, Costa Rica/CATIE 7 p.
- SMITH O, B.; HOUTERT, M.F.J. 1987. The feeding value of *Gliricidia sepium*. A review. World Animal Review (Italia) 62: 57- 62.
- TORRES, F. 1985. El papel de las leñosas perennes en los sistemas agrosilvopastoriles. CATIE. Turrialba, Costa Rica/CATIE. 46 p.
- TORRES, S.; SEVILLA, L. ; RODRIGUEZ, H. 1980. Análisis de las especies más usadas y preferidas para leña en las diferentes regiones de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica/CATIE 27 p.
- US. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1983. *Calliandra*: a versatile small tree for the humid tropics. Washington, D. C, National Academy Press. 52 p.
- US. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1984. Especies para leña arbustos y árboles para la producción de energía. Trad. de la ed. inglesa por Vera Arguello de Fernández y TRAPINSA. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 344 p.
- VARGAS, A. 1987. Evaluación del forraje de poró (*Erythrina cocleata*) como suplemento proteico para toretes en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 88 p.
- VARGAS, B.; HUGO, E.; FABLO, G.; ELVIRA, S. 1987. Composición química, digestibilidad y consumo de leucaena (*Leucaena leucocephala*) madre de cacao (*Gliricidia sepium*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*). In. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.: Management and improvement. Proceedings of a Workshop Turrialba, C.R. 1987. Nitrogen Fixing Tree Association. Special Publication no. 87-01: p 217-222 .
- VASQUEZ, M. S. 1986. Estudio preliminar de procedencias *Erythrina poeppigiana* (Walpers). O.F. Cook en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE 52 p.

- VIQUEZ, M. 1988. Los elementos nutritivos presentes en el suelo y su influencia en el desarrollo de los árboles. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie Apoyo Academico. no 2. 25 p.
- UGALDE, L. 1985. Comportamiento inicial de *Acacia auriculiformis*, *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, *Leucaena leucocephala* y *Sesbania grandiflora* en dos sitios de Costa Rica. In Florestas plantadas no neotrópico como fonte de Energia. Anais do Simpósio UFV-MAB-IUFRO. Vicososa, Minas Gerais, Universidade Federal de Vicososa. p 204-225.
- WHITMORE, J.L.; DIAROLA, T.A. 1976. *Acrocarpus fraxinifolius* Wight, especie de rápido crecimiento inicial, buena forma y madera de usos múltiples. Turrialba (C.R.) 26(2):201-204.
- WIERSUM, K.F.; RAMLAN, A. 1982. Cultivation of *Acacia auriculiformis* on Jaya, Indonesia. Commonwealth Forestry Review (G.B.) 61(2):135-144.
- YANTASATH, KOVITH. WINAI supatanakul. Ittirit Ungvichian. Supun Chamasawad, Suthihed Chantrasiri, Siriphong Patanavibul. Chamnong Hyakitkosol. Samorn Prompetchara. Nara Pithakarnop and Piya Chalermklin. 1985 Species trials of NFT. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (E.E.U.U.) 3: 48-56.
- ZANNOTTI, J R. 1983. Ensayo de seis especies leguminosas forestales para la producción de leña. Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala. 72 p.

ANEXO A

/

Quadro 1A: Análisis de varianza para las variables de crecimiento antes del aprovechamiento

Fuente variación	Diámetro cuadrático medio			Diámetro basal			altura			Diámetro copa		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	48.64	2.41 NS	2	82.97	1.34 NS	2	42.31	4.43 †	2	137.53	5.74 †
Especie	11	658.08	32.58 ***	11	1101.1	17.84 ***	11	412.24	43.14 ***	11	427.76	17.84 ***
Error	20	20.2		20	61.7		20	9.55		20	23.98	
total	33			33			33			33		

NS: no significativo

†: significativo a 0.05 %

‡: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Quadro 2A: Análisis de varianza para las variables de producción en el aprovechamiento

Fuente variación	Peso seco fuste.			Peso seco ramas.			Peso seco follaje.			Peso seco total		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	4.01	3.33 NS	2	0.36	0.4 NS	2	0.53	1.66 NS	2	10.77	2.41 NS
Especie	10	53.22	44.31 ***	7	12.94	14.17 ***	10	5.89	15.09 ***	10	164.46	36.83 ***
Error	18	1.2		13	0.91		18	0.39		18	4.47	
total	30			28			30			30		

NS: no significativo

†: significativo a 0.05 %

‡: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Quadro 3A: Análisis de varianza para la supervivencia, poder calórico y producción de leña.

Fuente variación	Supervivencia			Poder calórico			Leña		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.027	0.36 NS	2	0.035	0.55 NS	2	0.019	2.33 NS
Especie	11	0.283	3.83 †	10	0.413	0.65 NS	10	0.025	3.24 †
Error	20	0.074		18	0.063		18	0.008	
total	33			30			30		

NS: no significativo

†: significativo a 0.05 %

‡: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 4A: Análisis de varianza para digestibilidad

Fuente variación	tallo tierno			tallo leñoso		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.0013	0.28 NS	2	0.0006	0.67 NS
Especie	8	0.5285	11.36 **	4	0.2341	25.38 **
Error	11	0.0046		6	0.0505	
total	21			12		

NS: no significativo

*: significativo a 0.05 %

**: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 5A: Análisis de varianza para proteína cruda.

Fuente variación	tallo tierno			tallo leñoso		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.00055	0.43 NS	2	0.00024	1.51 NS
Especie	8	0.00655	5.13 NS	4	0.00233	14.94 *
Error	11	0.00127		6	0.00016	
total	21			12		

NS: no significativo

*: significativo a 0.05 %

**: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 6A: Análisis de varianza para las variables de crecimiento luego de tres podas cada tres meses.

Fuente variación	Diámetro máximo de rebrote.			Altura del rebrote.			diámetro de copa			Número de rebrotes.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	12.65	0.76 NS	2	6.26	0.65 NS	2	32.64	2.26 NS	2	80.34	1.15 NS
Especie	8	261.82	15.79 ***	8	96.53	10.01 ***	8	130.16	9.00 **	8	1008.34	14.47 ***
Error a	14	16.58		14	9.65		14	14.46		14	69.69	
Poda	2	369.50	42.21 ***	2	140.77	71.25 ***	2	33.02	11.17 **	2	36.27	4.82 *
Especie x Poda	15	20.93	2.39 *	15	14.65	7.42 ***	15	27.08	9.16 ***	15	27.80	3.70 ***
Error b	30	8.75		30	1.98		30	2.96		30	7.52	
total	71			71			71			71		

NS: no significativo

*: significativo a 0.05 %

**: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 7A: Análisis de varianza para las variables de producción luego de tres podas cada tres meses

Fuente variación	Peso seco tallo tierno			Peso seco tallo leñoso			Peso seco total.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.055	0.42 NS	2	0.003	0.22 NS	2	0.088	0.47 NS
Especie	8	0.961	7.34 **	8	0.080	6.01 **	8	1.714	9.17 **
Error a	14	0.131		14	0.013		14	0.187	
Poda	2	0.544	29.50 ***	2	0.083	11.43 **	2	0.894	32.63 ***
Especie x Poda	15	0.144	7.82 ***	15	0.017	2.39 *	15	0.213	7.76 ***
Error b	30	8.754		30	0.007		30	0.027	
total	71			71			71		

NS: no significativo

*: significativo a 0.05 %

**: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 8A: Análisis de varianza para materia seca.

Fuente variación	tallo tierno			tallo leñoso		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.0012	0.77 NS	2	0.0012	0.77 NS
Especie	8	0.0476	31.77 ***	8	0.0475	31.77 ***
Error a	16	0.0015		16	0.0015	
Poda	2	0.0004	0.61 NS	2	0.0004	0.61 NS
Especie x Poda	15	0.0009	1.32 NS	15	0.0009	1.32 NS
Error b	29	0.0007		29	0.0007	
total	72			72		

NS: no significativo

*: significativo a 0.05 %

**: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 9A: Análisis de varianza para las variables de crecimiento luego de tres podas cada tres meses por especie

Fuente variación	Diámetro máximo de rebrote.			Altura del rebrote.			diámetro de copa			Número de rebrotes.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	12.65	1.45 NS	2	6.26	3.17 NS	2	32.64	11.04 NS	2	80.34	10.68 **
Especie	8	253.66	15.30 ***	8	128.43	8.88 **	8	128.43	8.88 ***	8	1001.93	14.38 ***
Error a	14	16.58		14	9.64		14	14.46		14	69.69	
ALBZFA	1	23.07	2.64 NS	1	13.20	6.68 NS	1	16.39	5.54 †	1	55.41	7.36 †
ACACAN	2	155.53	17.77 ***	2	84.89	42.97 ***	2	66.83	22.60 ***	2	52.10	6.93 **
CALACA	2	19.60	2.24 NS	2	38.61	19.54 ***	2	14.13	4.78 †	2	41.18	5.47 **
ERYTFU	2	39.71	4.54 †	2	7.42	3.75 †	2	36.20	12.24 ***	2	2.29	0.30 NS
GUAZUL	2	35.15	4.02 †	2	7.33	3.71 †	2	1.07	0.36 NS	2	3.00	0.40 NS
DYPHRO	2	24.33	2.78 NS	2	18.64	9.43 **	2	55.25	18.68 ***	2	67.79	9.01 **
ALBZSP	2	149.71	17.10 ***	2	29.71	15.04 ***	2	13.14	4.44 †	2	25.72	3.42 **
ERYTPO	2	61.25	7.00 **	2	12.89	6.53 **	2	9.21	3.12 NS	2	7.59	1.01 NS
GLIRSE	2	39.17	4.47 †	2	44.28	22.41 ***	2	30.88	10.44 **	2	16.67	2.22 NS
Error b	30	8.75		30	1.87		30	2.96		30	7.52	
Total	71			71			71			71		

NS: no significativo
 †: significativo a 0.05 %
 **: significativo a 0.01 %
 ***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 10A: Análisis de varianza para las variables de producción luego de tres podas cada tres meses por especie.

Fuente variación	Peso seco tallo tierno			Peso seco tallo leñoso			Peso seco total.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.0548	2.97 NS	2	0.0029	0.40 NS	2	0.0878	3.20 NS
Especie	8	0.9616	7.35 **	6	0.0716	5.44 ***	8	1.6950	9.07 **
Error a	14	0.1309		9	0.1316		14	0.1868	
ALBZFA	1	0.0721	3.90 NS	-	-	-	1	0.0720	2.63 NS
ACACAN	2	0.5978	32.40 ***	2	0.0098	13.56 **	2	1.1680	42.62 ***
CALACA	2	0.3890	21.09 ***	2	0.0101	1.39 NS	2	0.4147	15.13 ***
ERYTFU	2	0.0224	1.21 NS	2	0.0200	0.28 NS	2	0.0379	1.38 NS
GUAZUL	2	0.0001	0.07 NS	2	0.0004	0.05 NS	2	0.0004	0.01 NS
DYPHRO	2	0.1672	9.07 **	-	-	-	2	0.1673	6.10 **
ALBZSP	2	0.2804	15.20 ***	2	0.0638	8.83 **	2	0.4922	17.96 ***
ERYTPO	2	0.0254	1.38 NS	-	-	-	2	0.0283	1.30 NS
GLIRSE	2	0.1378	7.47 **	2	0.0063	1.61 NS	2	0.2049	7.48 **
Error b	30	0.0184		17	0.0072		30	0.0274	
Total	71			46			71		

NS: no significativo
 †: significativo a 0.05 %
 **: significativo a 0.01 %
 ***: significativo a 0.0001 %

ANEXO B

/

Cuadro 1B: Análisis de varianza para las variables de crecimiento para la PRIMERA PODA.

99

Fuente variación	Diámetro máximo de rebrote.			Altura del rebrote.			diámetro de copa			Número de rebrotes.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	76.01	6.79 **	2	11.84	2.18 NS	2	19.93	3.17 NS	2	45.84	1.34 NS
Especie	8	166.63	14.89 ***	8	71.87	13.24 ***	8	86.99	13.84 ***	8	376.8	11.02 ***
Error	14	11.19		14	5.43		14	6.29		14	34.19	
total	24			24			24			24		

Cuadro 2B: Análisis de varianza para las variables de producción para la PRIMERA PODA.

Fuente variación	Peso seco tallo tierno			Peso seco tallo leñoso			Peso seco total.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.081	1.52 NS	2	0.019	0.22 NS	2	0.148	1.61 NS
Especie	8	0.79	14.82 ***	6	0.094	6.01 **	8	1.411	15.36 ***
Error	14	0.053		9	0.018		14	0.092	
total	24			17			24		

Cuadro 3B: Análisis de varianza para las variables de crecimiento para la SEGUNDA PODA.

Fuente variación	Diámetro máximo de rebrote.			Altura del rebrote.			diámetro de copa			Número de rebrotes.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	8.12	1.19 NS	2	3.11	1.02 NS	2	20.25	4.5 †	2	5.95	0.16 NS
Especie	8	79.35	11.63 ***	8	24.07	7.86 **	8	46.16	10.26 ***	8	43.55	11.94 ***
Error	14	6.82		14	3.06		14	4.5		14	34.19	
total	24			24			24			24		

Cuadro 4B: Análisis de varianza para las variables de producción para la SEGUNDA PODA.

Fuente variación	Peso seco tallo tierno			Peso seco tallo leñoso			Peso seco total.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.048	1.05 NS	2	0.0069	2.17 NS	2	0.061	1.00 NS
Especie	8	0.149	3.23 †	5	0.0155	4.91 **	8	0.311	5.11 **
Error	14	0.046		7	0.0031		14	0.061	
total	24			14			24		

NS: no significativo

** : significativo a 0.01 %

† : significativo a 0.05 %

*** : significativo a 0.0001 %

Cuadro 5B: Análisis de varianza para las variables de crecimiento para la TERCERA PODA.

100

Fuente variación	Diámetro máximo de rebrote.			Altura del rebrote.			diámetro de copa			Número de rebrotes.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	1.72	0.22 NS	2	0.427	0.09 NS	2	1.84	0.19 NS	2	23.24	1.51 NS
Especie	7	63.34	8.14 **	7	32.28	6.83 **	7	55.11	5.61 **	7	284.45	18.49 ***
Error	12	7.78		12	4.72		12	9.82		12	15.38	
total	21			21			21			21		

NS: no significativo

*: significativo a 0.05 %

**: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 6B: Análisis de varianza para las variables de producción para la TERCERA PODA.

Fuente variación	Peso seco tallo tierno			Peso seco tallo leñoso			Peso seco total.		
	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig	gl	CM	F sig
Bloque	2	0.078	1.34 NS	2	0.0072	8.06 *	2	0.111	1.59 NS
Especie	7	0.342	5.93 **	4	0.0065	7.25 *	7	0.455	6.51 **
Error	12	0.058		6	0.0009		12	0.07	
total	21			12			21		

NS: no significativo

*: significativo a 0.05 %

**: significativo a 0.01 %

***: significativo a 0.0001 %

Cuadro 7B: Prueba Duncan para las variables de crecimiento de especies analizadas en PRIMERA PODA.

Variable	Dmax	H	Dc		N reb						
Especie CODIGO	Media (cm)	Duncan	Especie	Media (m)	Duncan	Especie	Media	Duncan	Especie	Media	Duncan
ALBZSP	3.8		ACACAN	2.9		ALBZSP	2.5		DYPHRD	39.8	
ERYTPO	2.6		ALBZSP	2.7		ACACAN	2.5		GUAZUL	33.8	
ACACAN	2.4		CALACA	2.6		CALACA	2.4		ACACAN	32.0	
ERYTFU	2.2		GLIRSE	2.6		GLIRSE	2.1		CALACA	31.6	
GUAZUL	2.2		GUAZUL	2.3		GUAZUL	1.5		GLIRSE	27.3	
GLIRSE	1.9		DYPHRD	1.8		ERYTFU	1.5		ALBZFA	18.9	
CALACA	1.7		ERYTPO	1.8		ERYTPO	1.4		ERYTFU	13.8	
DYPHRD	1.4		ALBZFA	1.7		ALBZFA	1.3		ERYTPO	10.2	
ALBZFA	1.4		ERYTFU	1.7		DYPHRD	1.2		ALBZSP	8.0	
Media	2.2			2.2			1.8			23.9	
s	0.7			0.5			0.5			10.8	

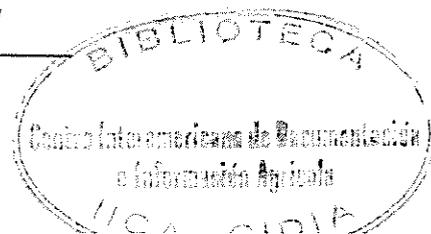
s: desviación standar

Dmax: diámetro máximo H: altura Dc: diámetro de copa N reb: número de rebrotes

Cuadro 8B: Prueba Duncan para las variables de la producción de biomasa seca por árbol para las especies analizadas en la PRIMERA PODA.

Variable	tallo tierno		tallo leñoso		Peso seco total			
Especie	Media	Duncan	Especie	Media	Duncan	Especie	Media	Duncan
	(kg)			(kg)			(kg)	
ALBZSP	1.5		ALBZSP	0.5		ALBZSP	2.0	
ACACAN	1.5		ACACAN	0.5		ACACAN	2.0	
CALACA	1.5		CALACA	0.2		CALACA	1.7	
GLIRSE	0.8		GLIRSE	0.2		GLIRSE	1.0	
GUAZUL	0.5		GUAZUL	0.1		GUAZUL	0.5	
ERYTFU	0.4		ERYTPO	0.1		ERYTFU	0.5	
ALBZFA	0.4		ERYTFU	0.1		ERYTPO	0.4	
ERYTPO	0.4		-	-		ALBZFA	0.4	
DYPHRD	0.4		-	-		DYPHRD	0.4	
Media	0.8			0.2			1.0	
s	0.5			0.2			0.7	

s: desviación standar



Cuadro 9B: Prueba Duncan para las variables de crecimiento de especies analizadas en SEGUNDA PODA.

Variable	Dmax		H		Dc		N reb			
Especie CODIGO	Media (cm)	Duncan	Especie	Media (m)	Especie	Media (m)	Duncan	Especie	Media	Duncan
ALBZSP	2.6		ALBZSP	2.2	CALACA	2.1		DYPHRO	48.8	
ERYTPO	2.0		ACACAN	2.2	ALBZSP	2.1		GUAZUL	32.5	
ERYTFU	1.7		GUAZUL	2.0	ERYTFU	1.9		CALACA	31.6	
GUAZUL	1.5		CALACA	2.0	ACACAN	1.8		ACACAN	26.9	
CALACA	1.3		ERYTPO	1.7	DYPHRO	1.6		GLIRSE	25.2	
ACACAN	1.2		GLIRSE	1.6	GUAZUL	1.5		ERYTFU	15.5	
DYPHRO	1.1		DYPHRO	1.6	ERYTPO	1.4		ALBZSP	13.2	
GLIRSE	1.0		ERYTFU	1.5	GLIRSE	1.3		ERYTPO	12.3	
ALBZFA	1.0		ALBZFA	1.4	ALBZFA	0.9		ALBZFA	3.0	
Media	1.5			1.8		1.6			23.2	
s	0.5			0.3		0.4			13.0	

s: desviación standar

Dmax: diámetro máximo H: altura Dc: diámetro de copa N reb: número de rebrotes

Cuadro 10B: Prueba Duncan para las variables de la producción de biomasa seca por árbol para las especies analizadas en la SEGUNDA PODA.

Variable	tallo tierno		tallo leñoso		Peso seco total		
Especie	Media (kg)	Duncan	Especie	Media (kg)	Especie	Media (kg)	Duncan
ALBZSP	0.9		ALBZSP	0.5	ALBZSP	1.2	
CALACA	0.8		CALACA	0.5	CALACA	1.0	
ACACAN	0.7		ACACAN	0.2	ACACAN	0.9	
ERYTPO	0.5		GUAZUL	0.2	GUAZUL	0.5	
DYPHRO	0.5		GLIRSE	0.1	ERYTFU	0.5	
ERYTFU	0.4		ERYTFU	0.1	ERYTPO	0.5	
GUAZUL	0.4		-	-	DYPHRO	0.4	
GLIRSE	0.3		-	-	GLIRSE	0.3	
ALBZFA	0.2		-	-	ALBZFA	0.2	
Media	0.5			0.3		0.6	
s	0.2			0.2		0.3	

s: desviación standar

Cuadro 11B: Prueba Duncan para las variables de crecimiento de especies analizadas en TERCERA PODA.

Variable	Dmax		H		Dc		N reb	
Especie CODIGO	Media (cm)	Duncan	Especie	Media (m)	Duncan	Especie	Media (m)	Duncan
ALBZSP	2.7		ALBZSP	2.2		ALBZSP	2.3	
ERYTPO	1.7		GLIRSE	2.2		DYPHRO	2.1	
DYPHRO	1.6		DYPHRO	2.1		CALACA	2.0	
GLIRSE	1.5		CALACA	2.0		GLIRSE	1.9	
ERYTFU	1.5		GUAZUL	1.9		ACACAN	1.6	
GUAZUL	1.4		ACACAN	1.9		GUAZUL	1.4	
CALACA	1.3		ERYTPO	1.4		ERYTFU	1.2	
ACACAN	1.1		ERYTFU	1.3		ERYTPO	1.1	
Media	1.6			1.9			1.7	
s	0.5			0.3			0.4	
								22.9
								9.3

s: desviación standar

Dmax: diámetro máximo H: altura Dc: diámetro de copa N reb: número de rebrotes

Cuadro 12B: Prueba Duncan para las variables de la producción de biomasa seca por árbol para las especies a en la TERCERA PODA.

Variable	tallo tierno		tallo leñoso		Peso seco total			
Especie CODIGO	Media (kg)	Duncan	Especie	Media (kg)	Duncan	Especie	Media (kg)	Duncan
ALBZSP	1.3		ALBZSP	0.18		ALBZSP	1.5	
CALACA	1.0		CALACA	0.12		CALACA	1.1	
DYPHRO	0.8		ACACAN	0.11		DYPHRO	0.8	
GLIRSE	0.7		GUAZUL	0.06		ACACAN	0.8	
ACACAN	0.7		ERYTFU	0.03		GLIRSE	0.7	
GUAZUL	0.4		-	-		GUAZUL	0.5	
ERYTPO	0.3		-	-		ERYTFU	0.3	
ERYTFU	0.3		-	-		ERYTPO	0.3	
Media	0.7			0.1			0.8	
s	0.3			0.1			0.4	

s: desviación standar

ANEXO C

/

