

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

PRODUCCION DE BIOMASA DE *Gliricidia sepium*  
(JACQ.) STEUD, EN CERCAS VIVAS BAJO TRES  
FRECUENCIAS DE PODA (TRES, SEIS Y NUEVE MESES)

Tesis sometida a la consideración de la comisión del Programa  
Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas  
y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y  
el Centro Agronómico Tropical de Investigación y En-  
señanza para optar el grado de

*Magister Scientiae*

por

CARMEL ANDRE BELIARD

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE  
Programa de Recursos Naturales Renovables  
Turrialba, Costa Rica

1984

## DEDICATORIA

A la memoria de mis queridos  
padre y hermano André y Bernard

A mi madre Adrienne  
con mucho cariño

A mi hermano  
Philomé

A Elia por su apoyo constante  
y a Viviana

A toda mi familia

A mis amigos Turrialbeños

A Haití

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un profundo y sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

A las autoridades del "Ministère de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et du Développement Rural (MARNDR) de Haití, por la oportunidad de haberme permitido alejarme dos años de mis labores.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, y a la Universidad de Costa Rica, por acogerme en su seno.

Al Ing. John Beer, Consejero Principal, por su permanente interés y colaboración personal en el desarrollo del presente trabajo, así como por sus oportunas intervenciones para permitirme culminar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Jochen Heuvelop, miembro del Comité, por su estímulo y su constante apoyo en el desarrollo del trabajo.

Al Dr. Gerardo Budowski, miembro del Comité, por sus enseñanzas y sus valiosas observaciones en la revisión del manuscrito, así como por hacer posible mi aceptación y venida a este Centro.

Al Dr. Julio Henao, miembro del Comité, por sus sugerencias y sus recomendaciones en el análisis de los resultados.

Al Dr. Rolain Borel, miembro del Comité, por sus valiosas recomendaciones en la presentación escrita de este trabajo.

Al Ing. Eduardo Somarriba, por sus sugerencias, su estímulo desde el principio hasta el fin del presente trabajo.

Al Ing. John Palmer y a Javier López, por la eficiente colaboración en el análisis estadístico de los resultados.

Al Dr. Rodolfo Salazar por sus sugerencias en la interpretación de los análisis estadísticos y por su estímulo durante mi permanencia en el

CATIE.

A los señores Joaquín Monge, Luis Rojas, Alvaro Arce Brenes y Asdrúbal Hidalgo Herrera por haber permitido el desarrollo del presente trabajo en sus propias fincas.

A todas aquellas personas que colaboraron en los trabajos de campo especialmente a: Gerardo Raessens, Paulo A. Dittel, Miguel Solano Ramírez, Marcos Marsiz Quirós y Olger Segura.

A los Ingenieros Margarita Meseguer de Ledesma, Emilia Solis, Ulises Ureña Villalobos y Rolando Araya Mejías, por su cooperación en el apoyo logístico.

Al M. V. Jorge Espinoza y a Alexis Pérez pro su colaboración en los análisis de tejidos vegetales.

A María Mayela Alvarado Vindas, quien realizó el trabajo de mecanografía y al Sr. Hjalmar A. Morales Díaz por la realización de los dibujos y gráficos.

Al Proyecto Agroforestal CATIE/UNU por su apoyo en equipos y personal.

Al Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ por la financiación de la realización y de la publicación del presente trabajo.

Al Gobierno de Holanda, por haberme otorgado la beca.

Al Projeçt "Forestier National" Banco Mundial/MARNDR por el apoyo económico brindado durante los últimos tres meses de mi estadía y al Cónsul General de Haití en Costa Rica, Jean Marie Tardieu por su constante apoyo.

A mis compañeros de curso por la solidaridad compartida durante el período de estudio.

A las Sras. Lorena Jiménez de Murillo, Vera Jiménez Quirós, Teresita Rojas Herrera, Lisseth Brenes de Aguilar y Lilliam Ugalde de Brenes por su colaboración desinteresada.

A las Familias de: Arnold P. Dennis, Jorge M. Gil, José Ramón Castro V., Federico Solano M., María Haideé Sánchez y Suzana García, por su graciosa hospitalidad.

A todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron con mi persona en mi estadía en Costa Rica.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Cap-Haitien, Haití. Curso sus estudios primarios en su ciudad natal en "Ecole de Frères de l'Instruction Chrétienne" y luego siguió sus estudios secundarios en el Liceo Phillippe Guerrier donde obtuvo su bachillerato. Hizo sus estudios agronómicos en la Facultad de Agronomía y de Medicina Veterinaria.

Desde su graduación en 1976, ha desempeñado varios cargos en el Ministerio de Agricultura de Recursos Naturales y Desarrollo Rural de su país.

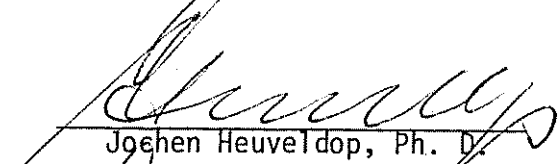
En el año 1981 recibió un adiestramiento en Dasonomía de diez meses de duración, en la Escuela Nacional de Ciencias Forestales de Siguatepeque, Honduras.


En marzo de 1982 ingresó como estudiante graduado al Departamento de Recursos Naturales Renovables del Programa conjunto Universidad de Costa Rica y Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica, obteniendo el grado de *Magister Scientiae* en setiembre de 1984.

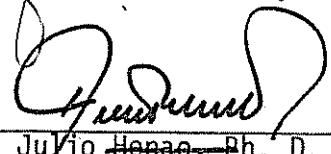
Esta tesis ha sido aceptada en la forma presente por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, bajo el convenio UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de:


Magister Scientiae


  
\_\_\_\_\_  
John Beer, M. Sc.                      Profesor Consejero


  
\_\_\_\_\_  
Joehen Heuveloop, Ph. D.            Miembro del Comité

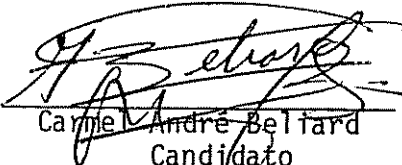
  
\_\_\_\_\_  
Gerardo Budowski, Ph. D.          Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Julio Henao, Ph. D.                  Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Rolain Borel, Ph. D.                  Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Director del Programa de Estudios de Posgrado en  
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

  
\_\_\_\_\_  
Decano del Sistema de Estudios de Posgrado de la  
Universidad de Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
Carmel André Beliard  
Candidato

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	
SUMMARY.....	
LISTA DE CUADROS.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades sobre cercas vivas.....	4
2.2 Utilización de forrajes arbóreos.....	7
2.3 La especie <i>Gliricidia sepium</i> .....	9
2.3.1 Características geo-botánicas.....	9
2.3.2 Potencialidad de <i>G. sepium</i> en cercas vivas.....	11
2.3.2.1 Producción de postes vivos.....	11
2.3.2.2 Producción de forraje.....	11
2.3.2.3 Producción de leña y madera.....	12
2.3.3 Otros usos de <i>Gliricidia sepium</i> .....	12
2.3.4 Manejo de <i>Gliricidia sepium</i> .....	13
2.3.4.1 Métodos de propagación.....	13
2.3.4.2 Podas y producción de <i>G. sepium</i> en cercas vivas.....	13
2.3.5 Valor nutritivo del follaje de <i>G. sepium</i> .....	14
3. MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1 Características de los sitios.....	17
3.1.1 Localización.....	17
3.1.2 Clima.....	17
3.1.3 Suelos.....	21
3.1.4 características de las fincas.....	22
3.2 Métodos de campo.....	25
3.2.1 Selección de las unidades experimentales.....	25
3.2.2 Tratamientos.....	26
3.2.3 Diseño experimental.....	29



	Página
3.3 Métodos de laboratorio.....	31
3.4 Análisis de la información.....	31
3.4.1 Análisis de varianza.....	31
3.4.2 Análisis de correlación y regresión.....	32
4. RESULTADOS.....	35
4.1 Observaciones sobre estacas experimentales y aspectos fenológicos.....	35
4.2 Desarrollo de los rebrotes.....	36
4.2.1 Antes del corte de nivelación.....	36
4.2.2 Durante el período experimental.....	36
4.3 Producción de biomasa.....	41
4.3.1 Biomasa extraída en el corte de nivelación.....	41
4.3.2 Biomasa acumulada durante el período experimental....	42
4.3.3 Análisis comparado de la producción hasta los 6 meses de crecimiento.....	42
4.3.3.1 Producción de forraje hasta los 6 meses.....	42
4.3.3.2 Producción de leña hasta los 6 meses.....	44
4.3.3.3 Biomasa total hasta los 6 meses.....	45
4.3.4 Análisis comparado de la producción hasta los 9 meses	46
4.3.4.1 Producción de forraje hasta los 9 meses.....	46
4.3.4.2 Producción de leña hasta los 9 meses.....	47
4.3.4.3 Biomasa total hasta los 9 meses.....	48
4.4 Composición química del forraje cosechado.....	48
4.4.1 Contenido de materia seca (MS).....	50
4.4.2 Proteína cruda.....	50
4.4.3 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca.....	53
4.5 Correlaciones y regresiones de variables de rendimiento y de crecimiento.....	53
4.5.1 Relaciones entre variables.....	53
4.5.2 Variables y modelos seleccionados.....	54
5. DISCUSION.....	59
5.1 Desarrollo y fenología de estacas de <i>Glycerhida sepium</i> .....	59
5.2 Producción de biomasa y sus componentes.....	60

	Página
5.2.1 Por efecto del intervalo de corte.....	60
5.2.2 Por efecto de fincas.....	62
5.2.3 Por efecto de estacas.....	62
5.2.4 Variables predictivas.....	63
5.3 Contenido de proteína y digestibilidad.....	64
5.4 Persistencia de las estacas.....	66
5.5 Alternativa forrajera.....	67
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
6.1 Conclusiones.....	69
6.2 Recomendaciones.....	70
7. BIBLIOGRAFIA.....	71
8. APENDICE.....	79

Producción de biomasa de *Gliricidia sepium* (Jacq. Steud)  
en cercas vivas, bajo tres frecuencias de poda  
(tres, seis y nueve meses)

RESUMEN

Se reportaron los resultados iniciales (9 meses) en un ensayo que tendrá 18 meses de duración. El estudio se hizo en tres fincas ganaderas de San Carlos, Costa Rica, de la zona de vida de Bosque Tropical muy Húmedo. Al inicio del estudio las cercas vivas de *Gliricidia sepium* tuvieron aproximadamente 5 años desde que fueron plantados por estacas, con rebrotes de 8 a 24 meses, y un espaciamiento promedio de 1,5 m entre las estacas. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 10 estacas experimentales/parcela y 4 repeticiones, en cada finca. Durante un período de 9 meses se midió la producción de una poda de 9 meses, de una poda de 6 meses, y de 3 podas de 3 meses.

Entre los resultados más importantes se destacan:

1. La producción de forraje a los seis meses para la suma de las dos primeras podas de 3 meses y la poda de 6 meses fue de 1,77 y 1,95 kg de Materia Seca (MS)/árbol respectivamente. No hubo diferencias significativas entre estas dos frecuencias de poda. Cuando se aplicó el intervalo de poda de nueve meses, se redujo sensiblemente el potencial forrajero a 1,65 kg de MS/árbol, mientras que la suma de las tres podas de 3 meses proporcionaron 2,08 kg de MS/árbol.
2. La especie demostró más producción de biomasa total y leña cuando fue podada a los 9 meses, con valores respectivos de 7,93 y 6,28 kg de MS/árbol.

3. Las podas frecuentes de 3 meses aumentan el contenido de proteína (promedio máximo de 24,6 %) y la DIVMS (promedio máximo de 58 %) en las hojas, pero debilitan a la planta hasta limitar su desarrollo.
4. Para la estimación de la biomasa en la copa (excluyendo la estaca), la ecuación logarítmica ( $\ln Y = \ln X + b$ ) proporcionó mayor eficiencia y el área basal de las ramas fue la variable de mejor predicción.
5. Hay evidencias de que factores genéticos, condiciones micro ambientales y el manejo anterior, influyeron en el efecto de los tratamientos aplicados.

Se recomienda finalmente 1) el intervalo de poda de 6 meses para producción de forraje; 2) estudiar la interacción de la frecuencia con la intensidad de poda expresada como el número de ramas sin podar; 3) realizar evaluación clonal y pruebas especiales de clones.

Biomass production from *Gliricidia sepium* (Jacq. Steud)

live fence posts, managed under three pruning

frecuencies (3, 6 and 9 months)

SUMMARY

This report gives the initial results (9 months) of a 18 month experiment. The study was made in 3 cattle ranches, in the area of San Carlos, Costa Rica; a perhumid tropical zone. At the beginning of the experiment the fence posts were aproximately 5 years old, with 8 to 24 month old sprouts, and an average spacing between *Gliricidia* of 1,5 m. A random block design was used, with 10 experimental stakes per plot and 4 repetitions per cattle ranch. During the initial 9 months biomass production was mesured from one pruning after 9 months, one pruning after 6 months and three prunings at 3 month intervals.

The most important results of the investigation are that:

- 1) The production of forage from two prunings of 3 months (summed) and for one pruning of 6 months was 1,77 and 1,95 kg (dry weight)/three, respectively. There was no significant difference. With the longer pruning interval of 9 months forage production was slightly reduced to 1,65 kg/tree while the combined forage production from three prunings of 3 months reached 2,08 kg/tree.
- 2) The species produced more firewood and total biomass when pruned after 9 months, with values of 6,20 and 7,93 kg/tree, respectively.
- 3) The protein content (average maximum of 24,6 %) and the in vitro digestibility of dry matter (average maximum of 58 %) was greatest with a 3 month pruning frecueny, but this weakened the plants to the point of limiting their consequent growth.

4) For the estimation of the standing crown biomass (excluding the stake) a logarithmic model ( $\ln Y = \ln X + b$ ) was most useful using the summed basal area of the sprouts as the independent variable.

5) There was evidence that genetic factors, micro climate and micro-site, and the preceding management, interact with the effects of the tested treatments.

Final recommendations were:

1. for the production of forage use a 6 months pruning frequency is recommended;
- 2) the interaction of the frequency of pruning with the intensity (number of sprouts left unpruned) should be studied;
- 3) clonal studies should also be initiated.

## LISTA DE CUADROS

En el texto Cuadro N°		Página
1	Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) de diferentes fuentes de forrajes utilizadas para rumiantes menores en el CATIE.....	8
2	Contenido de proteína cruda de algunos follajes arbóreos.....	9
3	Algunos resultados de análisis del valor nutritivo del follaje de <i>Gliricidia sepium</i> .....	16
4	Localización de los sitios de estudio en el cantón de San Carlos, Costa Rica.....	18
5	Promedios de temperatura y precipitación registrados por tres estaciones meteorológicas más cercanas de las fincas estudiadas.....	20
6	Pastos en las tres fincas estudiadas.....	23
7	Especies de árboles encontrados en las tres fincas estudiadas en San Carlos, Costa Rica.....	24
8	Lista de las variables analizadas.....	34
9	Variables de crecimiento estudiadas durante el corte de nivelación de cercas vivas de <i>Gliricidia</i> en tres fincas de San Carlos, Costa Rica (Promedios de 120 árboles).....	37
10	Desarrollo de los rebrotes de <i>Gliricidia sepium</i> después de un corte total, en cercas vivas, San Carlos, Costa Rica (Promedios de las tres fincas estudiadas).	38
11	Efecto de las frecuencias de poda sobre algunas variables de crecimiento de <i>Gliricidia sepium</i> en cercas vivas después de un corte total.....	39
12	Biomasa extraída en peso seco durante el corte de nivelación de cercas vivas de <i>Gliricidia sepium</i> en tres fincas de San Carlos, Costa Rica (Promedio de 120 árboles).....	41
13	Producción de forraje (kg de MS/árbol) en cercas vivas con <i>Gliricidia sepium</i> sometidas a dos frecuencias de poda (tres y seis meses).....	44

Cuadro N°		Página
14	Producción de leña (kg de MS/árbol) en cercas vivas con <i>Gliricidia sepium</i> sometidas a dos frecuencias de poda (tres y seis meses).....	45
15	Biomasa total (kg de MS/árbol) en cercas vivas de <i>Gliricidia sepium</i> sometidas a dos frecuencias de poda (tres y seis meses).....	46
16	Producción de forraje (kg de MS/árbol) en cercas vivas con <i>Gliricidia sepium</i> sometidas a dos frecuencias de poda (tres y nueve meses).....	47
17	Producción de leña (kg de MS/árbol) en cercas vivas con <i>Gliricidia sepium</i> sometidas a dos frecuencias de poda (tres y nueve meses).....	47
18	Biomasa total (kg de MS/árbol) en cercas vivas de <i>Gliricidia sepium</i> sometidas a dos frecuencias de poda (tres y nueve meses).....	48
19	Valores promedios por finca y fecha de corte para la materia seca (MS %), para proteína cruda en base seca (PC %) y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS %), en las partes vegetales analizadas (Promedios de dos muestras).....	51
20	VARIABLES Y MODELOS SELECCIONADOS CON SUS CORRESPONDIENTES COEFICIENTES DE DETERMINACIÓN ( $R^2$ ) E ÍNDICES DE FURNIVAL (I.F.), POR FINCA Y CORTE.....	55
21	Cantidad de forraje producido en cercas vivas de <i>Gliricidia sepium</i> , en las tres fincas estudiadas, bajo las diferentes frecuencias de corte (en kg de MS/UA día).....	67
En el Apéndice		
A1	Resultados del análisis químico y físico de suelos de las fincas estudiadas en San Carlos, Costa Rica, 1984.....	80
A2	Cuadrados medios y significancia estadística del diámetro y de la altura de la copa para las tres fechas de poda de tres meses.....	81
A3	Cuadrados medios y significancia estadística de la biomasa seca y sus componentes para las dos primeras podas de 3 meses y la poda de 6 meses en las tres fincas.....	82



Cuadro N°		Página
A4	Cuadrados medios y significancia estadística de la biomasa seca y sus componentes para las tres podas de 3 meses y la poda de 9 meses en las tres fincas.....	83
A5	Cuadrados medios y significancia estadística de la biomasa seca y sus componentes para las tres fechas de poda de tres meses en las tres fincas.....	84
A6	Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de composición química estudiadas en el forraje de <i>Gliricidia sepium</i> bajo tres tipos de poda (3, 6 y 9 meses).....	85
A7	Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de composición química estudiadas en el forraje de <i>Gliricidia sepium</i> para las tres fechas de poda de tres meses.....	86
A8	Prueba de Tukey para comparación de medias entre las diferentes frecuencias de poda estudiadas por finca..	87
A9	Prueba de Tukey para comparación de medias entre podas de 3 meses por finca.....	88
A10	Prueba de Tukey para comparación de promedios (características químicas del follaje entre los diferentes intervalos de corte, por finca).....	89
A11	Matriz de correlaciones por finca entre la producción de biomasa y las variables de crecimiento de la copa para las podas de tres meses.....	90
A12	Matriz de correlaciones por finca entre la producción de biomasa y las variables de crecimiento de la copa para la poda de seis meses.....	91
A13	Matriz de correlaciones por finca entre la producción de biomasa y las variables de crecimiento de la copa para la poda de nueve meses.....	92
A14	Cuadrados medios y significancia estadística para la comparación de las regresiones entre las tres fincas a los nueve meses de crecimiento.....	93
A15	Tablas de producción de forraje (kg MS/árbol) de los rebrotes (tres meses) de <i>Gliricidia sepium</i> en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del área basal de las ramas).....	94

Cuadro N°		Página
A16	Tabla de producción de forraje (kg MS/árbol) de los rebrotes (tres meses) de <i>Gliricidia sepium</i> en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del diámetro de la copa).....	95
A17	Tabla de producción de forraje (kg MS/árbol) de los rebrotes (seis meses) de <i>Gliricidia sepium</i> en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del área basal de las ramas).....	96
A18	Tabla de producción de leña (kg MS/árbol) de los rebrotes (nueve meses) de <i>Gliricidia sepium</i> en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del área basal de las ramas).....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Localización del área de estudio.....	19
2	Material vegetal utilizado y sus diferentes partes....	28
3	Croquis del experimento en el campo (ejemplo de la repetición 1 de la finca Santa Marta).....	30
4	Comportamiento de la altura y diámetro de la poda bajo las tres podas de tres meses.....	40
5	Acumulación de la biomasa en los rebrotes de <i>Gliricidia sepium</i> durante el período experimental (9 meses).	43
6	Fracciones de la biomasa producida por los diferentes tipos de poda estudiadas ( <i>Gliricidia sepium</i> en cercos vivos).....	49
7	Variación promedio del porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS) en el follaje de <i>Gliricidia sepium</i> con tres frecuencias de corte (3, 6 y 9 meses).....	52
8	Predicción de forraje (kg de MS) en función del área basal de las ramas y diámetro de la copa en <i>Gliricidia sepium</i> a los tres meses de crecimiento de los rebrotes.	56
9	Predicción de forraje (kg de MS) en función del área basal de las ramas en <i>Gliricidia sepium</i> a los seis meses de crecimiento de los rebrotes.....	57
10	Predicción de leña (kg de MS) en función del área basal de las ramas en <i>Gliricidia sepium</i> a los nueve meses de crecimiento de los rebrotes.....	58

## 1. INTRODUCCION

En los últimos años la creciente presión demográfica en el tercer mundo está ocasionando usos inadecuados y deterioro de los recursos forestales. Una manera de parar esta situación, es aumentar la producción local dentro de las fincas a través del uso adecuado del espacio disponible y de las especies de uso múltiple más promisorias. El uso de cercas vivas, para la producción de bienes y servicios, sin entrar en competencia con los terrenos propiamente agrícolas, es una de las herramientas más promisorias dentro de esta concepción. El multiplicador final de la obtención de bienes y servicios de una cerca viva, es la selección de la especie y el manejo apropiado. *Gliricidia sepium* es una especie de gran potencial para la producción de forraje, leña y postes; y el estudio de la producción de biomasa bajo diferentes regímenes de poda parece ser el aspecto más relevante del manejo con respecto a su productividad.

*Gliricidia sepium* es la especie más comúnmente utilizada en los cercos vivos con alambre de púas que delimitan las fincas ganaderas en el Cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, Costa Rica. Existen diferentes modalidades de poda para estos cercos (5), pero no se conoce su base científica. En particular se carece de información en cuanto al efecto de podas periódicas sobre la sobrevivencia, el crecimiento y desarrollo de esta especie. Un estimado del rendimiento de cercas vivas con *G. sepium* sometida a diferentes regímenes de poda permitiría a los finqueros escoger el regimen que más satisface sus intereses, por ejemplo producción de leña o forraje. Dado que la producción de forraje es la más importante para los finqueros de la región de estudio, se

evaluaron únicamente r egimenes de poda con frecuencias de 3, 6 y 9 meses.

No existen tablas de estimación del rendimiento de estacas de *Gliricidia sepium* en cercos vivos. Con el creciente interés en promover la plantación de esta especie en cercas vivas en la zona de San Carlos, ayudaría enormemente en los procesos de planificación y de investigación disponer de una guía estimativa del rendimiento de los rebrotes en las varias etapas de desarrollo. Así, por medio de variables fácilmente medibles en el campo, el finquero podría pronosticar cuantas toneladas por kilómetro se pueden producir en una cerca viva de *Gliricidia sepium* en cuanto a forraje y leña. Además las ecuaciones predictivas son útiles para la estimación del rendimiento, particularmente cuando el muestreo destructivo no es deseable.

Este ensayo pretende generar información sobre la producción de los rebrotes de *Gliricidia* en cercas vivas, sometidos a tres frecuencias de poda. Con este objetivo se plantearon las siguientes hipótesis:

- a) Con podas más frecuentes se espera un aumento en la proporción de forraje producido y una disminución de la proporción de leña;
- b) La producción de biomasa total de los rebrotes aumenta con podas menos frecuentes;
- c) Podas menos frecuentes producen disminución en el valor nutritivo del forraje.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Cuantificar el efecto de tres frecuencias de poda (3, 6 y 9 meses) en la producción de los rebrotes de *Gliricidia sepium*, en cercas vivas existentes.

2. Constituir modelos de regresión que permitan estimar la biomasa de los rebrotes en base a variables dasométricas de la copa.
3. Determinar las variaciones en el valor nutritivo del forraje según la frecuencia de poda y la edad de los rebrotes.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades sobre cercas vivas

Rackham (73), reportó que las cercas vivas están profundamente enraizadas en la historia social de Inglaterra donde contribuyen a un tercio del volumen bruto total de madera del país. Según Calvert citado por Schroeder (81), éstas han sido registradas por los historiadores y explotadores como un rasgo prominente en el Nuevo Mundo. Bond (13) menciona que las cercas vivas constituyen una práctica tradicional muy encontrada en el Norte de Nigeria y otra parte de Africa. La práctica de cercas vivas en Haití fue descrita por Mintz (57), mediante el uso de especies no usuales como *Anatheim zizarrionides*, *Jatropha curcas* y *Bromelia pinguin*, las que forman barreras contra animales y delimitan las propiedades. En Venezuela, su presencia va desde el bosque seco hasta el bosque muy húmedo tropical, representando quizás una de las prácticas más antiguas y abundantes del país (29). Varios autores coinciden en que esta práctica nació con el propósito de proteger y delimitar terrenos (13, 17, 23, 29, 57, 80).

Según Budowski (15) puede considerarse como una práctica agroforestal y este punto de vista ha sido aceptado por ICRAF (International Council for Research in Agroforestry) con sede en Nairobi, quien está inventariando los sistemas agroforestales del mundo tropical. El uso de plantas para sostener cercas de alambre de púas es comúnmente observado a lo largo de orillas de caminos y autopistas desde el Sureste de México hasta América Central y Panamá. Pero ya antes del uso de alambre, los finqueros indígenas usaron algunas plantas no necesariamente arbóreas que se adaptan a distanciamientos reducidos tales como

especies de *Agave*, *Yucca*, *Bromelia* y *Cactaceae*, las que forman una barrera impenetrable. En Costa Rica y especialmente después de la introducción de alambres de púas, se usaron diferentes especies arborescentes como *Gliricidia sepium*, *Erythrina* spp, *Bursera simaruba*, *Spondias purpurea*, sin duda las más comunes (80).

Las cercas vivas constituyen un ingrediente de los sistemas agrícolas tradicionaels, que han logrado integrar árboles útiles en las actividades agropecuarias y proporcionan una forma segura y continúa, principalmente madera o leña o más postes de cerca, para las necesidades locales (80, 94). Sin embargo son pocas las cuantificaciones realizadas hasta la fecha. Cabe mencionar al respecto que en Colombia, los árboles de *Eucalyptus deglupta* de siete años, distanciados de 2,5 m en cercas vivas a lo largo de un canal de riego, con altura total y DAP promedios de 25 m y 33,7 cm respectivamente, son capaces de producir en total 150 ton de M.S./km incluyendo una producción comercial de 138 ton de MS/km (47). En condiciones de Turrialba, la biomasa producida por una cerca viva de *Erythrina berteroana*, con rebrotes de ocho meses fue estimada en 3,19 ton de M.S./km incluyendo una producción de 0,75 ton de M.S./km de hojas (18).

Tales cercas particularmente comunes alrededor de cafetales, cañales y cacaotales, así como en potreros donde la poda de sus ramas, usualmente cada dos años, produce estacones a base de ramas, los que plantados permiten extender las cercas o hacerlas más densas; el follaje se usa para forraje y las ramas para leña (5, 53, 80). Budowski (15, 16) ha señalado varias otras ventajas que ofrecen las cercas vivas tales como: fijación de nitrógeno en algunas especies, protección del cultivo y de animales contra el viento, control de erosión, etc.



Además de su función protectora, las ventajas de las cercas vivas se derivan tanto de los efectos estéticos que pueden lograrse como de su eficacia y su larga durabilidad (94).

También los inconvenientes son múltiples ya que, por una parte perjudican los cultivos más próximos, disputándoles luz, humedad del suelo y materias nutritivas; además constituyen albergue para diferentes plagas, pueden tragar el alambre de la cerca, siendo difíciles de erradicar y requieren mantenimiento (16, 29, 94). El exceso de sombra es una de las mayores desventajas cuando se dejan estas cercas crecer libremente hasta transformarse en verdaderos árboles (81).

Para la construcción de las cercas vivas se utilizan una gran diversidad de plantas con diferentes propiedades, desde ornamentales, frutales, medicinales, hasta especies maderables (53, 57, 71, 94). La mayoría de estas especies se propagan vegetativamente. Sauer (80) ha descrito lo que considera las 26 especies más importantes en varias zonas ecológicas de Costa Rica y observó variaciones locales y regionales en la distribución de las especies. Budowski y Russo\*, han compilado una lista de más de 100 especies usadas en Costa Rica, aunque sólo una minoría se planta por estacas. *Gliricidia sepium* representa una de las especies más ampliamente utilizadas en las cercas vivas corrientes de Costa Rica (5, 53, 80).

---

\*BUDOWSKI, G. y RUSSO, R. O. Living fences post in Costa Rica. Manuscrito para "Agroforestry Systems", 1984. 35 p. (mecanografiado)

## 2.2 Utilización de forrajes arbóreos

En muchas partes de los trópicos y subtrópicos, la producción animal se ve afectada por una deficiencia de proteína en el forraje consumido. Se requiere incorporar forrajes con alto contenido, especialmente en los trópicos secos, para suplementar a las gramíneas (43, 68). La importancia del ramoneo fue reconocida desde el principio de la historia cuando los agrónomos romanos usaban lo que ellos llamaron "pastos aéreos". En Africa, por ejemplo, cerca de 250 millones de cabezas de animales domésticos viven en zonas áridas y semiáridas donde el ramoneo constituye un componente cualitativo importante de la dieta del ganado (49). Árboles y arbustos nativos de Australia suministran una fuente valiosa de forraje de ramoneo particularmente durante períodos de sequía (55). Se ha mencionado que los esfuerzos de investigación en sistemas agrosilvopastoriles deben concentrarse en la investigación de especies leñosas perennes para sistemas de ramoneo (90).

Se han reportado resultados del valor nutritivo de forraje de origen arbóreo (Cuadros 1 y 2). Los follajes de algunos árboles utilizados para alimentación animal presentan mayores contenidos de materia seca y proteína cruda que los pastos; algunos de estos valores son superiores a los concentrados que se utilizan comúnmente en la alimentación animal (10). Skerman (85) reporta que el contenido en materias nitrogenadas totales de leguminosas tropicales va de 5,6 % para el forraje de *Stylosanthes humilis* hasta un 35,8 % para las partes foliares de *Leucaena leucocephala*.

El manejo de las plantas arbóreas para producción de forraje depende de la especie y de las características botánicas de la misma. Los tipos de manejo más comunes son: el ramoneo directo y por corte de ramas (49, 95).

Además otros autores (22, 48, 63) observaron que los cortes más frecuentes proporcionan un follaje tierno, abundante y de buen valor nutritivo.

Cuadro 1. Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) de diferentes fuentes de forrajes utilizadas para rumiantes menores en el CATIE (Benavides, J. E. y De la Fuente, B., CATIE, 1980).

Tipos de forrajes	% MS	% PC
Forrajes arbóreos		
<i>Erythrina poeppigiana</i>	23,4	25,4
<i>Erythrina berteroana</i>	27,8	24,3
<i>Gliricidia sepium</i>	35,9	24,8
Otros follajes		
<i>Manihot esculenta</i>	27,9	15,8
<i>Musa</i> sp. var. pelipita	22,2	13,5
<i>Canavalia ensiformes</i>	25,8	18,7
<i>Dolichos lablab</i>	20,4	20,2
Pastos		
Guinea ( <i>Panicum maximum</i> )	19,5	10,7
King-Grass ( <i>Pennisetum purpureum</i> )	16,7	10,9
Fuentes energéticas		
Concentrado	90,7	18,9
Banano verde ( <i>Musa</i> sp. var. <i>Cavendish</i> )	20,8	4,5
Yuca (raíz)	36,8	1,3
Ñame ( <i>Dioscorea alata</i> )	30,6	5,9

Cuadro 2. Contenido de proteína cruda de algunos follajes arbóreos (90)

Especies	Región	CP (%)	Referencias
<i>Zizyphus mistol</i>	Argentina	25,9	Díaz, 1962
<i>Acacia arabica</i>	Pakistán	12,8	Khan, 1975
<i>Albizia lebbek</i>	Pakistán	22,0	Malik, Sheik & Shah, 1967
<i>Azadirachta indica</i>	Pakistán	13,4	Malik, Sheik & Shah, 1967
<i>Ficus religiosa</i>	Pakistán	10,8	Malik, Sheik & Shah, 1967
<i>Gliricidia sepium</i>	Virgin Islands	17,4	Oakes & Skow, 1962
<i>Leucaena leucocephala</i>	Virgin Islands	16,0	Oakes & Skow, 1962
<i>Prosopis spicigera</i>	India	15,4	Gupta & Mathur, 1974
<i>Cajanus cajan</i>	Nigeria	29,8	Mecha & Agdebola, 1980

### 2.3 La especie *Gliricidia sepium*

#### 2.3.1 Características geo-botánicas

*Gliricida sepium* (Jacq.) Steud es una leguminosa arbórea perteneciente a la familia de la papilionaceae (ó Fabaceae). Se le conoce en Costa Rica como madero negro (9, 22, 62, 72); en Nicaragua, madre cacao, madriado, madero negro; en El Salvador palo de hierro, padilla, cacahuance, madre cacao (5, 38); en Honduras madriado, cacagua, madre cacao, madero negro; en Guatemala, madre cacao, cancina, matasarna, canté; en República Dominicana, piñon cubano (51, 60); en Haití, lilas étranger; en México sayab, cacahuance, cocoite (2); en Panamá, bala; en Colombia y en Venezuela, matarratón. Es un árbol que puede alcanzar de 10 a 12 metros de altura y unos 30 a 35 cm de diámetro (56, 64). Presenta un tronco usualmente retorcido y corto con una corteza externa grisácea o marrón claro (49). Las ramitas nuevas son de color verde y pubescentes y las más viejas

son de color marrón claro con lenticelas (52, 71). Las hojas son compuestas, alternas imparipinadas con 7 a 17 hojuelas de bordes enteros opuestos en el raquis delgado y de color amarillentos. Las flores son numerosas, de color violáceo agrupadas en racimos axilares con brácteas pequeñas caedizas y con pétalos blancos rosados. Los frutos de color verde pálido son legumbres oblongas, glabras y aplanadas de 10 a 15 cm de largo por 1,0 - 1,5 cm de ancho con 3 a 6 semillas cada una, de color marrón claro (51, 59). La madera de color marrón claro es lustrosa, dura, pesada y fuerte (38, 51).

Es una especie de amplia distribución. Varios autores (1, 32, 51, 52) afirman que *Gliricidia sepium* es nativa desde México hasta la parte Norte de América del Sur. Fue introducido primero en Cuba luego en Jamaica hasta las Antillas Menores (50), también en la parte sur de América del Norte, el Sur de Brasil, en el Trópico africano y en el Suroeste de Asia (24, 52, 55).

Esta especie del trópico se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1500 m de altura, con precipitación de unos 1000 mm hasta más de 3000 mm al año, pudiendo resistir seis o más meses de sequía (31, 52, 55). En Nicaragua existen rodales en donde la precipitación media anual llega a 785 mm (67). En su ambiente, la Temperatura media varía entre 22°C y 30°C y su distribución abarca las zonas de vida siguientes: bosque seco tropical, bosque húmedo premontano, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo, bosque muy seco tropical y bosque seco premontano (51, 59). Aunque varios autores aceptan que la especie presenta una gran elasticidad en cuanto a sus requerimientos edáficos (21, 50, 64, 70), Baggio (5) encontró por medio de una encuesta que *Gliricida sepium* no

sobrevive en suelos excesivamente húmedos (inundables durante parte del año), según el 73 % de los encuestados. En Honduras, la especie se conoce como adaptada a suelos calcáreos de poca profundidad y poca textura, pero no a los de mal drenaje (7). Generalmente crece bien en toda clase de suelos, adaptándose a suelos de baja fertilidad (20).

### 2.3.2 Potencialidad de *G. sepium* en cercas vivas

#### 2.3.2.1 Producción de postes vivos

Varios autores han mencionado que las cercas vivas de *G. sepium* proporcionan suficientes cantidades de nuevos postes para su reparación y para otras cercas vivas (5, 16, 19, 53). Por ser de gran capacidad de rebrote, se ha utilizado extensamente para cercos de cafetales, pastizales, cañaverales y cacaoales, donde la poda de sus ramas, cada dos años, produce más estacas (5, 16, 25, 49). Actualmente se está desarrollando una tendencia de comercialización de las estacas, debido a la creciente demanda para el establecimiento de nuevas cercas (5).

#### 2.3.2 2 Producción de forraje

El uso de la especie como forraje ha sido estudiado en diferentes partes del mundo, particularmente en donde impera una estación seca para suplementar el déficit de proteínas en los pastos. En Sri Lanka, un seto bien desarrollado de *Gliricidia sepium* de cinco años sembrado por estacas de 1,0 a 1,5 m de altura con distanciamiento de 45 cm, ha producido a seis meses de crecimiento cerca de 21,5 ton/ha/año de hojas verdes (22). En Nigeria, ensayos iniciales con *Gliricidia sepium* han indicado que estacas de 18 meses producen rendimientos de

350 a 450 g de materia seca de hojas por día, durante la estación seca (48).

### 2.3.2.3 Producción de leña y madera

*Gliricidia sepium* es una especie de gran potencial para la producción de leña y carbón, por su alto poder calórico del orden de 4,9 kcal/kg (7, 14). En la zona Norte de Costa Rica el 11 % de la leña consumida por los agricultores provienen de la poda de las cercas vivas constituidas de 80 % de *Gliricidia* (50). Se ha estimado que la producción en rodales secundarios de seis años de edad es de unos 15,5 ton/ha de leña y 14,1 ton/ha de madera. Algunos finqueros usan los árboles viejos de los cercos vivos de madero negro para las bases de construcciones, otros aprovechan esos árboles para confeccionar postes muertos (5). La madera puede servir para muebles, construcciones pesadas, ferrocarriles, durmientes y otros implementos por su larga durabilidad y su alta resistencia al ataque de termitas (38, 56, 72).

### 2.3.3 Otros usos de *Gliricidia sepium*

Muchos autores coinciden en señalar a *G. sepium* como una especie de varios usos a saber: como sombra para el ganado (5, 35); como fertilizante orgánico (4, 14, 29), para el control de la erosión y la recuperación de tierras degradadas (69) de poste para otros cultivos (5, 72), para alimentación humana (5), usos medicinales y control de plagas (5, 9, 62, 72). Sin embargo se ha señalado que el uso de la especie podría ser limitado por su efecto alelopático sobre cultivos asociados (42).

### 2.3.4 Manejo de *Gliricidia sepium*

#### 2.3.4.1 Métodos de propagación

La especie se propaga por semilla, estacas y acodos (5, 7, 53, 59). El método más utilizado para el establecimiento de las cercas vivas es mediante estacas de 2 a 2,5 m de altura con diámetros que varía entre 4,0 y 8,0 cm (5, 52), en condiciones favorables se obtienen alrededor del 90 % de sobrevivencia, disminuyendo a menos de 50 % en condiciones de campo pobremente controladas (31).

En Sri Lanka generalmente se plantan estacas maduras de 1,0 a 1,5 m de longitud, a una profundidad de unos 15 cm (22). Baggio (5) y Lozano (53) han plantado estacas de 2,5 m de largo a profundidades de 40 y 50 cm en condiciones experimentales.

La época de plantación influye sobre el arraigamiento de la estaca, el efecto de la hormona "Seradix B" N° 3 no fue importante para mejorar el arraigamiento (53). Comparando secciones de los extremos superior e inferior y del centro de la estaca, los mejores resultados para arraigamiento se obtuvieron con el extremo inferior. También se compararon cortes rectos y oblicuos del extremo de la estaca que se introduce en la tierra, y se obtuvo un establecimiento algo mejor y una más pronta aparición de raíces con el corte oblicuo (22).

#### 2.3.4.2 Podas y producción de *G. sepium* en cercas vivas

Burgos en Perú (19), menciona la conveniencia de podar frecuentemente a las cercas vivas de *Gliricidia* establecidas en suelos húmedos para evitar que sean derribados por el viento. Las podas pueden ser selectivas (dejando 2 ó más rebrotes) o totales de acuerdo al propósito de la operación (para leña, para estacas o para forraje).



En Costa Rica, las podas normalmente son hechas con doble propósito, entre las cuales la selección de estacas es el principal (5) y el ciclo de dos años es el más utilizado (5, 13, 79).

En condiciones de Fortuna, distrito de San Carlos, Costa Rica, se podría proyectar un promedio de 8 ton de MS/km/año, con árboles de *Gliricidia* de cinco años de edad espaciados de 2 m y rebrotes de seis meses (5). En un ensayo más reciente conducido en Siquirres, Costa Rica, se ha reportado el rendimiento de 0,57 kg de forraje verde y 1,78 kg de leña verde para rebrotes de 5 a 8 meses de *Gliricidia* cercas vivas de cinco años y con espaciamientos de 1,3 m (8).

Estudios efectuados con *G. sepium* han demostrado que podas frecuentes tienen un efecto negativo sobre el rendimiento del material vegetal (22, 68). Por ejemplo, en experimentos conducidos en Kingshill, St. Croix, Islas Vírgenes, se ha encontrado que hubo un descenso en la producción de *G. sepium* de 4,76 ton MS/ha en el primer año hasta 0,95 ton MS/ha en el último año, cuando fue cosechado cada cuatro meses durante cuatro años. Además se observó una alta mortalidad atribuida a los cortes repetidos (68).

#### 2.3.5 Valor nutritivo del follaje de *G. sepium*

En experimentos en Nigeria y Sri Lanka con ovejas (23) y ganado vacuno (24) donde se agregaron 25, 50 y 75 % de *Gliricidia* con los pastos locales, se demostró ganancia de peso y mayor producción de leche, fecundidad y crecimiento de la cría en comparación en lotes sin suplemento de *Gliricidia*. No se detectó efecto de toxicidad.

Experimentos con cabras en Turrialba, Costa Rica, han demostrado que *Gliricidia sepium* fue más consumida (700 g MS/animal/día) y permitió

una ganancia superior (60 g/animal/día) que otros forrajes arbóreos (*Erythrina poeppigiana*, *Erythrina berteroana*, *Musa* spp.) (30).

Resultados de análisis químicos realizados para las partes vegetales comestibles de *Gliricidia sepium* han comprobado que constituye una buena fuente de proteína en alimentación del ganado (Cuadro 3). Sin embargo otros informes mencionan que el follaje de *Gliricidia* posee sustancias tóxicas como ácidos fenólicos que pueden causar problemas a ciertos animales en especial (35, 74). Se ha reportado que las hojas son venenosas para ratas y otros roedores, perros y caballos (5, 9, 52, 62) y que la toxicidad aumenta en las hojas en cierta época del año o etapa fenológica del árbol (74).

En estudios efectuados con *Gliricida* se ha demostrado que el porcentaje de materia seca (MS %) aumenta y el porcentaje de proteína cruda (PC %) disminuye en las hojas a medida que aumentan los intervalos de corte (22, 86).

Por ejemplo, un experimento conducido en Guatemala ha encontrado un aumento en el porcentaje de materia seca de 27,6 % hasta 29,7 % y un descenso en el porcentaje de proteína cruda de 24,6 % hasta 20,3 % en las hojas de *G. sepium* cortada a los tres y seis meses respectivamente (86).

Cuadro 3. Algunos resultados de análisis del valor nutritivo del follaje de *Gliricidia sepium*.

Parte vegetal	Materia seca %	Proteína cruda %	D.I.V.M.S. %	Referencias bibliográficas
	27	23,4	-	(22)
	25,0	25,0	64,8	( 5)
Hojas maduras	35,9	24,8	-	(10)
	25,4	30,0	-	(26)
	-	15,7	-	(28)
	25,1	27,5	55,6 - 63,8	(31)
	23,0	27,4	-	(22)
Hojas jóvenes	21,2	28,6	68,5	( 5)
	-	-	53,3 - 59,3	(31)
	-	21,2	-	(60)
	21,0	13,3	45,5	( 5)
Tallos tiernos	14,1	20,1	-	(26)
	-	17,1	-	(28)

### 3. MATERIALES Y METODOS

Los estudios se desarrollaron en tres fincas ganaderas de la zona de San Carlos, cantón de la provincia de Alajuela, Costa Rica. Se escogió esta zona por disponer de facilidades de acceso y abundantes fincas ganaderas con cercas vivas de *Gliricidia* en cantidades suficientes para repetir el ensayo tanto dentro de la finca como en varias otras fincas. Además la región de San Carlos representa la zona del país donde más abunda *Gliricidia* en cercas vivas, y por lo tanto si salen resultados favorables de este estudio, pueden tener una amplia repercusión en la región.

#### 3.1 Características de los sitios

##### 3.1.1 Localización

Las tres fincas seleccionadas se ubican en los distritos respectivos siguientes del cantón de San Carlos (Cuadro 4 y Figura 1). También se seleccionaron las fincas según la disposición de los propietarios a colaborar con el experimento, la disponibilidad de informaciones sobre el manejo anterior de las cercas y la cercanía de ciudades que sirvieron de apoyo logístico para el grupo de medidores.

##### 3.1.2 Clima

En el Cuadro 5 se presentan los promedios mensuales de precipitación y temperatura de acuerdo a los registros de las tres estaciones más cercanas de las fincas.

Cuadro 4. Localización de los sitios de estudio en el cantón de San Carlos, Costa Rica\*

	Fincas		
	La Vega	Santa Marta	La Amada
Distrito	Palmera	Florencia	Fortuna
Lat Norte	10°26'30"	10°26'30"	10°30'00"
Long Oeste	84°23'30"	84°31'00"	84°41'30"
Distancia de C. Quesada	25 km Noreste	28 km Noroeste	40 km Noroeste
Elevación (m.s.n.m.)	320	83	280
Nº y nombre de la hoja cartográfica	3347 II Aguas Zarcas	3247 II Fortuna	3247 II Fortuna
Zona de vida (39)	bmh-P	bmh-T	bmh-T

\*Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Carta topográfica de Costa Rica. Escala 1:50000. San José, Costa Rica, 1967.

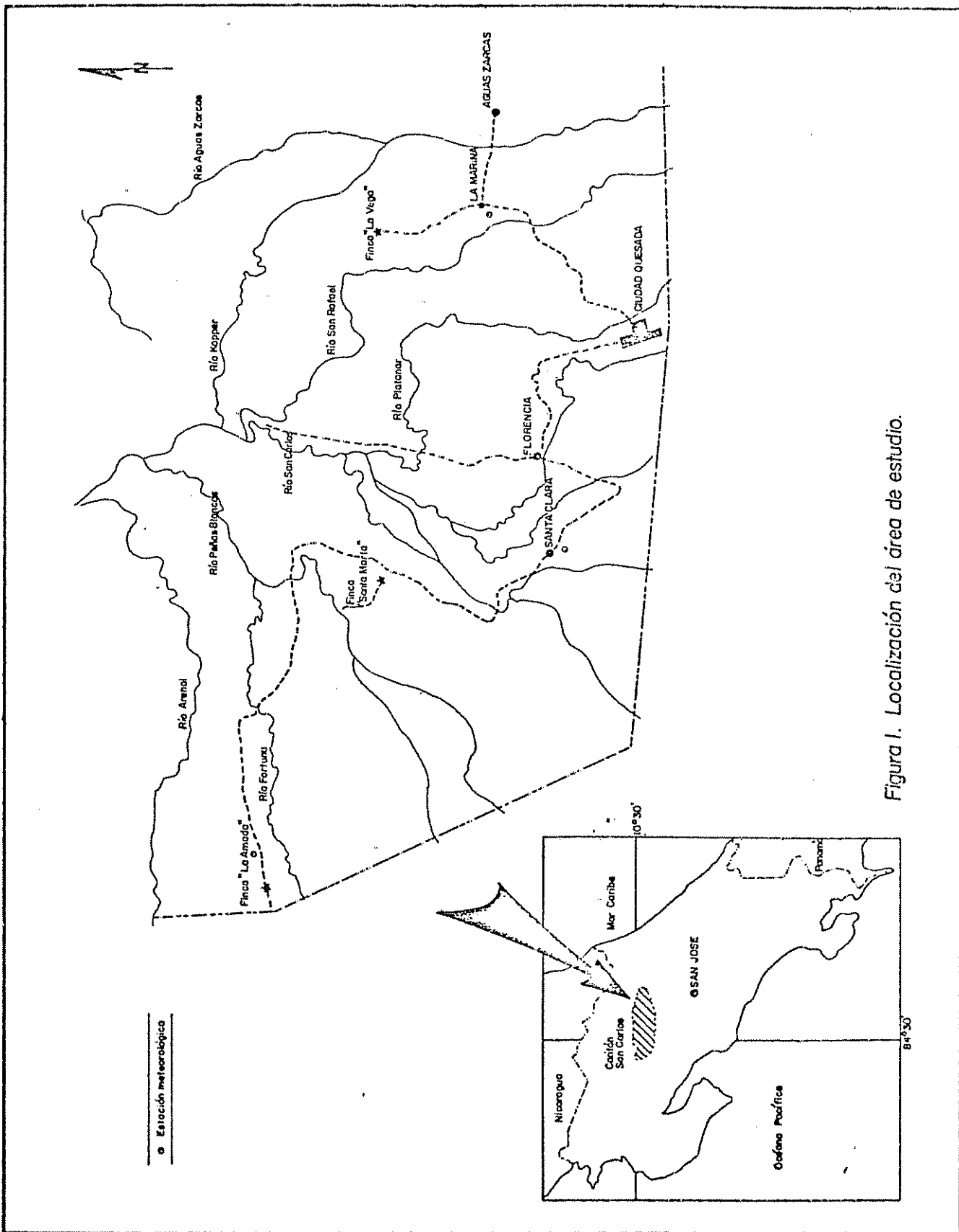


Figura 1. Localización del área de estudio.

Cuadro 5. Promedios de temperatura y precipitación registrados por tres estaciones meteorológicas más cercanas de las fincas estudiadas.

Finca	La Marina												Prom.
	Lat 10°20'			Long 84°23'			Altitud 380 m.s.n.m.			Prom.			
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
LA VEGA	Max	25,2	25,4	26,6	27,2	26,6	26,2	26,3	26,7	26,4	25,7	25,0	26,3
	Min	17,2	17,3	17,6	18,4	19,2	19,5	19,2	19,1	19,2	19,0	17,8	18,6
	Prom	21,3	21,4	22,3	22,9	23,4	23,1	22,8	22,8	23,0	22,7	22,4	21,4
PE*	Max	26,8	27,2	28,3	28,0	28,3	26,7	27,4	27,0	26,7	24,8	24,9	26,4
	Min	18,2	19,2	20,3	20,2	20,3	19,5	19,5	19,4	19,8	19,4	17,8	19,2
	Prom	21,9	22,2	23,2	23,0	23,0	22,0	22,3	22,3	22,0	21,4	21,5	21,9
Precipitación (1972-1981)	202,0	144,8	51,5	134,7	276,2	411,4	523,4	467,6	454,5	498,3	384,9	282,5	3831,8
PE*	30,9	120,8	283,8	208,5	540,1	319,1	461,4	498,3	517,2	422,0	3633,0		
Santa Clara													
	Lat 10°22'			Long 84°31'			Altitud 159 m.s.n.m.			Prom.			
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
SANTA MARTA	Max	31,2	29,0	30,2	29,6	32,4	31,6	32,1	33,4	33,0	32,3	30,6	31,4
	Min	22,5	21,2	20,6	22,4	24,6	24,2	24,9	25,4	25,6	25,8	25,4	23,9
	Prom	26,8	25,1	25,4	26,0	28,5	28,0	27,9	28,5	29,4	29,3	29,0	27,6
PE*	Max	31,1	32,0	30,8	30,0	30,8	28,7	28,8	30,4	29,0	29,2	28,2	30,0
	Min	21,6	22,3	22,2	22,1	22,2	21,3	22,2	22,0	21,4	21,1	20,7	21,6
	Prom	26,4	27,2	26,5	26,1	26,5	25,0	25,5	26,2	25,2	25,2	24,6	25,8
Precipitación (1978-1981)	83,4	101,0	56,4	127,2	262,0	300,2	408,7	350,8	289,9	381,7	439,2	423,4	3224,0
PE*	258,8	109,0	245,6	185,2	540,9	395,4	377,4	395,5	185,2	131,8	3183,4		
La Fortuna													
	Lat 10°28'			Long 84°39'			Altitud 250 m.s.n.m.			Prom.			
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
LA AMADA	Max	28,0	29,0	30,1	30,0	31,0	29,4	30,0	29,6	30,1	28,0	28,1	29,4
	Min	20,5	19,4	20,8	21,2	21,5	21,8	21,7	20,6	21,0	22,3	20,7	21,1
	Prom	24,6	24,0	25,4	25,5	26,2	25,8	25,1	25,6	25,8	25,7	25,7	24,5
PE*	Max	30,4	32,8	31,4	32,0	31,4	29,5	30,3	30,6	29,8	29,8	30,0	30,6
	Min	22,5	23,5	22,2	22,5	22,2	23,2	22,3	20,7	19,9	19,7	20,1	21,7
	Prom	26,3	28,2	26,6	27,2	26,6	26,3	26,2	25,6	24,8	24,8	25,0	26,1
Precipitación (1978-1982)	206,8	140,6	77,0	121,8	260,4	419,6	523,8	423,8	421,0	445	319,9	275,5	3635,2
PE*	95,3	18,5	245,8	251,9	403,3	312,4	277,4	525,4	234,0	391,7	3242,7		

Fuente: Instituto Meteorológico de Costa Rica

PE\*: Condiciones climáticas registradas durante el período experimental

### 3.1.3 Suelos

Los resultados de los análisis de suelos de las tres fincas estudiadas se muestran el Cuadro A1.

No hay mucha diferencia en los promedios del pH entre fincas. En las fincas La Vega y La Amada, los niveles fueron alrededor de 5 en los diferentes bloques mientras que en la finca Santa Marta los valores se incrementan hasta 6 en los diferentes bloques. También se observa que las diferencias fueron mínimas entre los bloques dentro de cada finca. Los promedios de contenido de nitrógeno total fueron de 0,3 para la finca La Vega, 0,2 para la finca Santa Marta, y 0,3 para la finca La Amada. Estas cifras indican pocas diferencias entre las fincas, pero entre los bloques dentro de cada finca las diferencias son considerables. El contenido de materia orgánica siguió la misma tendencia que el nitrógeno total tanto en las fincas como en los bloques dentro de cada finca, con valores promedios de 4,8 %, 3,5 % y 5,8 % respectivamente en las fincas estudiadas.

El contenido de fósforo, variable entre las fincas (2,7, 5,6 y 4,0  $\mu\text{g/ml}$  de suelo), se considera como deficiente (12). Los promedios para el Ca y Mg se encontraron en niveles críticos para las fincas La Vega y La Amada (12): Ca 2,7, Mg 1,0 y Ca 1,4, Mg 0,3 (en meq/100 ml) respectivamente en las dos fincas. En la finca La Vega estos dos elementos fueron en su nivel óptimo con valores promedios de 20,7 para Ca y 6,1 para Mg (en meq/100 ml de suelo). Para el potasio los valores fueron de 0,4 y 0,6 meq/100 ml suelo respectivamente en las fincas La Vega y Santa Marta. Ambos promedios son considerados como adecuados u óptimos. Mientras que en la finca La Amada el nivel encontrado fue considerado bajo y además dentro del margen de ser deficiente (12).



Con relación a los elementos menores tales como manganeso, zinc y cobre todos fueron altos en las dos primeras fincas. En la finca La Amada únicamente el cobre estuvo en su nivel adecuado, el zinc en su nivel crítico y el manganeso fue considerado deficiente.

Los contenidos de arena, limo, arcilla encontrados clasifican al suelo como: arcilloso en la finca La Vega, franco arcilloso en la finca Santa Marta y franco arenoso en la finca La Amada.

#### 3.1.4 Características de las fincas

Las tres fincas estudiadas tienen las extensiones respectivas: Finca La Vega 161 ha, finca Santa Marta 610 ha y finca La Amada 140 ha.

La ganadería representa la actividad principal en estas tres fincas. En los pastos (Cuadro 6), se encuentran árboles (Cuadro 7) distribuidos irregularmente constituyendo fuentes de madera, leña y frutas para la familia del productor y sombra para los animales. Además las cercas vivas que dividen las áreas de repastos con estacas arraigadas de *Gliciridia sepium* fueron estimadas en cuanto a largo: 20 km en la finca La Vega, 76 km en la finca Santa Marta y 15 km en la finca La Amada. El uso de cercas vivas de esta especie data de unos 14 años. Pero las cercas experimentales tenían aproximadamente cinco años desde la siembra.

El King Grass es el único pasto de corte encontrado, sólo en la finca Santa Marta. La caña de azúcar se encuentra en pequeña proporción en las tres fincas como suplemento alimenticio. Las tres fincas utilizan el pastoreo en rotación, control de malezas por método manual, químico y combinado. La carga real en las tres fincas fue de 0,7 unidad

Cuadro 6. Pastos en las tres fincas estudiadas

Nombre científico	Pastos			Fincas		
	Nombre común	La Vega	Santa Marta	La Amada		
<i>Brachiaria mutica</i>	Pará	X	X	X		
<i>Pennisetum purpureum</i> x <i>P. typhoides</i>	King grass	-	X	-		
<i>Cynodon nlemfluensis</i>	Estrella	-	X	-		
<i>Ischaemum ciliare</i>	Retan	X	X	-		
<i>Axonopus</i> spp.	Zacate amargo	X	-	X		
<i>Panicum maximum</i>	Guinea	-	X	X		
<i>Hyparrhenia rufa</i>	Jaragua	X	-	X		
<i>Setaria sphacelata</i>	San Juan	X	-	-		

Cuadro 7. Especies de árboles encontrados en las tres fincas estudiadas en San Carlos, Costa Rica.

Nombre común	Nombre científico	Familia	La Vega	Fincas Santa Marta	La Amada
Aguacate	<i>Persea americana</i>	Lauracea	X	X	
Balsa	<i>Ochroma lagopus</i>	Bombacaceae		X	
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Sapotaceae	X	X	
Carao	<i>Cassia grandis</i>	Caesalpinaceae	X		X
Cedro amargo	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae		X	
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	X	X	X
Chilamate	<i>Ficus tonduzii</i>	Moraceae		X	X
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Palmae	X	X	
Cortés	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Bignoniaceae	x		
Danto	<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	X		
Flamboyant	<i>Delonix regia</i>	Caesalpinaceae	x	X	
Gavilán	<i>Pentaclethra macroloba</i>	Mimosaceae		X	
Guaba	<i>Inga spp.</i>	Mimosaceae	X	X	
Guácimo macho	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae		X	X
Guanabana	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	X	X	
Guarumo	<i>Cecropia spp.</i>	Moraceae	X	X	
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	X		X
Guayabón	<i>Terminalia lucida</i>	Combretaceae			X
Ira rosa	<i>Nectandra spp.</i>	Lauraceae			X
Jícaro	<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae		X	
Jobo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae		X	
Lagartillo	<i>Zanthoxylum insulare</i>	Rucaceae	X		
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Bogarinaceae	X	X	X
Limón ácido	<i>Citrus aurantiifolia</i>	Rutaceae	X		
Mamón chino	<i>Nephelium mutabile</i>	Sapindaceae	X		
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	X	X	X
Manzana de agua	<i>Eugenia malaccensis</i>	Myrtaceae	X	X	
Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	X		
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	X	X	
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	Caesalpinaceae	X		

animal por hectárea.

El efectivo en animales es diferente en las tres fincas siendo: 427 cabezas en la finca Santa Marta, 120 en la finca La Amada y 92 en la finca La Vega. Cada vaca tiene un peso aproximado de 400 a 500 kilos y supuestamente produce de 5 hasta 7 litros de leche por día\*. Además del pasto, que es la fuente principal de alimento, el ganado recibe suplementos como: sal mineral en la finca La Vega, sal mineral con melaza y concentrado en la finca La Amada. Además las dos últimas fincas tienen una picadora de pastos que pueden permitir mejorar el abastecimiento de otras fuentes alimenticias, hasta ahora en ninguna finca se utiliza deliberadamente *Gliricidia sepium* como suplemento.

La reparación anual de cercas y renovación de postes es una de las actividades importantes. En la época de poda de las cercas (cada año en las fincas La Vega y La Amada y cada dos años en la Finca Santa Marta), los animales llegan a los linderos de los apartos para comer el forraje que sale de la poda.

## 3.2 Métodos de campo

### 3.2.1 Selección de las unidades experimentales

Se escogieron cercas de la misma edad, pero no menos de tres años, y además, era importante que la fecha de la última poda dentro de cada finca, fuese aproximadamente la misma. Durante el recorrido a través de las fincas, no fue posible conseguir cercas vivas totalmente homogéneas en cuanto a la edad desde la siembra y al desarrollo vegetativo desde la última poda. Ha sido necesario escoger estacas homogéneas

---

\* Datos de dueños de las tres fincas

dentro de la cerca para que la comparación entre tratamientos sea justificable y que se reduzca al mínimo los efectos de otros parámetros especialmente la edad desde la siembra. Así fueron seleccionadas estacas de *Gliricidia* representativas de las cercas más comunes en la zona (5 años desde la siembra) y se decidió excluir del estudio las estacas recientemente establecidas o podadas por el finquero y estacas de otras especies. En total se utilizaron unos 650 metros lineales de cercas vivas de *Gliricidia* de cinco años de edad. La edad de los rebrotes fue diferente en las tres fincas: un año en la finca La Vega, dos años en la Finca Santa Marta y ocho meses en la finca La Amada. El espaciamiento promedio entre las estacas fue de 1,5 m, pero es variable aún dentro de una cerca (0,8 - 2,2 m). En las tres fincas las estacas excluidas de las unidades experimentales no representan más del 20 %.

### 3.2.2 Tratamientos

El experimento se inició con un corte de nivelación que consistió en un corte total de los rebrotes de los árboles pertenecientes a las cercas experimentales. Esta cosecha fue cuantificada con el fin de evaluar el material vegetal antes del período experimental. Sin embargo por falta de seguridad en ciertas informaciones suministradas por los finqueros, particularmente sobre la edad de los rebrotes, y también por la defoliación heterogénea observada en las estacas experimentales de *Gliricidia* durante este corte, no se utilizaron esos datos para fines de análisis estadístico y de comparación con los datos durante el período experimental.

Los tratamientos fueron tres frecuencias de poda:

1. Poda total a los tres meses después del corte de nivelación de los

- rebrotos, repetida tres veces;
2. Poda total a los seis meses después del corte de nivelación de los rebrotos;
  3. Poda total a los nueve meses después del corte de nivelación de los rebrotos.

Este trabajo fue parte de un ensayo de 18 meses de duración que está llevando a cabo el Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Por lo tanto, el número de cortes correspondiente a cada tratamiento se consideró como provisional.

Al momento de cada corte se midieron en cada estaca: 1) la altura total del árbol, desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol con una vara telescópica graduada y con aproximación al decímetro (Figura 2a); 2) la altura de la estaca desde el nivel del suelo hasta el punto final de la estaca donde empieza el muñón\*; 3) el diámetro de la copa, promedio de dos mediciones perpendiculares de la proyección de la copa, observando la línea de las estacas como punto de referencia; 4) el diámetro de la estaca a 1,30 m y 0,20 m del suelo\*; 5) el número de ramas principales brotando directamente de las estacas con un diámetro mínimo de 1,5 cm; 6) diámetro de los rebrotos, a unos 2 cm de su punto de inserción a la estaca, mediante un calibre en milímetros; 7) el largo de los rebrotos, después del corte. Para esta variable se procedió por muestreo aleatorio midiendo con una cinta métrica los rebrotos de dos árboles en cada parcela; \*) en cada estaca la biomasa podada se separó en hojas, tallos tiernos y leña y se determinó su peso fresco. En

---

\*Estas variables fueron medidas sólo en el corte de nivelación

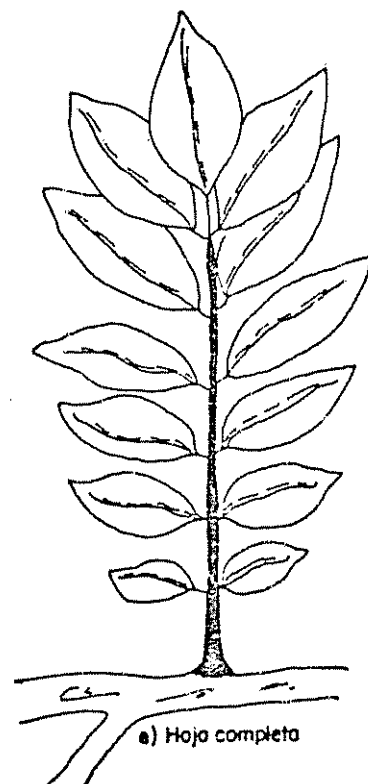
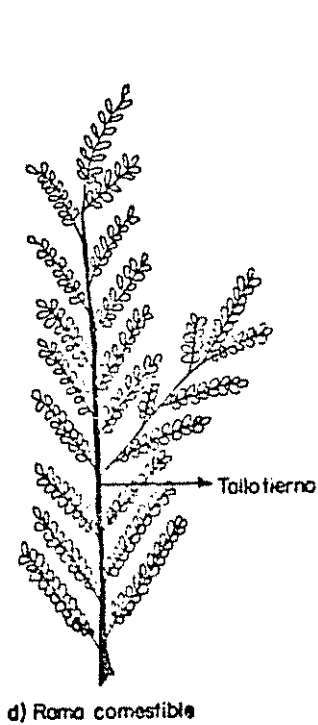
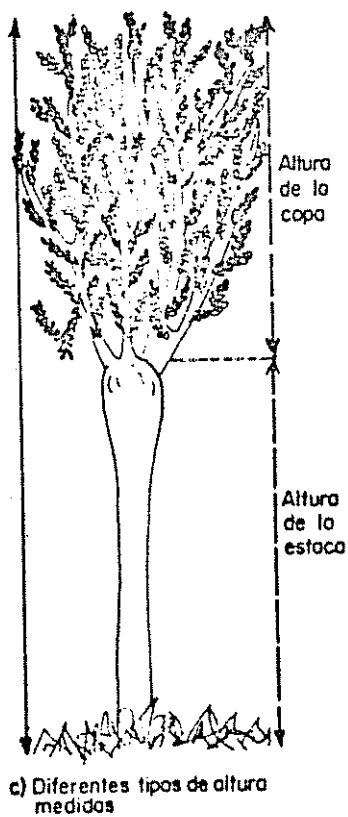
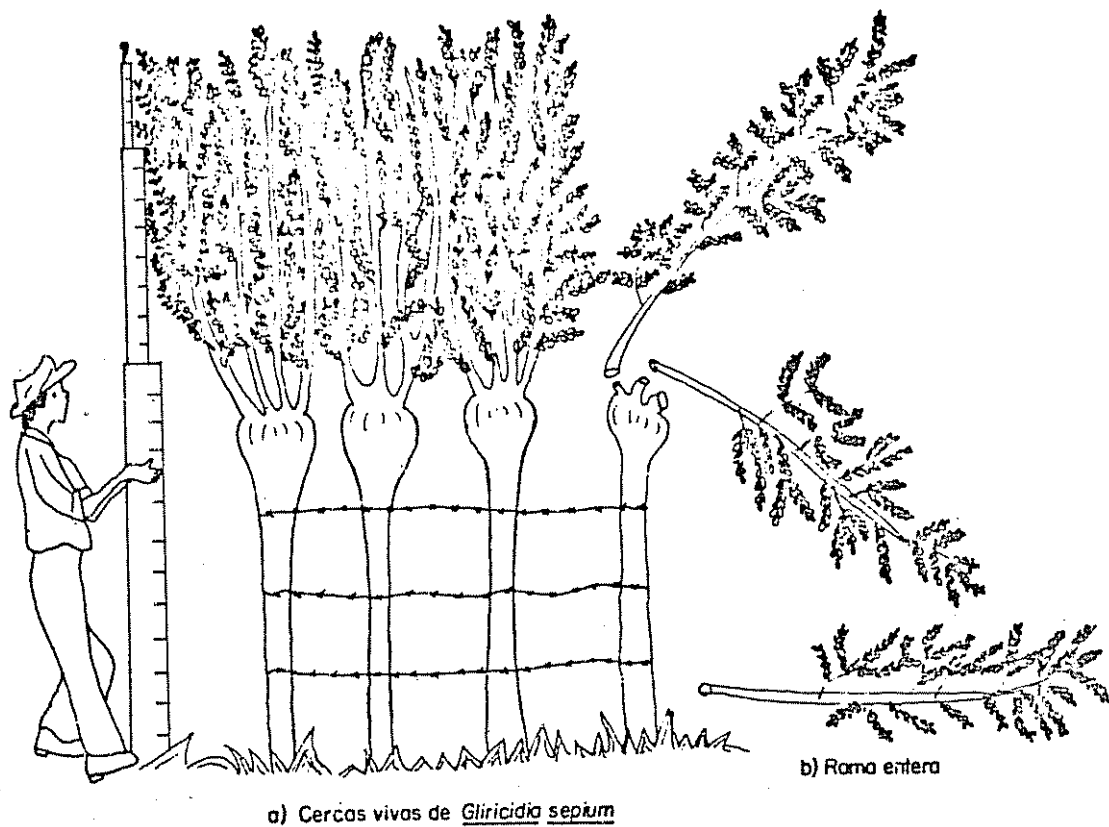


Figura 2. Material vegetal utilizado y sus diferentes partes.

cada parcela de 10 árboles, se tomó una muestra de unos 500 g de cada parte vegetal. Esta muestra se introdujo en una bolsa plástica herméticamente cerrada. Se obtuvo su peso fresco ( $\pm 0,1$  g precisión). Se secó al horno durante 48 horas a 70°C para determinar peso seco. El material seco se molió y se tamizó en cribas de 1 mm de diámetro para análisis de laboratorio.

En cada bloque se tomaron tres muestras de suelo, una en cada parcela, de los primeros 0 - 30 cm de perfil del suelo utilizando un barrenno tipo holandés\*.

Antes de cada corte se hicieron observaciones sobre el estado de defoliación, floración y brotación. Estas observaciones se hicieron en las 3 fincas y en las fincas vecinas. En las fincas experimentales se hicieron observaciones sobre manejo, incidencia de plagas y cualquier otro rasgo particular. Las observaciones fueron tomadas durante los nueve meses de duración del experimento (marzo a diciembre 1983).

### 3.2.3 Diseño experimental

El diseño usado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (bloques) y tres tratamientos, repetido en cada finca. Cada bloque está conformado por 30 estacas experimentales más los bordes y fue dividido aleatoriamente en tres parcelas (tratamientos) de 10 estacas experimentales. Además las parcelas están separadas por árboles para el efecto de borde que puede ser provocado por influencia de las

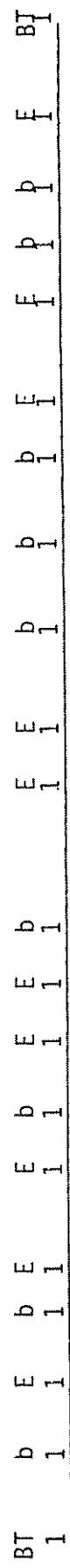
---

\*Barreno cuyo extremo inferior (lugar de corte) tienen la forma de la letra S.





Poda de 3 meses (T1)



Poda de 6 meses (T2)



Poda de 9 meses (T3)

- E= Estaca experimental
- BT= Estaca de borde que empieza o termina un tratamiento
- b= Estaca excluida del estudio por ser de otra edad o de otra especie
- m= Estaca muerta antes del período experimental

Figura 3. Croquis del experimento en el campo (ejemplo de la repetición 1 de la finca Santa Marta)

copas de árboles bajo tratamientos diferentes. Al podar los árboles no experimentales, sean de *Gloricidia* o de otras especies, dentro de cada parcela fueron tratados como árboles de borde, es decir recibieron los tratamientos correspondientes sin ser cuantificados (Figura 3).

### 3.3 Métodos de laboratorio

Las muestras de suelo se analizaron para pH, materia orgánica, nitrógeno total, textura, acidez extraíble, fósforo, potasio, calcio y magnesio, utilizando la metodología de Díaz-Romeu (27).

Las muestras secas de tejidos vegetales forrajeros (hojas y tallos tiernos) cosechados en cada corte se analizaron para determinar su contenido de proteína cruda y digestibilidad de la materia seca utilizando la técnica de Micro-kjeldahl (6), la metodología de Tilley y Terry (89), respectivamente.

### 3.4 Análisis de la información

#### 3.4.1 Análisis de varianza

Este análisis se aplicó separadamente para las comparaciones siguientes:

-2 primeras podas de 3 meses con 1 poda de 6 meses

-3 podas de 3 meses con una poda de nueve meses

Estas comparaciones fueron de carácter provisional, por lo tanto el análisis de varianza no se utilizó para los tres tratamientos juntos.

Con los datos de la producción de biomasa seca y sus componentes (forraje y leña) se hizo un análisis de varianza correspondiente al siguiente esquema:

a) ANDEVA para cada sito individual

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>
Repeticiones	3
Tratamientos	1
Error	3
Total	7

b) ANDEVA combinado para los tres sitios

<u>F.V.</u>	<u>G.L.</u>
Sitios	2
Repeticiones en sitios	9
Tratamientos	1
Tratamientos por sitios	2
Error	9
Total	23

También este análisis se aplicó para las tres podas de tres meses con el fin de comparar las tres diferentes fechas de poda trimestral. En este caso se trató de tres tratamientos por las tres fechas de poda.

Luego los tratamientos individuales fueron comparados mediante la prueba de Tukey.

### 3.4.2 Análisis de correlación y regresión

Para cada frecuencia, se buscaron correlaciones entre las variables observadas en el Cuadro 8 mediante una matriz de correlaciones de las 120 estacas experimentales de cada finca, con el fin de seleccionar las variables consideradas de mayor importancia para predecir cantidades de biomasa (total, leña o forraje). Luego para ver la relación y la tendencia de algunas de las variables se hicieron gráficas de dispersión que permitieron identificar el tipo de modelo que podría ajustarse mejor a los datos. En los análisis de regresión se evaluaron

14 modelos (Programa INT2VARS\*) y se seleccionaron los de mejor ajuste en base al índice de Furnival más bajo (35) y al más alto coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Con los modelos seleccionados se elaboraron tablas de producción de biomasa (Programa VOLREG) utilizando las variables más predictivas y de más uso práctico. Para probar la validez de la eficiencia de los modelos seleccionados se compararon los valores estimados con los valores reales obtenidos de las podas y se inspeccionó la distribución de los residuos. La comparación de los modelos más predictivos ajustados en cada finca, se hizo por medio de un análisis de covarianza.

---

\*Este y todos los programas citados en este documento han sido desarrollados en el Centro de Cómputo del CATIE por Heather J. Palmer, 1984.

Cuadro 8. Lista de las variables analizadas

Variables	Dependientes	Independientes
1. Altura de la copa en metros		X
2. Diámetro de la copa en metros		X
3. Area basal de las ramas en cm <sup>2</sup>		X
4. Número de ramas		X
5. Peso verde de forraje en kg	Y	
6. Peso verde de leña en kg	Y	
7. Biomasa verde total en kg	Y	
8. Peso seco de forraje en kg	Y	
9. Peso seco de leña en kg	Y	
10. Biomasa seca total en kg	Y	

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Observaciones sobre estacas experimentales y aspectos fenológicos

Antes del corte de nivelación, en marzo de 1983, se observó en todas las cercas experimentales la etapa de floración. Sin embargo las condiciones ecológicas de la región permitieron evitar la defoliación completa y su intensidad fue diferente de finca a finca y aún dentro de una misma finca. Lo mismo ocurrió en las fincas vecinas. La corteza externa de los rebrotes, en las cercas experimentales fue grisácea en las fincas La Vega y La Amada, y de color marrón claro en la finca Santa Marta.

Las observaciones efectuadas en los tres crecimientos de tres meses, indican que las plantas tenían más rebrotes con corteza totalmente de color verde, que fueron agrupados dando una forma de corona a las copas de los árboles. Las hojas de color verde pálido fueron de tamaño reducido, ocupando hasta un 80 % de la longitud de los rebrotes. En la finca Santa Marta las hojas tuvieron un aspecto agrupado alrededor del raquis. Sin embargo en la última poda de tres meses se observó un número de brotes relativamente bajo y una gran cantidad de yemas brotadas que no desarrollan el brote.

A los seis meses, la copa fue más abierta. A lo largo de los rebrotes con corteza de color gris oscuro en la base hasta verde en el ápice, las hojas manifestaron aspectos diferentes, siendo de color verde oscuro en la parte inferior hasta verde pálido en el ápice del rebrote. El tamaño de la hoja es mucho mayor que a los tres meses de crecimiento.

En el mes de diciembre de 1983, cuando los rebrotes de uno de los tratamientos tuvieron nueve meses de crecimiento, se observó que las hojas de tamaño normal fueron de color claro y oscuro. La copa fue mucho más abierta que a los seis meses, pero generalmente la copa tuvo una forma estrecha más pronunciada en los árboles a espaciamiento reducido. La parte foliar ocupó alrededor del 40 por ciento del largo de los rebrotes. Se observó un color gris claro en la parte sin hojas contrastando con el color verde en las partes con hojas, también se observó el desarrollo de algunos brotes secundarios. Si bien en otras cercas vivas excluidas del ensayo se observó inicio de defoliación, esto no ocurrió en las cercas experimentales.

## 4.2 Desarrollo de los rebrotes

### 4.2.1 Antes del corte de nivelación

El desarrollo de los rebrotes, tanto en número como en su largo y diámetro basal, se presenta en el Cuadro 9. Fue mayor en la finca Santa Marta, como se puede esperar considerando la mayor edad de los rebrotes en esta finca.

### 4.2.2 Durante el período experimental

En el Cuadro 10, se puede observar el desarrollo de los rebrotes de *Gliricidia* a las diferentes etapas del experimento, después del corte de uniformización. Se observa que a los primeros tres meses, tanto la altura como el diámetro de la copa se incrementaron en 1,94 m y 2,34 m respectivamente, en 1,31 m y 1,31 m entre el tercer y sexto mes de crecimiento, en 0,51 m y 0,37 m entre el sexto y el noveno mes. El número de ramas disminuyó en un 38 por ciento entre el tercer y sexto mes, y 12 por ciento entre el sexto y el noveno mes.

Cuadro 9. Variables de crecimiento estudiadas durante el corte de nivelación de cercas vivas de *Gliricidia* en tres fincas de San Carlos, Costa Rica (Promedios de 120 árboles).

Fincas	Edad rebrotes (meses)	Altura copa (m)	Diámetro copa (m)	Nº de rebrotes	Diámetro basal de rebrotes (cm)	Largo de rebrotes (m)
La Vega	12	4,59	3,48	7,2	2,5 - 7,4	2,5 - 6,0
Santa Marcha	24	6,69	5,06	8,6	2,5 - 9,5	2,5 - 7,5
La Amada	8	3,91	2,80	6,3	2,0 - 6,0	1,6 - 4,7



Cuadro 10. Desarrollo de los rebrotes de *Gliricidia sepium* después de un corte total, en cercas vivas, San Carlos, Costa Rica (Promedios de las tres fincas estudiadas)\*.

Edad de rebrotes	Altura de copa (m)	Diámetro de copa (m)	N° de rebrotes	kg de MS/árbol		
				Forraje	Leña	Biomasa total
3 meses	1,94	2,34	13	0,85	0,30	1,16
6 meses	3,75	3,65	8	1,95	3,50	5,45
9 meses	4,26	4,02	7	1,65	6,28	7,93

\* Los valores presentados en este cuadro se refieren únicamente al primer corte de cada intervalo

Cuadro 11. Efecto de las frecuencias de poda sobre algunas variables de crecimiento de *Gliricidia sepium* en cercas vivas después de un corte total.

Finca	Corte	Fecha de corte 1983	Altura de copa (m)	Diámetro de copa (m)	Nº de brotes	Diámetro basal* brotes (cm)	Largo de los brotes* (m)
La Vega	Corte de 3 meses	Junio	2,00	2,13	14	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5
		Setiembre	1,96	1,94	12	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5
	Corte de 6 meses	Diciembre	0,94	1,11	6	0,7 - 1,8	0,5 - 1,5
		Promedio	1,63	1,72	10,6	0,9 - 2,3	0,8 - 2,2
Santa Marta	Corte de 3 meses	Junio	1,91	2,95	15	1,0 - 2,4	1,3 - 2,7
		Setiembre	1,45	1,81	15	1,0 - 2,4	0,8 - 2,1
	Corte de 6 meses	Diciembre	1,10	1,62	12	0,7 - 1,7	0,6 - 1,5
Promedio		1,48	2,12	14	0,9 - 2,2	0,9 - 2,1	
La Amada	Corte de 3 meses	Junio	1,91	1,94	10	1,0 - 2,5	1,0 - 2,2
		Setiembre	1,51	1,62	8	1,0 - 2,3	1,0 - 1,9
	Corte de 6 meses	Diciembre	0,80	1,25	5	0,6 - 1,5	0,5 - 1,3
Promedio		1,40	1,60	8	0,9 - 2,1	0,8 - 1,8	
La Amada	Corte de 9 meses	Setiembre	4,14	3,32	8	1,3 - 4,5	1,8 - 4,7
		Diciembre	4,20	3,59	5	1,4 - 5,3	2,0 - 5,0

\* Valores mínimos y máximos

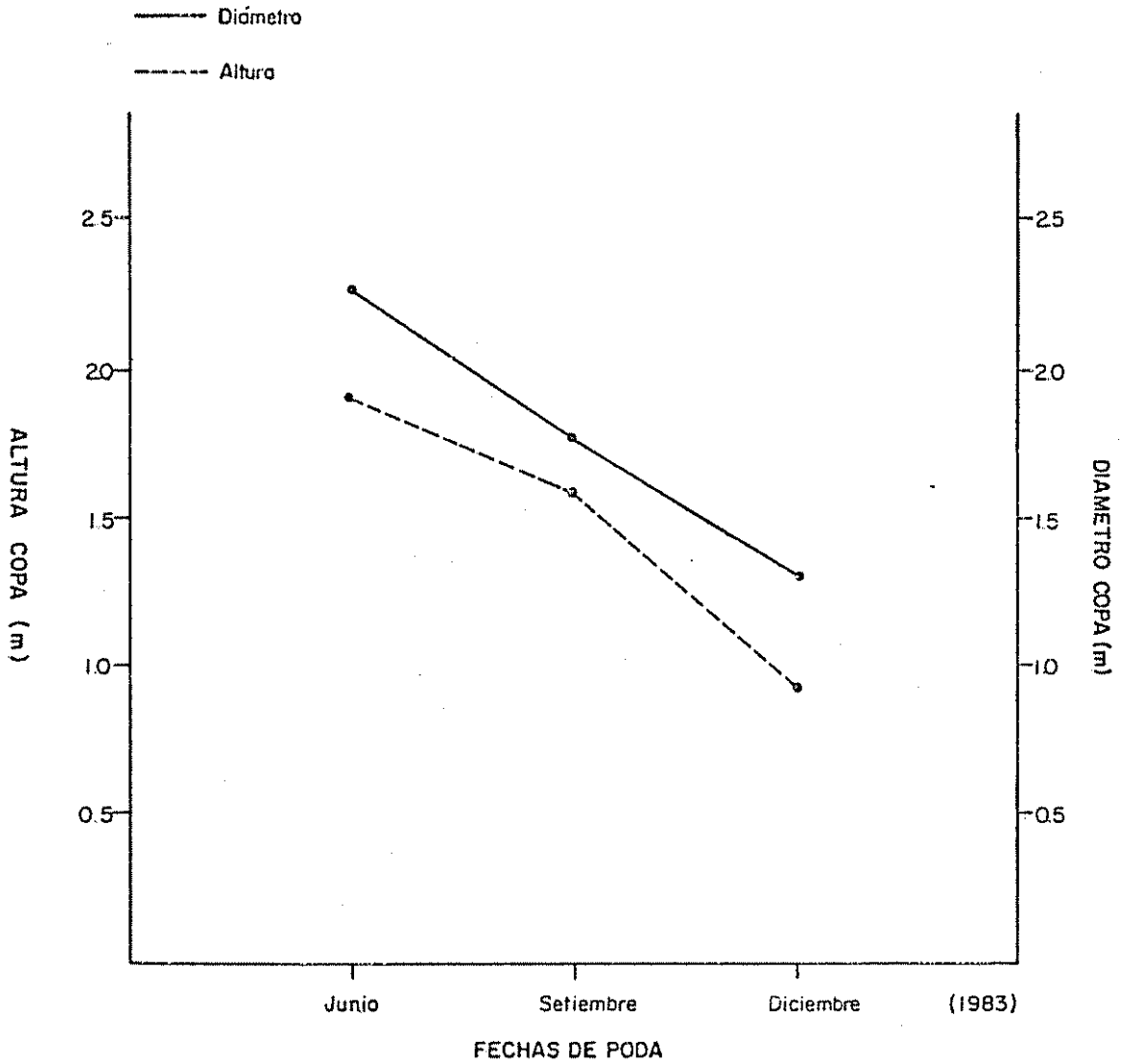


Fig. 4. Comportamiento de la altura y diámetro de la poda bajo las tres podas de tres meses.

El Cuadro 11 presenta las diferentes variables de crecimiento de los rebrotes por finca y por fecha de corte. Se puede ver que tanto la altura como el diámetro de la copa disminuyen de la primera hasta la tercera poda de tres meses (Figura 4). El análisis de varianza presentado en el Cuadro 2A, mostró diferencias significativas entre las diferentes fechas de poda y entre fincas. Sin embargo las pruebas de Turkey para las tres podas de 3 meses no mostraron diferencias significativas entre las dos primeras podas para la finca La Vega (Cuadro 9A). Además se puede ver que el número de rebrotes disminuiría considerablemente en la tercera poda de tres meses (Cuadro 11).

#### 4.3 Producción de biomasa

##### 4.3.1 Biomasa extraída en el corte de nivelación (Cuadro 12).

Se puede apreciar que estas variables siguieron la misma tendencia que las variables de crecimiento, con mayor rendimiento en la finca Santa Marta. Además se puede detectar que en las tres fincas la leña representa alrededor de 90 por ciento de la biomasa total.

Cuadro 12. Biomasa extraída en peso seco durante el corte de nivelación de cercos vivos de *Gliricidia sepium* en tres fincas de San Carlos, Costa Rica (Promedio de 120 árboles)

Finca	Edad de rebrotes (meses)	Forraje (kg MS)	Leña (kg MS)	Biomasa total (kg MS)
La Vega	12	0,86	10,85	11,71
Santa Marta	24	1,59	33,13	23,72
La Amada	8	0,66	4,65	5,31

#### 4.3.2 Biomasa acumulada durante el período experimental

La acumulación de la biomasa hasta los nueve meses se aprecia en la Figura 5. La cantidad de forraje se aumentó en 1,10 kg de MS/árbol entre el tercer y el sexto mes, pero se disminuyó de 0,30 kg entre el sexto y el noveno mes. En cuanto a la leña, el incremento fue de 3,20 kg entre el tercer y el sexto meses, 2,78 kg entre el sexto y el noveno mes. La biomasa total siguió la misma tendencia que la leña, con un aumento de 4,29 kg entre el tercer y el sexto mes, y 2,52 kg entre el sexto y el noveno mes. Se deduce que hubo mayor acumulación de biomasa en los rebrotes entre el tercer y el sexto mes (Cuadro 10 y Figura 5).

#### 4.3.3 Análisis comparado de la producción hasta los 6 meses de crecimiento

Se ha comprobado la producción de biomasa total y sus componentes de los dos primeros cortes de tres meses con la producción del corte de seis meses.

##### 4.3.3.1 Producción de forraje hasta los 6 meses (Cuadro 13).

Se puede apreciar que en promedio para las tres fincas, los valores absolutos fueron 1,95 y 1,77 kg MS/árbol respectivamente para la poda de 6 meses y las dos primeras podas de tres meses. No hubo diferencias significativas entre los dos tipos de poda. Sin embargo los bloques, fincas, interacción (poda x finca), acusaron diferencias significativas (Cuadro A3).

Además en lo que se refiere a las dos primeras podas de tres meses en las tres fincas, hubo diferencia significativa entre las dos fechas de poda (Cuadro A5).

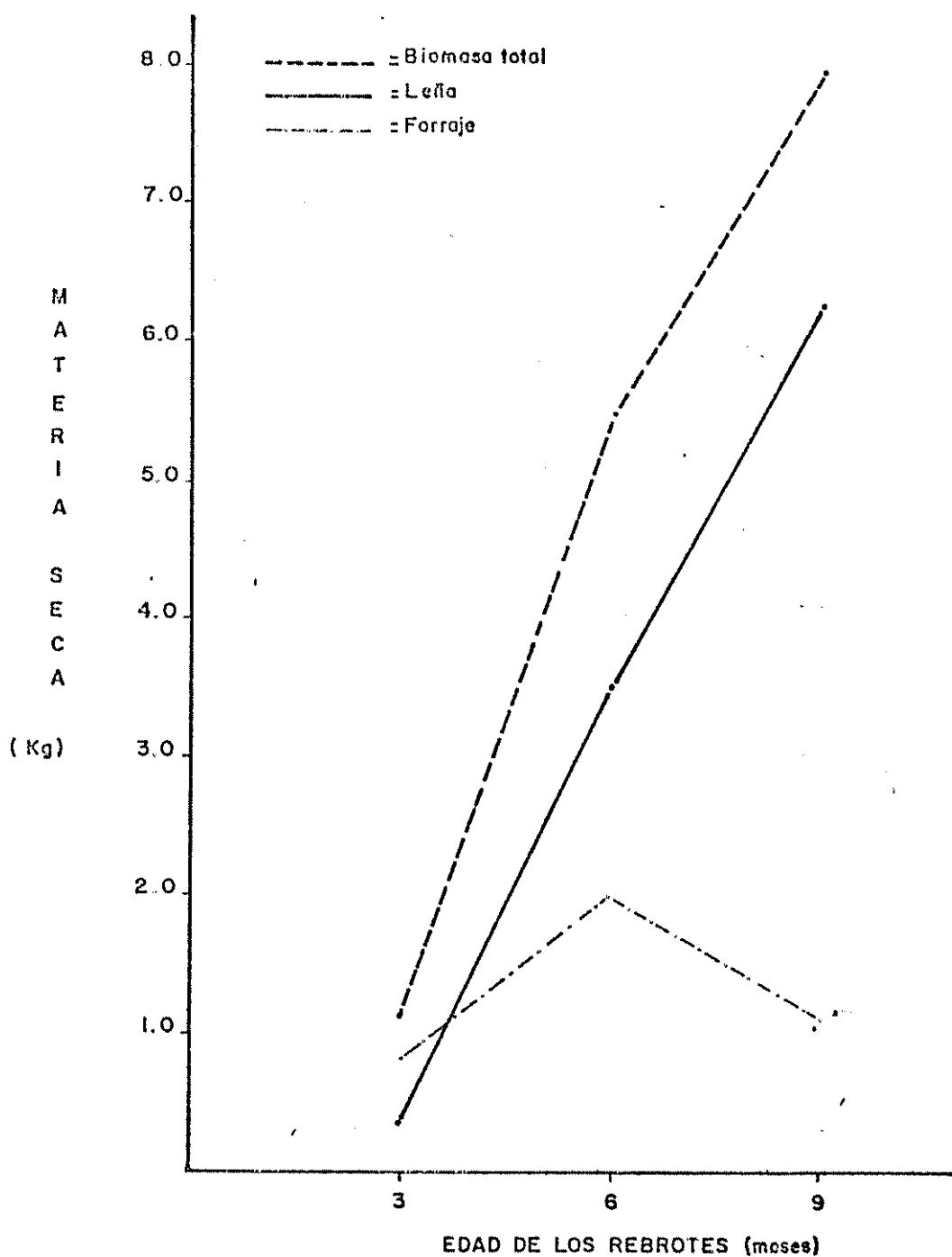


Fig. 5. Acumulación de la biomasa en los rebrotes de *Glyricidia sepium* durante el período experimental (9 meses).

Cuadro 13. Producción de forraje (kg de MS/árbol) en cercas vivas con *Glicicidia sepium* sometidas a dos frecuencias de poda (tres y seis meses)

Tratamiento	Fecha de corte (1983)	La Vega	Finca Sta Marta	La Amada	Promedio
Corte de 3 meses	Junio	1,21	0,73	0,63	0,85
	Setiembre	0,82	1,43	0,49	0,91
	Total	2,03	2,16	1,12	1,77
Corte de 6 meses	Setiembre	2,39	2,16	1,31	1,95

#### 4.3.3.2 Producción de leña hasta los 6 meses (Cuadro 14)

El corte de seis meses presentó el promedio significativamente mayor en leña (3,5 kg de MS/árbol) que la suma de los dos cortes de tres meses (0,79 kg de MS/árbol). Además hubo diferencias significativas entre las dos primeras fechas de poda de tres meses, entre las repeticiones y entre las fincas (Cuadro 14).

Cuadro 14. Producción de leña (kg de MS/árbol en cercas vivas con *Gliricidia sepium* sometidas a dos frecuencias de poda (tres y seis meses)

Tratamiento	Fecha de corte 1983	Finca			Promedio
		La Vega	Sta Marta	La Amada	
Corte de 3 meses	Junio	0,40	0,28	0,23	0,30
	Setiembre	0,57	0,74	0,15	0,48
	Total	0,97	1,02	0,38	0,79
Corte de 6 meses	Setiembre	4,23	3,41	2,87	3,50

#### 4.3.3.3 Biomasa total hasta los 6 meses (Cuadro 15)

En promedio para las tres fincas la mayor producción correspondió a la poda de seis meses con 5,45 de MS/árbol, mientras que las dos podas de tres meses acusaron aproximadamente la mitad con 2,56 kg (Figura 6). Se puede observar que la finca La Amada tuvo la menor cantidad de biomasa total para los tipos de poda, siendo semejante la producción en las dos otras fincas.

Además se encontró que la biomasa total en la poda de seis meses está formada aproximadamente por un 64 por ciento de leña y un 36 por ciento de forraje (hojas y tallos tiernos) a diferencia de la frecuencia de corte de tres meses en que la leña representó el 29 por ciento y el forraje el 71 por ciento.



Cuadro 15. Biomasa total (kg de MS/árbol en cercas vivas de *Gliricidia sepium* sometidas a dos frecuencias de poda (tres y seis meses)

Tratamiento	Fecha de corte 1983	Fincas			Promedio
		La Vega	Sta Marta	La Amada	
Corte de 3 meses	Junio	1,61	1,01	0,86	1,16
	Setiembre	1,40	2,17	0,64	1,50
	Total	3,01	3,18	1,50	2,56
Corte de 6 meses	Setiembre	6,62	5,57	4,18	5,45

#### 4.3.4 Análisis comparado de la producción hasta los 9 meses

Se evaluó la producción al final del experimento, es decir a los nueve meses, comparando los datos de los tres cortes de tres meses con los del corte de nueve meses y resultó lo siguiente:

##### 4.3.4.1 Producción de forraje hasta los 9 meses (Cuadro 16)

Se observa que a los nueve meses la producción para un solo corte fue menor en valor promedio absoluto para las tres fincas, 1,65 kg de MS, que la suma producida por los tres cortes de tres meses, 2,08 kg de MS (también esta producción fue menor que a los seis meses). Pero se notó una disminución brusca en la producción de forraje en el último corte de tres meses.

Cuadro 16. Producción de forraje (kg de MS/árbol) en cercas vivas con *Gliricidia sepium* sometidas a dos frecuencias de poda (tres y nueve meses).

Tratamiento	Fecha de corte 1983	Fincas			Promedio
		La Vega	Sta Marta	La Amada	
Corte de 3 meses	Junio	1,21	0,73	0,63	0,85
	Setiembre	0,82	1,43	0,49	0,91
	Diciembre	0,20	0,51	0,24	0,31
	Total	2,23	2,67	1,36	2,08
Corte de 9 meses	Diciembre	2,25	1,62	1,08	1,65

#### 4.3.4.2 Producción de leña hasta los 9 meses (Cuadro 17)

Obviamente la mayor producción correspondió al corte de nueve meses. Además se observa que la producción de leña cayó a cero en el tercer corte de tres meses. Los promedios para las tres fincas fueron de 6,28 y 0,79 kg de MS/árbol/9 meses respectivamente para tratamientos de nueve y tres meses de corte.

Cuadro 17. Producción de leña (kg de MS/árbol) en cercas vivas con *Gliricidia sepium* sometidas a dos frecuencias de poda (tres y nueve meses)

Tratamiento	Fecha de corte 1983	Fincas			Promedio
		La Vega	Santa Marta	La Amada	
Corte de 3 meses	Junio	0,40	0,28	0,23	0,30
	Setiembre	0,57	0,74	0,15	0,48
	Diciembre	0	0	0	0
	Total	0,97	1,02	0,38	0,79
Corte de 9 meses	Diciembre	6,96	7,91	3,97	6,28

#### 4.3.4.3 Biomasa total hasta los 9 meses (Cuadro 18)

En promedio la producción de biomasa total proveniente de la poda de nueve meses fue superior a la suma total de la producción de las tres podas de tres meses con 7,93 kg de MS contra 2,97 kg de MS (Figura 6). En la poda de nueve meses el mayor peso es debido a la leña que representa el 79 por ciento y el forraje sólo 21 por ciento de la biomasa total, mientras en la producción sumada de las podas de tres meses el forraje influyó más, representando el 69 por ciento de la biomasa total contra el 31 por ciento que representó la leña. También hubo diferencias significativas entre fincas (Cuadro A4).

Cuadro 18. Biomasa total (kg de MS/árbol) en cercas vivas de *Gliricidia sepium* sometidas a dos frecuencias de poda (tres y nueve meses).

Tratamiento	Fecha de corte 1983	La Vega	Sta Marta	La Amada	Promedio
Corte de 3 meses	Junio	1,61	2,17	0,86	1,61
	Setiembre	1,70	1,01	0,64	1,50
	Diciembre	0,20	0,51	0,24	0,31
	Total	3,51	3,69	1,74	2,97
Corte de 9 meses	Diciembre	9,21	9,53	5,05	7,93

#### 4.4 Composición química del forraje cosechado

Los resultados promedios en las tres fincas para los diferentes elementos analizados, en las dos partes vegetales que componen la biomasa

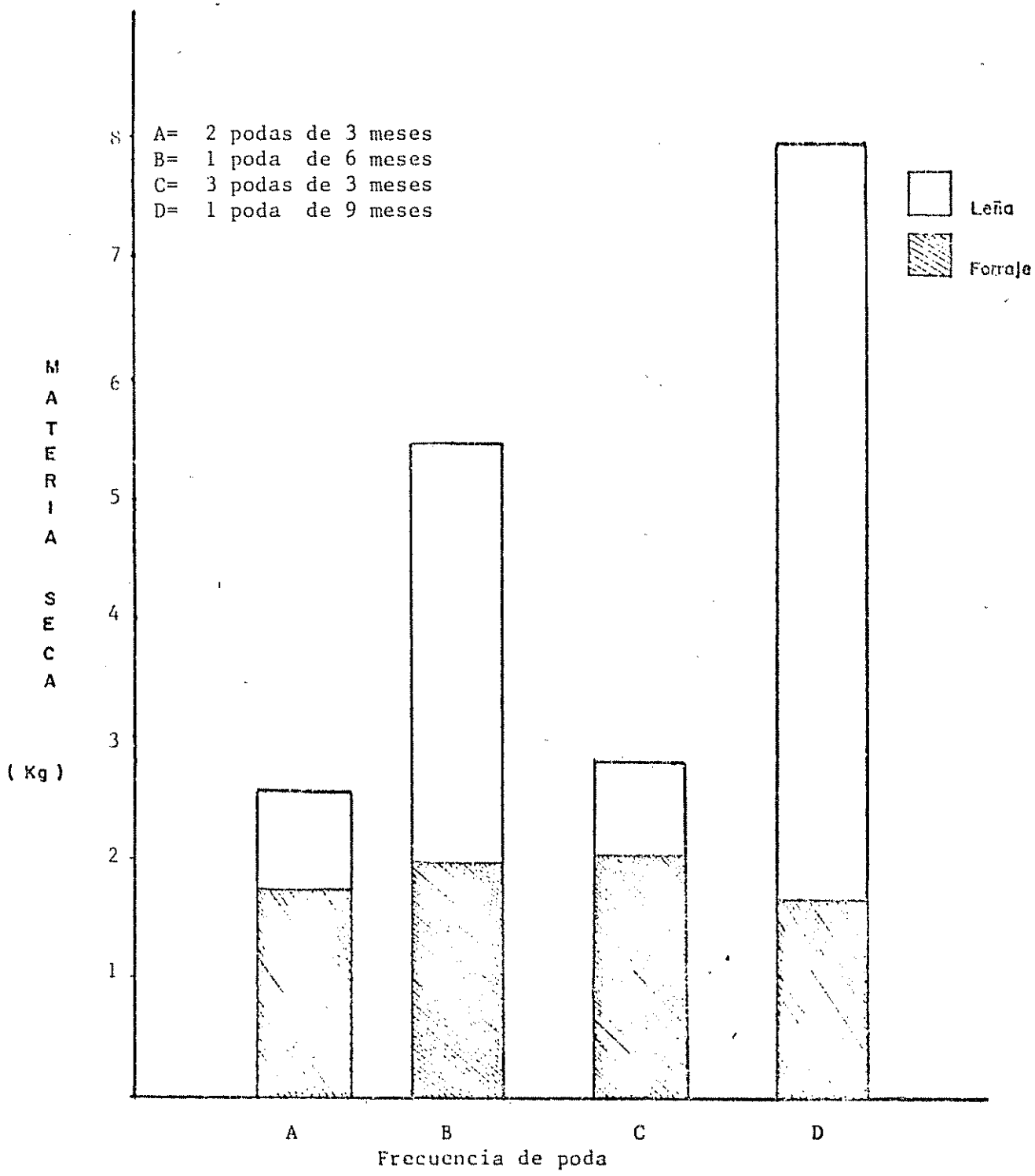


Figura 6. Fracciones de la biomasa por los diferentes tipos de poda estudiados (*Glicicidia sepium* en cercos vivos) en kg de MS/árbol.

forrajera de cada corte, se presentan en el Cuadro 19 y la Figura 7.

#### 4.4.1 Contenido de materia seca (MS)

Los mayores valores promedios corresponden al corte de nueve meses con valores promedios para las tres fincas de 29 por ciento en las hojas y 23 por ciento en los tallos tiernos, contra 20 % en las hojas y 13 % en los tallos tiernos para la poda de tres meses, 23,3 % en las hojas y 14 % en los tallos tiernos para la poda de seis meses. No hubo diferencias significativas entre la frecuencia de poda de tres meses y la de seis meses (Cuadro A6). En la Figura 7, se puede apreciar la tendencia de la variación del contenido de materia seca en los diferentes intervalos de corte.

#### 4.4.2 Proteína cruda

Se observa que los cortes de tres meses y seis meses que no difieren significativamente entre sí, presentan los mayores promedios de contenido de proteína cruda para las hojas, 24,6 por ciento y 24,3 por ciento respectivamente, siendo el valor más bajo de este elemento el de 21,3 por ciento para el corte de nueve meses (Cuadro 19).

No se encuentra diferencia estadística ( $P \leq 0,05$ ) en proteína cruda en los tallos tiernos entre las tres frecuencias de poda (Cuadro A6). El contenido de proteína cruda fue menor en los tallos tiernos que en las hojas. En las tres fincas no hubo diferencias significativas para el contenido de proteína en las hojas entre las tres podas de tres meses (Cuadro A7).

Cuadro 19. Valores promedios por finca y fecha de corte para la materia seca (MS%), para proteína cruda en base seca (PC%) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS%), en las partes vegetales analizadas (Promedios de dos muestras)

Finca	Corte	Fecha 1983	Hojas			Tallos tiernos		
			MS %	PC %	DIVMS %	MS %	PC %	DIVMS %
La Vega	3 meses	Junio	20	25	55	11	18	69
		Setiembre	23	24	52	11	16	65
		Diciembre	23	27	64	15	12	44
	6 meses	Prom	22	25	57	12	15	59
		Setiembre	24	23	48	14	13	57
		Diciembre	28	21	48	21	14	46
Santa Marta	3 meses	Junio	20	23	55	15	14	61
		Setiembre	19	26	56	12	17	64
		Diciembre	23	26	59	19	12	46
	6 meses	Prom	17	25	57	15	14	57
		Setiembre	21	24	51	14	12	57
		Diciembre	30	22	48	23	14	46
La Amada	3 meses	Junio	21	25	57	14	15	52
		Setiembre	21	24	63	11	16	64
		Diciembre	22	24	65	18	11	44
	6 meses	Prom	21	24	62	14	14	53
		Setiembre	24	26	49	14	16	57
		Diciembre	29	21	49	24	12	46

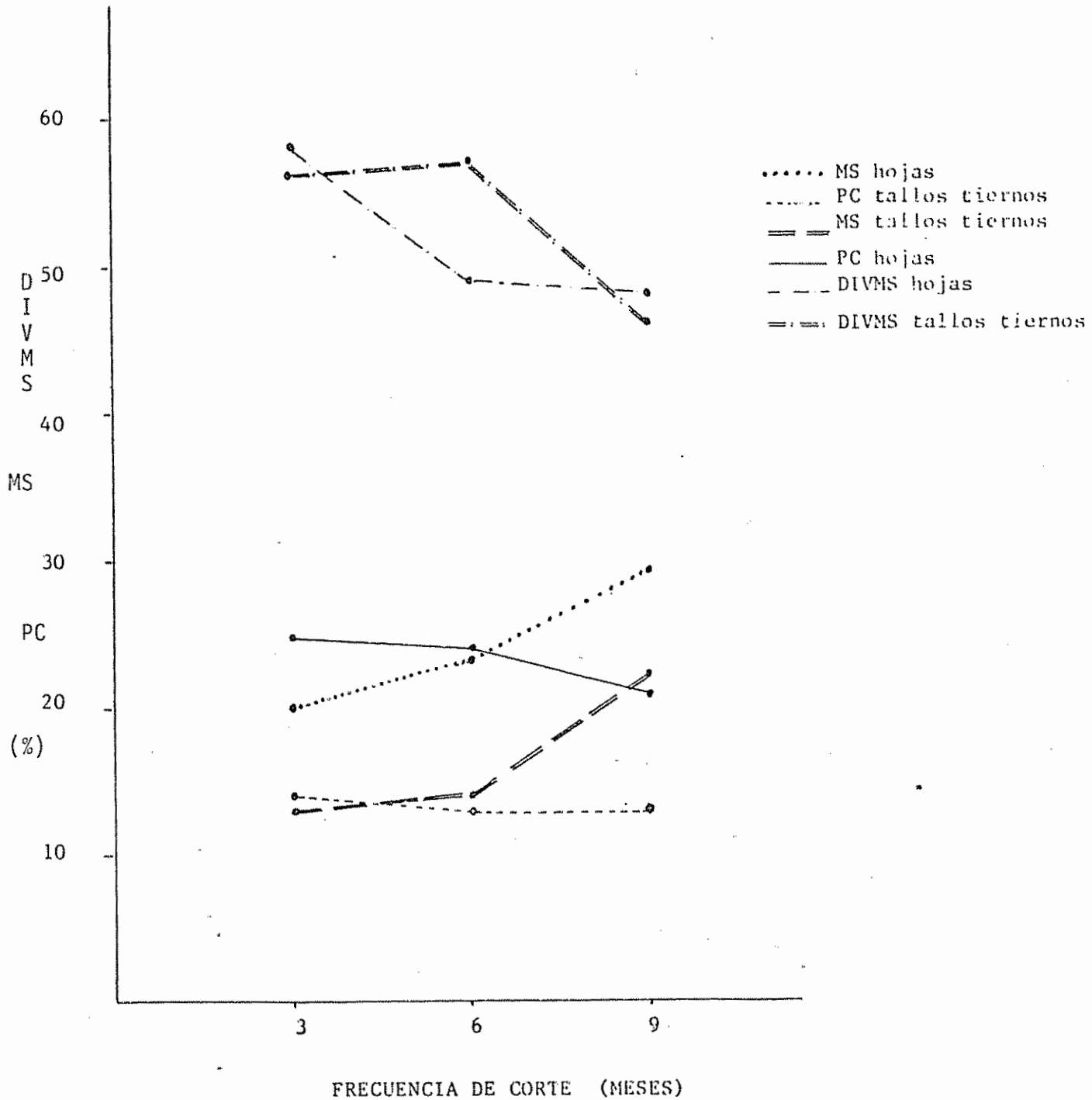


Fig. 7. Variación promedio del porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en el follaje de *Glyricidia sepium* con tres frecuencias de corte (3, 6 y 9 meses).

#### 4.4.3 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

Los resultados de la DIVMS para las hojas y tallos tiernos señalan disminución de esta variable en la poda de nueve meses (Figura 7), pero las diferencias no fueron significantes en ninguna de las tres fincas para los tallos tiernos (Cuadro A6). No hubo diferencias significativas entre las podas de tres meses para las hojas, pero para los tallos tiernos hubo diferencias significativas (Cuadro A7).

#### 4.5 Correlaciones y regresiones de variables de rendimiento y de crecimiento

##### 4.5.1 Relaciones entre variables

En los Cuadros A11, A12 y A13, se presentan los coeficientes de correlaciones entre las diferentes variables de crecimiento y de rendimiento estudiados (Ver lista en el Cuadro 8). Se deduce que hubo correlación entre las 4 variables de crecimiento analizadas a los tres meses, siendo más alta en las dos primeras fincas (Cuadro A11). El porcentaje de asociación entre estas variables disminuyó a los 6 y 9 meses de crecimiento (Cuadros A12 y A13).

Respecto a las correlaciones con las variables de producción se observó lo siguiente: La biomasa forrajera mostró correlación con las cuatro variables de crecimiento, los coeficientes más altos fueron con el área basal de las ramas, en las diferentes frecuencias de poda acusando valores de 0,72 a 0,91. La biomasa total producida y la leña mostraron también alta asociación con el área basal de las ramas. Por lo general la correlación fue más baja entre las variables de producción y la altura de la copa.



#### 4.5.2 Variables y modelos seleccionados

El Cuadro 20 presenta los diferentes modelos considerados más importantes. Se puede observar que por lo general las funciones respuestas de las diferentes variables de producción relacionadas con las variables de crecimiento, se ajustan mejor a un modelo logarítmico (Figuras 8a, 8d, 10). Las relaciones del forraje seco con las variables de crecimiento seleccionadas tuvieron mejor ajuste en los datos de las podas de 3 y 6 meses, mientras que el mejor ajuste para la leña, ocurrió en los resultados de la poda de 9 meses. No hubo buen ajuste para predicción de biomasa seca total. En las tres fincas las ecuaciones indican coeficientes de determinación más altos cuando las variables de producción se relacionan con el área basal de las ramas, lo cual indica que esta variable permite mejor la variabilidad de la producción en los árboles muestreados. El diámetro de la copa representa la variable de uso práctico que tuvo mejor ajuste, pero únicamente cuando se relacionó con el forraje seco producido a los tres meses de crecimiento.

El análisis de covarianza llevado a cabo para comparar las regresiones permitió concluir que los datos de las tres fincas no pueden combinarse en una sola regresión para propósitos de predicción (Cuadro A14). A pesar del buen ajuste, la distribución de residuos de regresión indica que existe demasiado riesgo de error en las predicciones de los modelos para la finca La Amada, por lo tanto se decidió excluirlos.

En los Cuadros A15, A16, A17 y A18 se presentan las diferentes tablas de producción elaboradas en base a los modelos de regresión descritos en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Variables y modelos seleccionados con sus correspondientes coeficientes de determinación ( $R^2$ ) e índices de Fournival (I.F.), por finca y corte.

Finca	Corte	Variables		Modelo	$R^2$	I.F.
		X	Y			
La Vega	Forraje seco	Forraje seco	Diámetro copa	1) $\text{LnY} = -1,53 + 1,90 \text{ LnX}$	0,73	2,77
			Area basal de las ramas	2) $Y = 0,08 + 0,03x + 0,0002x^2$	0,88	1,92
Santa Marta	Forraje seco	Forraje seco	Diámetro copa	3) $\text{LnY} = -1,81 + 1,90 \text{ LnX}$	0,74	2,69
			Area basal de las ramas	4) $y = 0,07 + 0,04X$	0,68	3,13
La Vega	6 meses	Forraje seco	Area basal de las ramas	5) $y = 0,01 + 0,03X$	0,78	3,76
			Area basal de las ramas	6) $\text{LnY} = -0,002 + 0,01X$	0,75	4,57
La Vega	9 meses	Leña seca	Area basal de las ramas	7) $\text{LnY} = -2,76 + 1,07 \text{ LnX}$	0,85	1,62
Santa Marta		Leña seca	Area basal de ramas	8) $\text{LnY} = -6,08 + 2,02 \text{ LnX} - 0,01X$	0,75	1,45

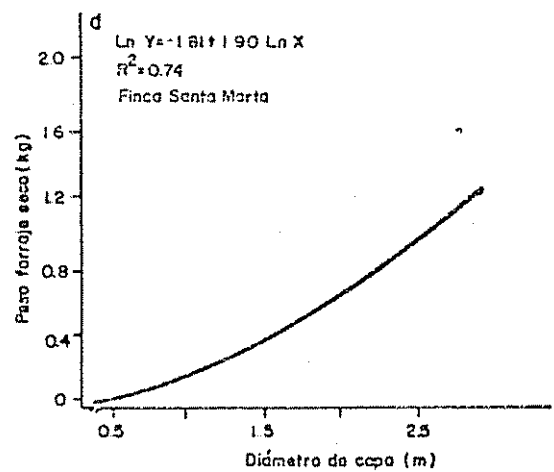
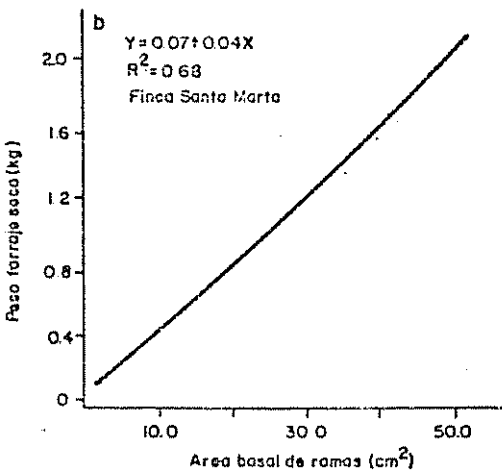
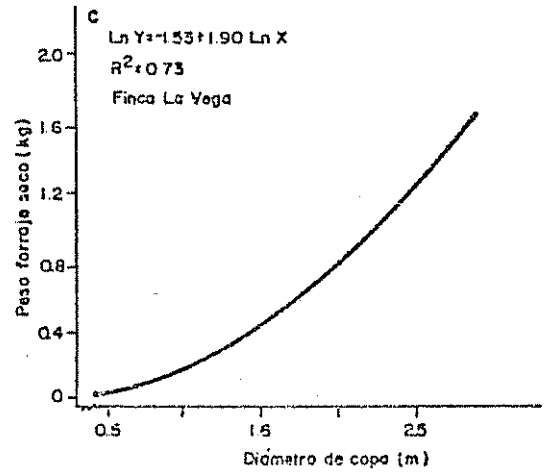
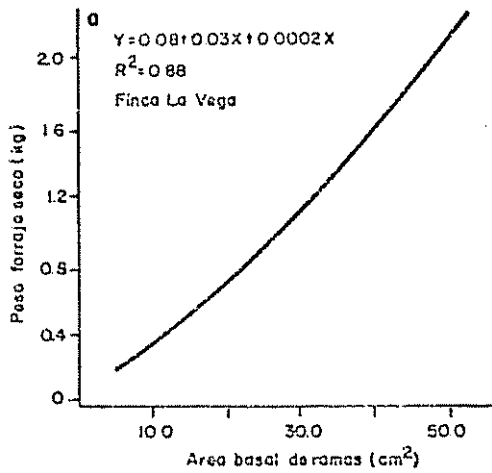


Fig. 3. Predicción de forraje (kg de MS) en función del área basal de las ramas y diámetro de la copa en *Glyceria sepium* a los tres meses de crecimiento de los rebrotes.

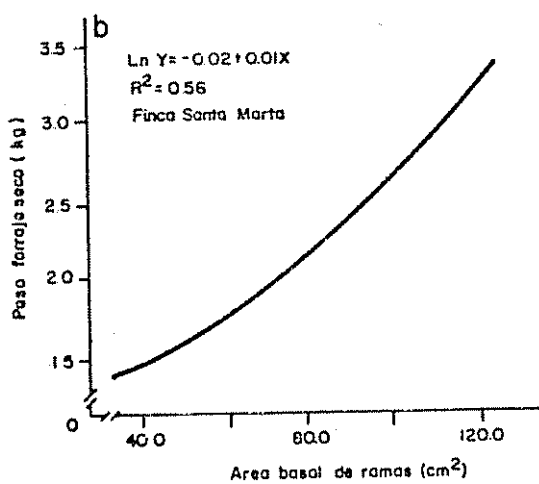
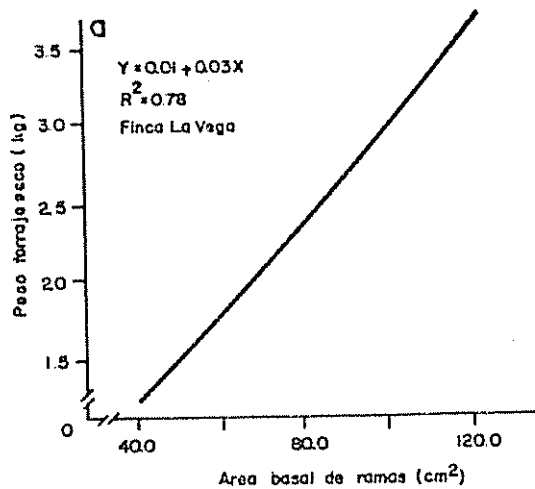


Fig. 9. Predicción de forraje (kg de MS) en función del área basa de las ramas en *Glicicidia sepium* a los seis meses de crecimiento de los rebrotes.

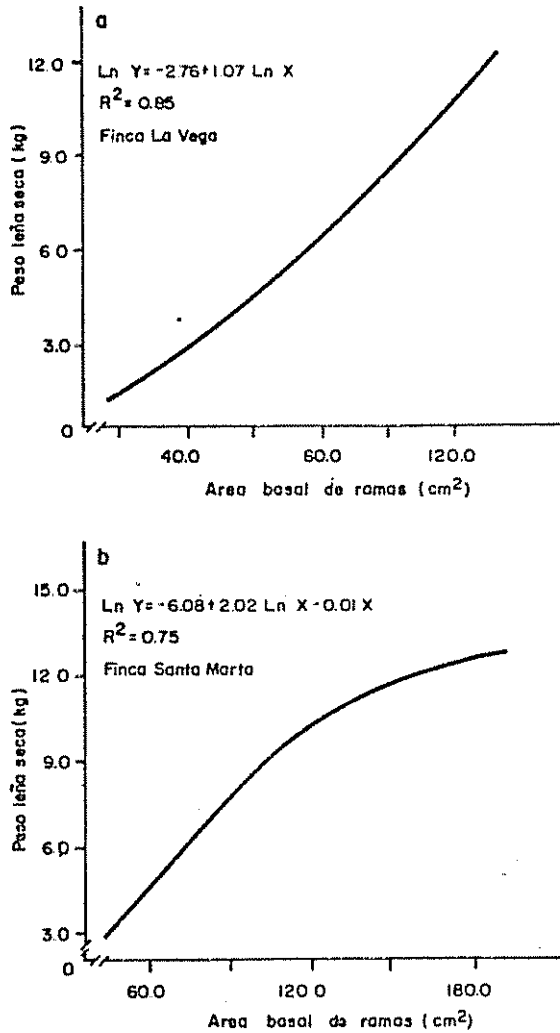


Fig. 10. Predicción de leña (kg de MS) en función del área basal de las ramas en *Glicicidia sepium* a los nueve meses de crecimiento de los rebrotes.

## 5. DISCUSION

### 5.1 Desarrollo y fenología de estacas de *Gliricidia sepium*

Comparando los datos de incremento de diámetro y altura de la copa a intervalos de tres meses, durante el período experimental (véase sección 4.2.2), el mayor incremento se observó entre el tercer mes y el sexto mes de crecimiento, o sea la tasa de crecimiento mensual fue mayor entre los tres y seis meses que entre los seis y los nueve meses, para estos dos parámetros. El incremento de altura de copa hasta el corte de nivelación fue de 0,38, 0,27 y 0,48 m/mes en las tres fincas respectivamente mientras que el incremento de diámetro de copa fue de 0,29, 0,21 y 0,35 m/mes. A pesar de que las edades de los rebrotes en el corte de nivelación son algo inciertas, se puede observar que la tasa absoluta de incremento por mes de diámetro y altura de la copa fue mayor para los rebrotes de menor edad (aproximadamente 8 meses en la finca La Amada) y menor en la finca Santa Marta con rebrotes de mayor edad (aproximadamente 24 meses), siguiendo en eso un patrón similar al observado durante el período experimental. Todas esas informaciones muestran que las mediciones de la copa no aumentan en forma lineal con el tiempo. Pero la biomasa está relacionada con el volumen de la copa, que tal vez sí aumenta linealmente o incluso exponencialmente con el tiempo. Entonces eso sugiere que la tasa relativa de crecimiento de estos dos parámetros podría ser constante a los diferentes intervalos de tiempo considerados. Un factor limitativo de las tasas de incremento del diámetro de la copa puede ser el espaciamiento entre las estacas, ya que a los nueve meses de crecimiento se observó que las copas se tocaban, y que el diámetro de la copa fuera de la línea de la cerca fue casi

siempre mayor que el diámetro de la línea. Un espaciamiento de 2 m sería recomendable para un mejor desarrollo de la copa. Además las plantas tuvieron más rebrotes en el intervalo de corte de tres meses, pero una parte de éstos desaparecieron con los intervalos largos (Cuadro 10), debido al fenómeno de dominancia apical (54, 88).

En forma general, la estructura de la copa está afectada por podas más frecuentes que las tradicionales. Los árboles bajo los tres tratamientos redujeron considerablemente su tamaño de copa en comparación con el corte de nivelación. Este comportamiento de las plantas coincide con los resultados de otros estudios sobre efecto de frecuencias de poda para especies de *Erythrina* y *Leucaena* (36, 78).

La no ocurrencia de la defoliación completa en las estacas experimentales demuestra que la poda afectó el proceso natural de la fenología de la especie en cuanto a pérdida de hojas. También los cambios observados en la brotación fueron relacionados con el manejo aplicado. Este aspecto pone en evidencia la importancia del tipo de manejo estudiado en la producción de forraje). Otros autores (11, 59) observaron relaciones fenológicas de *Gliricidia sepium* con la interacción de varios factores ambientales, por lo tanto el factor poda podría ser complementario a sus observaciones.

## 5.2 Producción de biomasa y sus componentes

### 5.2.1 Por efecto del intervalo de corte

Las hojas y los tallos tiernos forman la fracción comestible de la biomasa total y no se manifestaron diferencias entre la suma de las dos primeras podas de tres meses y la poda de seis meses. Desde el punto de vista práctico (necesidades de mano de obra) es más

apropiado utilizar poda a seis meses ya que proporciona igual cantidad de forraje que las podas a tres meses. Además a los seis meses de crecimiento la fracción comestible consistió de 12 % de tallos tiernos y 88 % de hojas, mientras para las dos primeras podas de tres meses los tallos tiernos aportaban 30 % de la fracción comestible y las hojas 70 %. A los nueve meses de crecimiento se observó una ligera disminución de la fracción comestible en comparación con la producción de las tres podas de tres meses. También el aporte de las hojas a la cantidad total de forraje fue de 90 % para los rebrotes de nueve meses. Esto demuestra que la proporción de las hojas en la fracción comestible de la biomasa aumentó con el intervalo de corte.

Los rendimientos en fracción comestible consistieron en 1,18 ton de MS/km para la suma de los dos primeros cortes de tres meses, 1,30 ton/km para el corte de seis meses; 1,4 y 1,10 ton/km respectivamente para los tres cortes trimestrales sumados y el corte de nueve meses (promedio de las tres fincas). La fracción comestible fue mayor con los intervalos de poda más cortos, tanto en proporción como en valor absoluto.

La producción de leña fue mayor a intervalo de poda más largo o sea 4,18 ton de MS/km a los nueve meses de crecimiento contra 2,33 y 0,53 ton/km a los seis y tres meses de crecimiento respectivamente.

Como se puede observar, la producción de forraje se mantiene prácticamente constante en las tres frecuencias de corte estudiadas. Eso ofrece mucha flexibilidad en cuanto a la escogencia de un tipo de manejo para la producción de forraje. Al inverso, la producción de leña si respondió fuertemente al intervalo de corte. Cabe mencionar que estos datos de producción se refieren a estacas de cinco años de establecimiento, bajo condiciones de manejo tal como descritas para las tres .



fincas estudiadas en la sección 3.2.1.

#### 5.2.2 Por efecto de fincas

Como se puede ver, las tres fincas acusaron resultados significativamente diferentes en las variables de producción (Cuadros A2, A3, A4). Los menores rendimientos se encontraron en la finca La Amada, situada en las partes bajas de las faldas del Volcán Arenal, donde se denota la presencia de piedras y rocas que afloran en la superficie del suelo. Además la fertilidad del suelo posiblemente fue inferior en esta finca como deja entreverlo el análisis de suelo. También hay un probable efecto del manejo anterior, ya que los resultados diferentes entre las tres fincas siguieron la misma tendencia que los obtenidos en el corte de nivelación, siendo la finca Santa Marta con la mayor producción y la finca La Amada con la menor.

#### 5.2.3 Por efecto de estacas

La distribución de hojas en rebrotes de la misma edad varió entre estacas bajo un mismo tratamiento. Esto indica que hay posible influencia de factores genéticos, ya que hubo evidencia en el campo de la existencia de estacas de origen diferente en las tres fincas, y aún dentro de una misma finca. De eso, surge la necesidad de un programa genético para llegar a la obtención de los mejores clones, ya que la multiplicación es por estacas. Por ejemplo, la distribución de hojas hasta la base de los rebrotes es una característica deseable para la producción de forraje, por lo tanto podría ser un buen criterio de selección.

También en pocas ocasiones se han observado en las tres fincas, casos aislados de árboles atacados por plagas (particularmente hormigas),

de pudrición por otras razones y daños por animales. Todos estos factores interactúan con los factores genéticos y microambientales y afectan probablemente los rendimientos, pero las limitaciones del presente estudio no han permitido encontrar de esos factores cual es el más influyente. Sin embargo a pesar de esas influencias tanto externas como internas sobre el comportamiento de los árboles, el efecto de los tratamientos tuvo tendencia similar en las tres fincas.

Estos resultados han venido a comprobar las primeras hipótesis anteriormente planteadas que consistieron en que con podas más frecuentes habrá un aumento de forraje y disminución significativa de la leña en proporción; y que la producción de biomasa total de los rebrotes aumenta con podas menos frecuentes. Pero en este experimento se observa que, en valor absoluto, el forraje permaneció constante en las diferentes frecuencias de poda mientras que la leña fue muy sensible.

#### 5.2.4 Variables predictivas

Es relevante observar que el área basal de las ramas medidas tanto antes del corte como después, mantiene un alto grado de relación con las diferentes variables de producción. Por tal motivo, se puede inferir que los cambios en el crecimiento ocasionados por los diferentes intervalos de corte no perturbaron poder informativo de esta variable dimensional ( $r^2 = 0,68-0,88$ ). Sin embargo del punto de vista práctico, el uso de esta variable predictiva es algo limitativo por ser difícil de medir antes del corte. El diámetro y la altura de copa fueron menos informativos. Este hecho fue comprobado en el campo, observando por ejemplo que hay copas que se desarrollan en altura en forma estrecha, mientras que otras son más bien abiertas y más anchas, aún cuando estas

últimas pueden producir menos biomasa.

El mal ajuste de los modelos para predicción de forraje a los nueve meses de crecimiento se debe probablemente a la caída natural de hojas más acentuada a esta etapa de desarrollo de las plantas. También a esta etapa vegetativa la copa es más expuesta al viento, lo cual puede acelerar más la caída de las hojas. Además, cuando la planta es atacada por plagas (por ejemplo hormigas), las hojas son los órganos más afectados. Factores genéticos pueden interferir también. Todo esto hace más segura la predicción de leña que de forraje, ya que el material leñoso es menos vulnerable a los factores anteriormente considerados.

Por razón de no saber el grado de representatividad del material experimental, las tablas predictivas presentadas en los Cuadros A15, A16, A17 y A18, son de uso limitativo. Fueron concebidas para evaluar la validez de los modelos en estudios posteriores. Se deben aplicar esencialmente a las fincas correspondientes. Antes de extrapolarlas a otras áreas u otras cercas vivas de *Gliricidia sepium* en otras zonas climáticas (por ejemplo en regiones más secas), es necesario hacer pruebas comparativas, cosechando una muestra para ser pesada después de estimarla mediante las tablas.

Además, hay que seguir este trabajo de predicción para leña. Para forraje es ilusorio porque depende de demasiados factores (intervalo de corte, época, sitio, etc.).

### 5.3 Contenido de proteína y digestibilidad

El contenido de materia seca del follaje como era de esperar, manifestó una tendencia a aumentar conforme el intervalo de corte se alarga (Cuadro 19 y Figura 7), que se relaciona con la acumulación de

carbohidratos en las hojas maduras (54). Además la diferencia observada entre las hojas y tallos tiernos se relaciona con el contenido de savia de estos últimos.

La disminución del porcentaje de proteína cruda en los intervalos de corte más largos, concuerda con algunos estudios fisiológicos sobre árboles (88) y se debe a la translocación de aminoácidos y otras sustancias nitrogenadas de los tejidos maduros y que la síntesis de proteína declive sustancialmente a la maduración. Los tallos (aún tiernos) son tejidos de soporte, por lo tanto con mayor proporción de fibras que las hojas, eso puede explicar la menor proporción de proteína en los tallos. El porcentaje de proteína en hojas y tallos tiernos, encontrado en este experimento, es similar: a los de Chadhokar (22) quien encontró 27 % y 23,4 % de proteína cruda para hojas de 3 y 6 meses respectivamente; a los de Baggio reportando 13,3 % para los tallos tiernos.

Aunque las frecuencias de corte no afectaron significativamente la digestibilidad del forraje (Cuadro A6), esto siguió una tendencia similar a la de la proteína cruda, disminuyendo al aumentar el intervalo de corte, la cual coincide con otros trabajos con leguminosas tropicales arbóreas (22, 55, 68).

Estos resultados han permitido aceptar la hipótesis planteada al inicio de este estudio, prediciendo una posible disminución en el valor nutritivo del forraje con podas menos frecuentes. Sin embargo en términos generales, estas diferencias tanto entre las podas como entre las partes vegetales del forraje no tienen significancia biológica para el ganado, ya que en todos los casos los niveles son altos y posiblemente más altos que en el pasto. De acuerdo a las consideraciones anteriores y a los resultados de este estudio la variación de la calidad nutritiva,

bajo las diferentes frecuencias de poda, no puede ser un criterio decisivo para la escogencia de un tipo de manejo dado. A cualquiera de las frecuencias de poda, el forraje de *Gliricidia sepium* puede ser un buen suplemento proteíno en la alimentación animal.

#### 5.4 Persistencia de las estacas

El segundo corte de las estacas bajo regimen de intervalo de 3 meses fue muy parecido al primer corte, sin embargo el tercer corte fue netamente inferior a los dos primeros, y cortes ulteriores fueron aún inferiores. Esto permite suponer que este intervalo no fue suficiente para permitir a la planta de reponer sus reservas que serían utilizadas para iniciar de nuevo el desarrollo de la parte aérea.

Trabajos con especies de *Erythrina* (78) parecen indicar que la persistencia de estacas bajo el regimen de 6 meses está asegurado, pero todavía no se sabe que ocurrirá con la *Gliricidia* y es probable que la poda de nueve meses mantenga una producción constante. En todo caso, parece ser necesario dejar que las plantas puedan formar y acumular sus propias reservas nutritivas con el fin de mantener su vigor, o no cortar todas las ramas en cualquier frecuencia de poda. También se podrían utilizar intervalos irregulares de corte (por ejemplo uno o dos cortes de 3 meses son posibles siempre que sean seguidos de uno de 9 meses), pero este sistema exige la disponibilidad de largas extensiones de cercas.

Por eso, es necesario realizar investigaciones específicas a largo plazo tratando de observar diferentes respuestas fisiológicas de *Gliricidia sepium* (por ejemplo desarrollo de las raíces), bajo diferentes frecuencias, intervalos e intensidades de poda, de manera a determinar la duración del período de descanso adecuado para esta especie.

### 5.5 Alternativa forrajera

De acuerdo a la longitud de cercas vivas con *Gliricidia sepium* en cada una de las fincas (Ver sección 3.1.4) o sea una distribución aproximada de 0,12 km/ha, se estima que, con un régimen de poda de 6 meses, el aporte en forraje de estas estacas puede consistir en 312 kg MS/ha/año o sea aproximadamente 1,2 kg MS/UA día, refiriéndose a la carga real de 0,7 UA (Unidad animal). Considerando que una vaca de 400 kg consume aproximadamente 12 kg MS/día\*, este aporte de las cercas puede incrementar en un 10 % la disponibilidad de forraje como promedio en las tres fincas. La disponibilidad adicional del forraje por animal en las tres fincas aparece en el Cuadro 21. La diferencia entre fincas se

Cuadro 21. Cantidad de forraje producido en cercas vivas de *Gliricidia sepium*, en las tres fincas estudiadas, bajo las diferentes frecuencias de corte (en kg de MS/UA día)

Fincas	Frecuencias de corte (meses)			
	1 x 6	2 x 3	1 x 9'	3 x 3
La Vega	1,51	1,28	0,66	0,94
Santa Marta	1,37	1,37	0,60	1,13
La Amada	0,82	0,70	0,46	0,57

\*Comunicación personal de Benavides, J. E. y Esnaola, M. A. Departamento de Producción Animal, CATIE, 1984.

explica principalmente por diferencias en la producción de las estacas, ya que la cantidad relativa de áreas en cada finca y sus cargas eran muy similares. Como el corte trimestral no se puede retener como alternativa por no ser persistente, aparece claramente que el corte de 9 meses da una disponibilidad adicional inferior a la mitad del corte semestral. Estas cantidades son muy modestas, pero podrían ser aumentadas por el incremento de la cantidad de cercas de *Gliricidia* en las fincas, no con fines de un mejor manejo de las pasturas, sino como una manera de aportar nitrógeno a los animales y al suelo.

Aunque en este trabajo, no se estudió el aspecto de suministro del nitrógeno por las cercas de *Gliricidia*, se estima que hubo un aporte aproximadamente de: 6,0 y 4,2 kg de N/ha con una poda de 6 meses y dos podas de 3 meses respectivamente; 4,3 y 5,3 kg de N/ha con una poda de 9 meses y tres podas de 3 meses. Estos valores representan la cantidad de nitrógeno contenido en el follaje (hojas + tallos tiernos) al momento de la cosecha. No se consideró el aporte de nitrógeno por la parte leñosa que es siempre transportada fuera del sistema, ni tampoco las posibles pérdidas en el momento de descomponer y la posible incorporación de nitrógeno a través de la muerte de los nódulos y raíces (78). Todo eso demuestra que el manejo de las cercas vivas de *Gliricidia sepium* contribuye al mejoramiento del suelo, por lo tanto puede favorecer el incremento de la productividad de los pastos.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Con base en los resultados del presente estudio se concluye lo siguiente:

1. *Gliricidia sepium* es mucho más eficiente en crecimiento y producción de biomasa total y leña, cuando se le aplica un largo intervalo de poda, pero se reduce sensiblemente su potencial forrajero.
2. Intervalos cortos de poda aumentan la proporción de forraje, el contenido de proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, pero aplicados a demasiadas frecuencias (p.e. cada 3 meses) debilitan a la planta hasta limitar su desarrollo.
3. Se comprobó que existen correlaciones significativas entre biomasa producida por los rebrotes y ciertas variables de crecimiento de la copa, siendo el área basal de las ramas la variable de mejor predicción.
4. Se observó que la práctica de poda disminuye la intensidad de la defoliación natural, en las ramas que están retoñando.
5. Los resultados diferentes obtenidos en las tres fincas indican que el manejo anterior y condiciones microambientales pueden influir sobre el efecto de los tratamientos. Por otra parte hay evidencia de que factores genéticos influyen también.



## 6.2 Recomendaciones

1. Con base en los resultados de este estudio y tomando en consideración la producción y la persistencia de la especie bajo corte, sería recomendable un período de descanso de 6 meses entre las podas, para producción de forraje.
2. Es importante continuar este experimento durante 2 años para determinar el número máximo de cortes que puede soportar esta especie bajo las diferentes frecuencias de poda y para definir claramente la persistencia de la producción de biomasa.
3. En ensayos posteriores sería recomendable trabajar con cercas más homogéneas. También hacer parcelas que permiten hacer inferencias más confiables por kilómetro de cerca.
4. Sería importante estudiar la interacción de la frecuencia con la intensidad de poda expresada como el número de ramas sin podar.
5. Dada la variabilidad genética manifestada en las cercas vivas de *Gliricidia sepium* se recomienda hacer una evaluación clonal que es un medio para estimar la herencia y hacer pruebas especiales de clones.
6. Repetir el mismo estudio en zonas secas y también con otras especies, p.e. *Erythrina berteroana*, *Erythrina fusca*, *Diphysa robinoides*, *Bursera simaruba*, etc. para fines de comparación.
7. Es necesario repetir el estudio de las relaciones dasométricas con la producción de biomasa, en varias épocas del año, con una muestra mucho más grande en cuanto a cantidad de fincas, para tratar obtener tablas de producción para toda la zona.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. AKINOLA, A. et al. Gliricidia sepium: a possible means to sustained cropping. In Mac Donald, L. M., ed. *Agroforestry in African Humid Tropics*, Ibadan, Nigeria, 1981. Proceedings, Tokio, UNU, 1982, pp. 141-143.
2. ALAVEZ LOPEZ, S. Estudio preliminar de los cercos vivos en la ganadería de Teapa, Tabasco (manejo de árboles en los potreros, una técnica silvopastoril). Tesis Ing. Agr., Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en Bosques, Chapingo, México, 1983. 77 p.
3. ALDER, D. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Vol 2. Predicción del rendimiento. Roma, FAO, 1980. 80 p.
4. ALLEN, O. N. and ALLEN, E. The leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. University of Wisconsin Press, 1981. pp. 300-301.
5. BAGGIO, A. J. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud, en Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 91 p.
6. BATEMAN, J. V. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México, D.F. Herrero, 1970. 488 p.
7. BAUER, J. Especies con potencial para la reforestación en Honduras; resúmenes. Tegucigalpa. COHDEFOR, 1982. 42 p.
8. BELIARD, C. A. Tablas de rendimiento de rebrote (leña y forraje) en cercas vivas de Gliricidia sepium, en la zona de Siquirres, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1984. 7 p. (mimeografiado).
9. BENNACHIO, S. Phenological studies on Gliricidia sepium (Jacq.) Hunth, a potential indicator species in Venezuela. In Furtado, J. I., ed. *International Symposium of Tropical Ecology*, 5th, Kuala Lumpur, Malaysia. 1980. Proceedings, Kuala Lumpur, 1980. pp. 183-197.
10. BENAVIDES, J. E. Utilización de forrajes de origen arbóreo en la alimentación de rumiantes menores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 11 p. (mimeografiado).
11. \_\_\_\_\_. Investigación en árboles forrajeros. Trabajo presentado en el Curso Corto sobre Técnicas Agroforestales celebrado en el CATIE, Turrialba, del 8 al 18 de noviembre, 1983, auspiciado por USAID y el CATIE. 24 p.
12. BERTCH, F. Fertilidad de nueve suelos clasificados como Typic Dystrandept en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1982. 122 p.

13. BOND, W. E. T. Hedge plants in Northern Nigeria. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 21(12): 228-230. 1944.
14. BREWBAKER, J. L. and TA WEI CHU. Nitrogen fixing trees of importance in the tropics; paper presented in the Biological Nitrogen Fixation Workshop in Cali, Colombia, March, 1981 and Taichung, Taiwan, September, 1981. n.t.i. 16 p.
15. BUDOWSKI, G. Sistemas agrosilvopastoriles en los trópicos húmedos. Informe presentado a "IDRC", 20 p.
16. \_\_\_\_\_. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. In Huxley, P. A., ed. *Plant Research and Agroforestry. Proceedings of a meeting held in 1981. Nairobi, Kenya, I.C.R.A.F., 1983. pp. 43-62.*
17. \_\_\_\_\_. Los árboles y sus posibilidades en la reorientación de la industria ganadera, con énfasis en las zonas húmedas y calientes de Costa Rica. Resumen de Conferencia ilustrada, Colegio de Ingenieros Agrónomos. CATIE, Turrialba, 1983. 3 p.
18. \_\_\_\_\_, RUSSO, R. y MORA, E. Producción de biomasa en cercas vivas de Erythrina berteroana. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1983. 11 p. s.p.
19. BURGOS, J. A. Postes vivos para cercos. Tingo María, Perú. Estación Experimental Agrícola. Circular extensión N° 39. 1952. 6 p.
20. CAMACHO, P. M. Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. ITCR/MAG, Cartago, Costa Rica. 1981.
21. CAREW, B. A. R. Gliricidia sepium as a sole feed for small ruminants. Ibadan, Nigeria, International Livestock Center for Africa, Small Ruminant Programme, 1981. 6 p.
22. CHADHOKAR, P. A. Gliricidia maculata una leguminosa forrajera prometedor. *Revista Mundial de Zootecnia* 44: 36-43. 1982.
23. \_\_\_\_\_ and KANTHAJARU, H. P. Effect of Gliricidia maculata on growth and breeding of bannur ewes. *Tropical Grasslands* 14(2): 78-82. 1982
24. \_\_\_\_\_ and LECAMWASAM, A. Effects of feeding Gliricidia maculata to milking cows: a preliminary report. *Tropical Grassland* 14(2): 46-48. 1982.
25. CRANER, J. Living fence posts in Cuba. *Agriculture in the América* 5(2): 34-47. 1945.
26. DAVENDRA, C. and GOHL, B. J. The chemical composition of Caribbean feeding stuffs. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 47(4): 335-342. 1970.

27. DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, Proyecto centroamericano de Fertilidad de Suelos, 1978. 62 p.
28. DUKE, J. A. Handbook of legumes of world economic importance. New York, Plenum, 1981. 345 p.
29. ESCALANTE, E. E. Algunos sistemas agroforestales en Venezuela. Trabajo presentado en el Seminario de Sistemas Agrosilvopastoriles, Mérida, Venezuela, Noviembre. 1981. 13 p.
30. ESNAOLA, M. A. y BENAVIDES, J. E. La investigación en cabras en el CATIE; algunos resultados preliminares (Versión preliminar). Proyecto de Sistemas de Producción para Fincas Pequeñas, CATIE/ROCAP, Turrialba, Costa Rica, Departamento de Producción Animal (CATIE), 1983. 46 p.
31. FALVEY, L. J. *Gliricidia maculata*; a review. The International Tree Crops Journal 2:1-14. 1982.
32. FASSBENDER, H. W. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1975. 398 p.
33. FUENTES, G. Curso corto sobre establecimiento de cercos: 17 al 19 de setiembre de 1975, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1975. 20 p.
34. FURNIVAL, G. M. An index for comparing equations used in constructive volume tables. Forest Science 7(4):337-341. 1961.
35. GRIFFITHS, L. A. On the co-occurrence of coumarin, O-coumaric acid and melitotic acid in *Gliricidia sepium* and *Dipterix odorata*. Journal of Experimental Botany 13(38):169-175. 1962.
36. GUEVARA, A. B., WHITNEY, A. S. y THOMPSON, J. R. Influence of intrarow spacing and cutting regimes on the growth and yield of *Leucaena*. Agronomy Journal 70:1033-1037. 1978.
37. GUTIERREZ, Z. G. y SOTO, B. Árboles usados como sombra en café y cacao. Seminario sobre "Manejo productivo del cafeto". Revista Cafetalera. Guatemala. Oct.-Nov. 1977. pp. 27-32.
38. HAINES, H. C. Madre cacao, Nuestra Tierra, Paz y Progreso (Nicaragua) 5(46):115-116. 1961.
39. HOLDRIDGE, L. Life zone ecology. 2nd. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. 1967. 206 p.
40. HOWES, F. W. Fence and barrier plants in warm climates. Kew Bulletin of Miscellaneous Information, pp. 51-87. 1946.

41. HUGHES, H. D., HEATH, M. E. y METCALFE, D. S. Forrajes. México 22, D. F. Compañía Editorial, S. A., 1966. 758 p.
42. INOSTROZA SOTOMAYOER, I. Efecto alelopático de *Glycerhiza sepium*. Tesis Lic. Biol. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, 1981. 46 p.
43. JONES, R. J. El valor de *Leucaena leucocephala* como pienso para rumiantes en los trópicos. Revista Mundial de Zootecnia 31:13-23. 1981.
44. KLEPAC, D. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales 2a. ed. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 1983. 365 p.
45. KOZLOWSKI, T. T. ed. Tree growth. New York, The Ronald Press Company, 1962. 442 p.
46. KUUSELA, K. y NYSSONEN, A. Cuantificación de la energía forestal; métodos de la determinación de la biomasa. Unasylva 33(133): 31-34. 1981.
47. LADRACH, W. Rendimiento de eucalipto en cercos en el plan del Valle. Informe de Investigación N° 32, Cartón de Colombia, S. A., 1978. 6 p.
48. LAZIER, J., GETAHUN, A. y VELEZ, M. The integration of livestock production in agro-forestry. In MacDonald, L. H., ed. Agro-forestry in the African Humid Tropics, Ibadan, Nigeria, 1981. Proceedings, Tolio, UNU. 1982. pp. 84-88.
49. LE HOUEROU, H. N. The role of shrubs and trees in the management of natural grazing lands (with particular reference to protein production). Paper presented at the Eight World Forestry Congress, Jakarta, 16-28 Oct. 1978. Jakarta, Indonesia, 1978. 24 p.
50. LEMCKERT, A. y CAMPOS, J. J. Producción y consumo de leña en las fincas pequeñas de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Informe Técnico N° 16, 1981. 69 p.
51. LIOGIER, A. R. Árboles dominicanos. Academia de Ciencias de la República Dominicana. Comisión de biología, Rama de Botánica, Vol. 3, Santo Domingo, República Dominicana, 1978. 220 p.
52. LITTLE, E. L. y WADSWORTH, F. M. Common trees of Puerto Rico and the Virgen Islands U. S. Department of Agriculture. Agricultural Handbook N° 249. 1964. pp. 196-198.
53. LOZANO JIMENEZ, O. R. Postes vivos para cercos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1962. 77 p.

54. LUCKWILL, L. C. y CUTTING, C. V. ed. Physiology of the tree crops. Proceeding of a Symposium held at Long Ashton Research Station, University of Bristol 25-28 March 1969. London and New-York, Ademic Press Inc., 1977. 382 p.
55. Mc LEOD, M. N. The digestibilidad and the nitrogen, phosphorus and ash contents of the leaves of some Australian trees and shrubs. Australina Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13:245-250. 1973.
56. MARTINEZ, M. Plantas útiles de la flora mexicana. México, D. F. Botas, 1959. 621 p.
57. MINTZ, S. W. Living fences in the Fond des Negres Region, Haiti. Economic Botany, 16:101-105. 1962.
58. MONTES, R. V. Importancia de las leguminosas en la alimentación del ganado. Agricultura y Trabajo. Publicación mensual 1(2), Diciembre, 1950. pp. 5-9.
59. MORA, E. Introducción al estudio de la variabilidad fenotípica de madero negro, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud, Turrialba, Costa Rica. Unidad de Recursos Fitogenéticos. CATIE, 1983. 50 p.
60. MORENO, A. Sistemas agroforestales en la producción pecuaria; ejemplo del piñon cubano (*Gliricidia sepium* (Jacq.)). Santo Domingo, R. D. Secretaría de Estado de Agricultura, Dirección General de Ganadería. 1982. 16 p.
61. MORERA, J. A. Estudio de la fertilidad de suelos de once cantones de la provincia de Alajuela. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1976. 80 p.
62. MORTON, J. F. Atlas of medicinal plants of Middle America. Illinois, Thomas, 1981. 1420 p.
63. NABBHAN, G. P. y SHERIDAN, T. E. Living fencerows of the rio San Miguel, Sonora, Mexico: Traditional Technology for flood plain management. Human Ecology 5(2):97-111. 1977.
64. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. Washington, D. C. 1980. 237 p.
65. \_\_\_\_\_. Tropical legumes: ressources for the future. Washington D. C. National Academy Press. 1980. 44 p.
66. NEWBOULD, P. J. Method for estimating the primary production of forests. IBP. Handbook N° 2. International Biological Programme, 1967. 60 p.
67. NOGUEDA OTERO, R. Efecto de la edad en la acumulación de carbohidratos no estructurales y calidad nutritiva de tres leguminosas Tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1981. 63 p.

68. OAKES, A. J. y SKOR, O. Some woody legumes as forage crops for the dry tropics. *Tropical Agricultural (Trinidad)* 39(4): 281-287. 1962.
69. OTAROLA, T. A. y UGALDE, A. L. Productividad y tablas de biomasa de *Gliricidia sepium* (Jacq.), Steud, en bosques naturales de Nicaragua, Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 39 p.
70. PERINO, H. Rehabilitation of a denuded watershed through the introduction of kakawate (*Gliricidia sepium*). *The Philippine Forest Research Journal* 4(2):49-67. 1979.
71. PITTIER, H. Leguminosas de Venezuela, I. Papilionaceae. Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría. Boletín Técnico N° 5, 1944. 171 p.
72. \_\_\_\_\_. Plantas usuales de Costa Rica. San José, Ed. Costa Rica, 1978. 329 p.
73. RACKHAM, O. Hedgerow trees: Their history, conservation and renewal. *Arboricultura Journal* 3(3):169-177. 1977.
74. ROCKWEED, L. y GLANDER, K. Howling monkeys and leaf cutting and comparative foraging in a tropical deciduous forest. *Biotropica* 11(1):1-10. 1979.
75. ROIG y MESA, J. T. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana, Ministerio de Agricultura, 1945. 872 p.
76. ROLDAN PEREZ, G. Degradación ruminal de algunos forrajes proteicos en función del consumo de banano verde suplementario. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1981. 71 p.
77. ROSE, D. y SALAZAR, R. Lineamientos generales para la evaluación de producción de biomasa y leña en cercas vivas de *Gliricidia sepium*. Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía. CATIE, DRNR, Turrialba, Costa Rica, 1983. (Mimeografiado).
78. RUSSO, R. O. 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. 1983. 108 p.
79. SAENZ, A. M. Los forrajes de Costa Rica. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, 1955. 606 p.
80. SAUER, J. D. Living fences in Costa Rica Agriculture. *Turrialba (Costa Rica)* 29(4):255-261. 1979.
81. SCHROEDER, C. A. Living fence posts in Central America. Department of Biology. University of California, Los Angeles, s. f. 7 p.

82. SETHESHANMUGANATHAN, S. y DURAND, S. Isolation and composition of protein from leaves of plants grown in Ceylon. *Journal Science Food and Agriculture* 20:603-608. 1969.
83. SIMMONDS, S. W. Notes on field management of Imperial College of Tropical Agriculture. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 28(16): 70-75. 1951.
84. SIPRO-CATIE-FIDA. Caracterización ambiental y de los principales sistemas de cultivo en fincas pequeñas de San Carlos, Costa Rica. 1983. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Departamento de Producción Vegetal. Informe Técnico N° 33, 1984. 198 p.
85. SKERMAN, P. J. Tropical forage legumes. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Plant Production and Protection series N° 2, 1977. 509 p.
86. SOLANO, R. A. Efecto de diferentes dosis de  $P_2O_5$  y frecuencias de corte sobre la producción de forraje y leña<sup>2</sup><sub>5</sub> verde de madre cacao (*Gliricidia sepium*). Resultados inéditos. Guatemala, 1982. 6 p.
87. STORIE, R. E. Manual de evaluación de los suelos. México, Unión tipográfica Editorial Hispano Americana. 1970. 225 p.
88. THIMANN, K. V. ed. The physiology of forest trees. International Symposium Held at the Harvard Forest April, 1957, New York. The Ronald Press Company, 1958. 678 p.
89. TILLEY, J. M. y TERRY, K. A. A two stage techniques for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18(2):104-111. 1963.
90. TORRES, F. Role of woody perennials in animal agroforestry. *Agroforestry Systems* 1(2):131-163. 1983.
91. TOSI, J. Mapa ecológico de Costa Rica. Centro Científico Tropical, 1965. Esc. 1:500.000, color.
92. UGALDE, L. Especies sugeridas para la producción de leña en Centro América y resultado en algunas experiencias, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1982. 12 p. (mimeografiado).
93. ULATE MONTERO, R. Efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento, composición química y digestibilidad "*in vitro*" de cinco forrajes tropicales. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. UCR/Facultad de Agronomía, 1975. 89 p.
94. VENTURA, S. M. Cerramientos rústicos y ornamentales. 4ta. ed. Ministerio de Agricultura, Madrid, 1978. 172 p.



95. VERGARA, N. T. ed. New directions in agroforestry: The potential of tropical legume trees: sustained outputs from legume based agroforestry systems. Honolulu, Hawaii, USA, 1982. 36 p.
96. WEAVER, P. La agrisilvicultura en la América Tropical. Unasyuva 31(126):2-12. 1979.
97. WILKINGS, M. B. Physiology of plant growth and development. London, MC Graw-Hill, 1969. 695 p.
98. ZAVALA C., H. R. El madriado o madero negro: prevención contra el canibalismo de las aves. Nuestra Tierra, Paz y Progreso (Nicaragua) 2(10):36-37. 1977.

## 8. APENDICE

Cuadro A1. Resultados del análisis químico y físico de suelos de las fincas estudiadas en San Carlos, Costa Rica, 1984.

Finca	Bloque	pH H <sub>2</sub> O	meq/100 ml de suelo			µg/ml de suelo				Cu	% M.O.	% N	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura
			Ca	Mg	K	Acidez extraib.	P	Mn	Zn							
La Vega	1	5,2	2,7	1,1	0,1	0,5	1,6	49,6	12,6	21,8	4,6	0,2	16	21	63	Arcilloso
	2	5,4	2,9	1,3	0,6	0,3	3,3	33,2	9,0	22,9	5,4	0,3	14	23	63	Arcilloso
	3	5,3	3,9	1,2	0,6	0,3	3,6	73,2	29,0	25,4	5,2	0,3	7	20	73	Arcilloso
	4	4,9	1,4	0,7	0,3	2,2	2,5	16,1	8,5	21,0	4,0	0,2	7	18	75	Arcilloso
	Prom	5,2	2,7	1,0	0,4	0,8	2,7	43,0	14,7	22,7	4,8	0,3	11	20,5	68,5	Arcilloso
Santa Marta	1	5,5	17,4	3,4	0,4	0,2	2,4	25,2	16,6	18,2	4,6	0,3	19	38	43	Arcilloso
	2	6,0	13,6	1,9	0,5	0,1	5,2	6,3	5,3	10,7	4,0	0,2	41	32	27	Franco arcilloso
	3	6,0	27,1	9,4	0,5	0,2	6,8	13,7	5,7	11,0	3,2	0,2	89	6	6	Arena franca
	4	6,0	24,7	9,6	1,1	0,1	8,0	3,4	6,3	9,4	2,4	0,1	35	38	27	Franco arcilloso
	Prom	5,9	20,7	6,1	0,6	0,1	5,6	12,1	8,4	12,3	3,5	0,2	46	28,5	25,5	Franco arcilloso
La Amada	1	5,3	1,3	0,2	0,1	0,3	6,3	1,5	4,4	7,7	8,1	0,4	78	15	7	Franco arenoso
	2	5,8	2,0	0,3	0,1	0,1	2,0	1,1	3,2	6,5	4,5	0,2	89	8	3	Arena franca
	3	5,4	0,6	0,8	0,1	0,4	3,6	1,2	4,2	6,2	5,9	0,3	29	44	27	Franco arcilloso
	4	5,5	1,6	0,1	0,1	0,2	4,4	0,5	3,1	8,6	4,8	0,2	74	21	5	Franco arenoso
	Prom	5,5	1,4	0,3	0,1	0,2	4,0	1,0	3,9	7,2	5,8	0,3	67,5	22	10,5	Franco Arenoso

Cuadro A2. Cuadrados medios y significancia estadística del diámetro y de la altura de la copa para las tres fechas de poda de tres meses.

F.V.	G.L.	Diámetro de copa C. Medio	Altura de la copa C. Medio
<u>Finca 1</u>			
Repeticiones	3	259,5*	79,35*
Fechas	2	1136,5*	1436,80*
Error	6	14,86	13,35
<u>Finca 2</u>			
Repeticiones	3	133,13*	94,0 *
Fechas	2	1739,70*	820,55*
Error	6	22,71	11,79
<u>Finca 3</u>			
Repeticiones	3	2,37*	115,05*
Fechas	2	463,65*	1260,15*
Error	6	8,72	10,02
<u>Combinado</u>			
Fincas	2	1066,44*	155,28*
Repeticiones en fincas	9	131,67*	96,13*
Fechas	2	2675,94*	2934,60*
Fincas X Fecha	4	332,10*	291,46*
Error	18	15,45	11,72

\* Diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

Cuadro A3. Cuadrados medios y significancia estadística de la biomasa seca y sus componentes para las dos primeras podas de 3 meses y la poda de 6 meses en las tres fincas.

F.V.	G.L.	Forraje seco C. Medio	Leña seca C. Medio	Biomasa seca C. Medio
<u>Finca 1</u>				
Repeticiones	3	1,72*	2,69 <sup>ns</sup>	6,13 <sup>ns</sup>
Podas	1	0,49 <sup>ns</sup>	211,12*	230,28*
Error	3	0,52	1,35	3,21
<u>Finca 2</u>				
Repeticiones	3	0,67 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>	4,47 <sup>ns</sup>
Podas	11	0,65 <sup>ns</sup>	116,04*	74,26*
Error	3	1,16	0,84	3,15
<u>Finca 3</u>				
Repeticiones	3	1,43 *	5,37	11,71*
Podas	1	0,04 <sup>ns</sup>	124,05*	119,58*
Error	3	0,26	0,94	1,87
COMBINADO				
Fincas	2	28,04 *	19,45*	89,20*
Repeticiones	9	1,27 *	3,32*	7,44*
Podas	1	0,91 <sup>ns</sup>	442,62*	401,94*
Finca X poda	2	2,14*	4,29*	11,06*
Error	9	0,65	1,04	2,74

\*Diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

<sup>ns</sup> Diferencias no significativas ( $P < 0,05$ )

Cuadro A4. Cuadrados medios y significancia estadística de la biomasa seca y sus componentes para las tres podas de 3 meses y la poda de 9 meses en las tres fincas.

F.V.	G.L.	Forraje seco C. Medio	Leña seca C. Medio	Biomasa seca C. Medio
<u>Finca 1</u>				
Repeticiones	3	8,82*	4,1 <sup>ns</sup>	22,45 <sup>ns</sup>
Podas	1	0,008 <sup>ns</sup>	715,0*	717,48*
Error	3	1,71	5,76	11,34
<u>Finca 2</u>				
Repeticiones	3	1,12 <sup>ns</sup>	12,17*	20,62*
Podas	1	21,17*	954,27*	691,13*
Error	3	1,04	4,00	6,23
<u>Finca 3</u>				
Repeticiones	3	1,05*	8,72*	14,89*
Podas	1	1,51*	257,72*	219,71*
Error	3	0,22	1,48	2,20
Combinado				
Fincas	2	25,16*	115,92*	244,59*
Repeticiones en fincas	9	3,67*	8,33*	19,32*
Podas	1	10,99*	1810,65*	1536,72*
Finca x poda	2	5,85*	58,63*	45,80*
Error	9	0,99	3,75	6,59

\* Diferencias significativas ( $P < 0,05$ )  
 ns Diferencias no significativas ( $P \geq 0,05$ )

Cuadro A5. Cuadrados medios y significancia estadística de la biomasa seca y sus componentes para las tres fechas de poda de tres meses en las tres fincas.

F.V.	G.L.	Forraje seco C. Medio	Leña seca C. Medio	Biomasa seca C. Medio
<u>Finca 1</u>				
Repeticiones	3	0,34*	0,19*	0,75*
Fechas	2	10,08*	3,46*	22,78*
Error	6	0,12	0,04	0,27
<u>Finca 2</u>				
Repeticiones	3	0,95*	0,21*	1,82*
Fechas	2	9,08*	5,25*	28,61*
Error	6	0,45	0,05	0,67
<u>Finca 3</u>				
Repeticiones	3	0,18*	0,01 <sup>ns</sup>	0,27*
Fechas	2	1,50*	0,51*	3,82*
Error	6	0,03	0,006	0,06
<u>Combinado</u>				
Fincas	2	5,52*	1,62*	12,99*
Repeticiones en fincas	9	0,49*	0,14*	0,94*
Fechas	2	12,74*	7,23*	38,59*
Finca X Fecha	4	3,97*	1,14*	8,31*
Error	18	0,20	0,03	0,33

\* Diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

ns Diferencias no significativas ( $P > 0,05$ )

Cuadro A6. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de composición química estudiadas en el forraje de *Gliricidia sepium* bajo tres tipos de poda (3, 6 y 9 meses)

F.V.	G.L.	MS		Hojas		DIVMS		MS		Tallos tiernos		DIVMS	
		C.M.	C.M.	PC	C.M.	C.M.	C.M.	PC	C.M.	C.M.	C.M.		
<u>Finca 1</u>													
Repeticiones	1	0,40 <sup>ns</sup>		0,10 <sup>ns</sup>		48,40 <sup>ns</sup>		3,60 <sup>ns</sup>		-		12,10 <sup>ns</sup>	
Podas	2	28,83*		12,53*		95,53 <sup>ns</sup>		56,53 <sup>ns</sup>		0,5 <sup>ns</sup>		135,13 <sup>ns</sup>	
Error	2	1,98		1,95		34,82		3,95		7,5		127,29	
<u>Finca 2</u>													
Repeticiones	1	4,90 <sup>ns</sup>		0,90 <sup>ns</sup>		102,40*		0,10 <sup>ns</sup>		0,40 <sup>ns</sup>		32,40 <sup>ns</sup>	
Podas	2	63,20*		6,03 <sup>ns</sup>		63,30		67,03*		0,13 <sup>ns</sup>		101,33 <sup>ns</sup>	
Error	2	3,60		5,32		14,76		9,79		8,49		71,49	
<u>Finca 3</u>													
Repeticiones	1	-		3,60*		25,60 <sup>ns</sup>		0,10 <sup>ns</sup>		-		12,10 <sup>ns</sup>	
Podas	2	43,20*		13,33*		187,50*		74,13*		3,80 <sup>ns</sup>		135,13 <sup>ns</sup>	
Error	2	1,33		0,62		29,23		9,29		7,60		127,28	

\* Diferencias significativas ( $P < 0,05$ )  
 $\bar{P} > 0,05$ )



Cuadro A7. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de composición química estudiadas en el forraje de *Gliricidia sepium* para las tres fechas de poda de tres meses.

F.V.	G.L.	MS		Hojas		DIVMS		MS		Tallos tiernos		DIVMS	
		C.M	C.M	PC	C.M	C.M	C.M	PC	C.M	PC	C.M	C.M	
<u>Finca 1</u>													
Repeticiones	1	0,40 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	48,40 <sup>ns</sup>	3,60 <sup>ns</sup>	-	12,10 <sup>ns</sup>					
Fechas	2	18,37 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	38,45 <sup>ns</sup>	44,7 *	20,17 <sup>ns</sup>		465,67*					
Error	2	5,47	4,60	53,85	7,9	2,20		17,10					
<u>Finca 2</u>													
Repeticiones	1	4,90 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	102,40 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>		2,12 <sup>ns</sup>					
Fechas	2	49,57*	6,07 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>	87,07*	10,67 <sup>ns</sup>		270,00*					
Error	2	8,14	5,30	5,30	3,10	4,90		15,26					
<u>Finca 3</u>													
Repeticiones	1	-	3,60 <sup>ns</sup>	25,60 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>		-					
Fechas	2	17,45 <sup>ns</sup>	7,60 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	74,67*	27,57*		361,40*					
Error	2	9,91	2,56	91,44	2,30	0,94		10,60					
Combinado													
Fincas	2	2,72*	1,50 <sup>ns</sup>	48,38 <sup>ns</sup>	12,72*	3,15 <sup>ns</sup>		10,15 <sup>ns</sup>					
Fecha	2	9,72*	5,16*	78,44*	58,72*	50,55*		761,15*					
Repeticiones por fincas	3	0,72 <sup>ns</sup>	3,44*	25,80 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>		4,93 <sup>ns</sup>					
Fincas por fecha	4	3,22*	6,16*	22,22 <sup>ns</sup>	2,38 <sup>ns</sup>	4,07 <sup>ns</sup>		15,07 <sup>ns</sup>					
Error	6	0,38	0,61	21,16	0,83	1,16		10,44					

\* Diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ); ns Diferencias no significativas ( $P > 0,05$ )

Cuadro A8 Prueba de Tukey para comparación de medias entre las diferentes frecuencias de poda estudiadas por finca\*.

Finca	Frecuencia de corte (meses)	Forraje (kg de MS)	Leña (kg de MS)	Biomasa total (kg de MS)
La Vega	2 x 3	2,03a	0,97b	3,01b
	1 x 6	2,39a	4,23a	6,62a
	3 x 3	2,23 <sup>1</sup>	0,97 <sup>2</sup>	3,51 <sup>2</sup>
	1 x 9	2,25 <sup>1</sup>	6,96 <sup>1</sup>	9,21 <sup>1</sup>
Santa Marta	2 x 3	2,16a	1,02b	3,18b
	1 x 6	2,16a	3,41a	5,57a
	3 x 3	2,67 <sup>1</sup>	1,02 <sup>2</sup>	3,69 <sup>2</sup>
	1 x 9	1,62 <sup>2</sup>	7,91 <sup>1</sup>	9,53 <sup>1</sup>
La Amada	2 x 3	1,12a	0,38b	1,50b
	1 x 6	1,31 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	4,18 <sup>a</sup>
	3 x 3	1,36 <sup>1</sup>	0,38 <sup>2</sup>	1,74 <sup>2</sup>
	1 x 9	1,08 <sup>1</sup>	3,97 <sup>1</sup>	5,05 <sup>1</sup>

\* Promedios con letras diferentes en la misma columna correspondiente a cada finca indican diferencias significativas (2 x 3 vs 1 x 6)

Promedios con cifras diferentes en la misma columna correspondiente a cada finca, indican diferencias significativas (3 x 3 vs 1 x 9)

Cuadro A9. Prueba de Tukey para comparación de medias entre las tres podas de 3 meses por finca\*.

Finca	Corte de 3 meses	Diámetro de copa (m)	Altura de copa (m)	Forraje (kg de MS)	Leña (kg de MS)	Biomasa total (kg de MS)
La Vega	1	2,13a	2,00	1,21a	0,40b	1,61a
	2	1,94a	1,96a	0,0,82b	0,57a	1,70a
	3	1,11b	0,94b	0,20c	0	0,20b
Santa Marta	1	2,95a	1,91a	0,73b	0,28b	2,17a
	2	1,81b	1,45b	1,43a	0,74a	1,01b
	3	1,62c	1,10c	0,51b	0	0,51c
La Amada	1	1,94a	1,91a	0,63a	0,23a	0,86a
	2	1,62b	1,51b	0,49b	0,15a	0,64b
	3	1,25c	0,80c	0,24c	0	0,24c

\*Promedios con letras diferentes en la misma columna para cada finca, indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

Cuadro A10. Prueba de Tukey para comparación de promedios (características químicas del follaje entre los diferentes intervalos de corte, por finca)\*

	Intervalo de corte (meses)	Hojas			Tallos tiernos		
		MS %	PC %	DIVMS %	MS %	PC %	DIVMS %
La Vega	3 meses	22 b	25 a	57 a	12 b	15 a	59 a
	6 meses	24 ab	23 ab	48 a	14 b	13 a	57 a
	9 meses	28 a	21 b	48 a	21 a	14 a	46 a
Santa Marta	3 meses	17 b	25 a	57 a	15 b	14 a	57 a
	6 meses	21 b	24 a	51 a	14 b	12 a	57 a
	9 meses	30 a	22 a	48 a	23 a	14 a	46 a
La Amada	3 meses	21 b	24 a	62 a	14 b	14 a	53 a
	6 meses	24 b	26 a	49 b	14 b	16 a	57 a
	9 meses	29 a	21 b	49 b	24 a	12 a	46 a

\*Los promedios con letras diferentes en la misma columna correspondiente a cada finca indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

Los promedios con dos letras diferentes no son diferentes de ninguno de los otros promedios en comparación en la misma columna para cada finca.

Cuadro A11. Matriz de correlaciones por finca entre la producción de biomasa y las variables de crecimiento de la copa para las podas de tres meses

Finca	Variables*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
La Vega	1	1,00									
	2	0,72	1,00								
	3	0,62	0,66	1,00							
	4	0,51	0,60	0,87	1,00						
	5	0,70	0,79	0,91	0,79	1,00					
	6	0,31	0,69	0,73	0,57	0,86	1,00				
	7	0,72	0,80	0,91	0,78	0,99	0,93	1,00			
	8	0,69	0,78	0,89	0,77	0,98	0,86	0,98	1,00		
	9	0,41	0,75	0,33	0,20 <sup>ns</sup>	0,48	0,72	0,57	0,43	1,00	
	10	0,76	0,85	0,86	0,74	0,96	0,94	0,97	0,96	0,75	1,00
Santa Marta	1	1,00									
	2	0,84	1,00								
	3	0,70	0,73	1,00							
	4	0,52	0,63	0,80	1,00						
	5	0,79	0,85	0,79	0,67	1,00					
	6	0,76	0,89	0,83	0,75	0,89	1,00				
	7	0,82	0,87	0,83	0,68	0,99	0,94	1,00			
	8	0,77	0,85	0,83	0,71	0,97	0,91	0,96	1,00		
	9	0,77	0,89	0,72	0,72	0,87	0,99	0,93	0,90	1,00	
	10	0,81	0,88	0,86	0,69	0,96	0,96	0,98	0,98	0,96	1,00
La Amada	1	1,00									
	2	0,49	1,00								
	3	0,72	0,54	1,00							
	4	0,38	0,38	0,73	1,00						
	5	0,71	0,59	0,88	0,61	1,00					
	6	0,52	0,22	0,81	0,67	0,79	1,00				
	7	0,74	0,60	0,90	0,59	0,99	0,87	1,00			
	8	0,67	0,59	0,87	0,63	0,97	0,79	0,96	1,00		
	9	0,51	0,18	0,80	0,67	0,77	0,98	0,90	0,80	1,00	
	10	0,72	0,59	0,91	0,60	0,96	0,89	0,98	0,98	0,90	1,00

<sup>ns</sup> Coeficientes de correlación que no son significativas al nivel de 1 %;

\* Variables

Cuadro A12. Matriz de correlaciones por finca entre la producción de biomasa y las variables de crecimiento de la copa para la poda de seis meses.

Finca	Variables*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
La Vega	1	1,00									
	2	-0,00ns	1,00								
	3	0,09ns	0,44	1,00							
	4	0,12ns	0,18ns	0,74	1,00						
	5	0,06ns	0,62	0,82	0,44	1,00					
	6	-0,02ns	0,34	0,83	0,52	0,78	1,00				
	7	-0,01ns	0,47	0,88	0,51	0,91	0,96	1,00			
	8	0,02ns	0,57	0,87	0,49	0,98	0,82	0,94	1,00		
	9	0,10ns	0,46	0,89	0,49	0,87	0,89	0,93	0,88	1,00	
	10	0,08ns	0,51	0,91	0,51	0,93	0,89	0,96	0,95	0,98	1,00
Santa Marta	1	1,00									
	2	0,07ns	1,00								
	3	0,32	0,60	1,00							
	4	0,12ns	0,60	0,88	1,00						
	5	0,24ns	0,58	0,88	0,80	1,00					
	6	0,37	0,54	0,96	0,82	0,88	1,00				
	7	0,32	0,58	0,95	0,83	0,96	0,97	1,00			
	8	0,21ns	0,45	0,75	0,61	0,89	0,72	0,82	1,00		
	9	0,40	0,55	0,75	0,67	0,87	0,97	0,95	0,79	1,00	
	10	0,35	0,54	0,92	0,74	0,92	0,92	0,95	0,91	0,97	1,00
Amada	1	1,00									
	2	0,39	1,00								
	3	0,44	0,73	1,00							
	4	0,47	0,71	0,93	1,00						
	5	0,53	0,69	0,64	0,79	1,00					
	6	0,59	0,58	0,71	0,70	0,84	1,00				
	7	0,59	0,64	0,79	0,75	0,93	0,98	1,00			
	8	0,59	0,70	0,87	0,84	0,98	0,86	0,94	1,00		
	9	0,61	0,79	0,90	0,87	0,87	0,85	0,89	0,99	1,00	
	10	0,61	0,78	0,91	0,88	0,92	0,87	0,92	0,95	0,99	1,00

ns Coeficientes de correlación que no son significativos al nivel de 1 %  
\* Variables

Cuadro A13 Matriz de correlaciones por finca entre la producción de biomasa y las variables de crecimiento de la copa para la poda de nueve meses

Finca	Variables*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
La Vega	1	1,00									
	2	0,77	1,00								
	3	0,51	0,58	1,00							
	4	0,15ns	0,24ns	0,75	1,00						
	5	0,67	0,74	0,72	0,32	1,00					
	6	0,68	0,64	0,79	0,47	0,79	1,00				
	7	0,71	0,70	0,80	0,45	0,88	0,98	1,00			
	8	0,66	0,71	0,45	0,03ns	0,79	0,61	0,68	1,00		
	9	0,65	0,66	0,83	0,53	0,79	0,96	0,96	0,62	1,00	
	10	0,72	0,75	0,77	0,38	0,87	0,92	0,95	0,83	0,95	1,00
Santa Marta	1	1,00									
	2	0,44	1,00								
	3	0,53	0,56	1,00							
	4	0,26ns	0,40	0,75	1,00						
	5	0,54	0,46	0,66	0,23	1,00					
	6	0,50	0,49	0,76	0,49	0,65	1,00				
	7	0,54	0,51	0,78	0,47	0,76	0,98	1,00			
	8	0,47	0,44	0,66	0,22ns	0,94	0,67	0,71	1,00		
	9	0,51	0,50	0,77	0,52	0,61	0,99	0,97	0,58	1,00	
	10	0,53	0,52	0,80	0,50	0,70	0,99	0,99	0,69	0,99	1,00
La Amada	1	1,00									
	2	0,45	1,00								
	3	0,31ns	0,67	1,00							
	4	0,04ns	0,54	0,70	1,00						
	5	0,15ns	0,60	0,84	0,66	1,00					
	6	0,27ns	0,44	0,52	0,70	0,84	1,00				
	7	0,59	0,64	0,79	0,76	0,93	0,98	1,00			
	8	0,59	0,70	0,87	0,84	0,98	0,86	0,93	1,00		
	9	0,50	0,60	0,89	0,48	0,80	0,85	0,67	0,68	1,00	
	10	0,46	0,64	0,90	0,52	0,84	0,87	0,80	0,78	0,99	1,00

ns Coeficientes de correlación que no son significativos al nivel de 1 %  
\* Variables del

Cuadro A14 Cuadrados medios y significancia estadística para la comparación de las regresiones entre las tres fincas a los nueve meses de crecimiento.

F.V.	A C. Medio	B C. Medio
Regresiones combinadas	40.7718**	25.3909**
Entre pendientes	0.0985**	0.0424 <sup>ns</sup>
Entre interceptos	3.6893**	7.8867**
Residuo	0.0006	0.0204

A= Peso seco de leña contra el área basa de las ramas, comparando las ecuaciones de las tres fincas.

B= Biomasa seca total contra el área basal de las ramas, comparando las ecuaciones de las tres fincas

\*\*= Diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ )

ns= Diferencias no significativas ( $P \geq 0,01$ )



Cuadro A15 Tablas de producción de forraje (kg MS/árbol) de los rebrotes (tres meses) de *Gliricidia sepium* en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del área basal de las ramas).

Area basal ramas (cm <sup>2</sup> )	Forraje producido (kg MS/árbol)	
	Finca La Vega	Finca Santa Marta
5	0,235	0,27
10	0,400	0,47
15	0,575	0,67
20	0,760	0,87
25	0,955	1,07
30	1,160	1,27
35	1,375	1,47
40	1,600	1,67
45	1,835	1,87
50	2,080	2,07
55	2,335	2,27
60	2,600	2,47
65	2,875	2,67
70	3,160	2,87
75	3,455	3,07
80	3,760	3,27
85	4,400	3,47
90	4,735	3,67
95	4,735	3,87
100	5,080	4,07
105	5,435	4,27
110	5,800	4,47
115	6,175	4,67
120	6,560	4,87
Modelo	$Y = 0,08 + 0,03x + 0,0002x^2$ $r^2 = 0,88$	$y = 0,07 + 0,04x$ $r^2 = 0,68$

Cuadro A16. Tabla de producción de forraje (kg MS/árbol) de los rebrotes (tres meses) de *Glicicidia sepium* en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del diámetro de la copa)

Diámetro de copa (m)	Forraje producido (kg MS/árbol)	
	Finca La Vega	Finca Santa Marta
0,05	0,05802	0,04385
1,00	0,21654	0,16365
1,50	0,46785	0,35359
2,00	0,80814	0,61078
2,50	1,23485	0,93328
3,00	1,74606	1,31965
3,50	2,34023	1,76871
4,00	3,01608	2,27951
4,50	3,77253	2,85122
5,00	4,60864	3,48313
Modelo	$\text{LnY} = -1,53 + 1,90 \text{ LnX}$ $r^2 = 0,73$	$\text{LnY} = -1,81 + 1,90 \text{ LnX}$ $r^2 = 0,74$

Cuadro A17. Tabla de producción de forraje (kg MS/árbol) de los rebrotes (seis meses) de *Gliricidia sepium* en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del área basal de las ramas).

Área basal ramas (cm <sup>2</sup> )	Forraje producido (kg MS/árbol)	
	Finca La Vega	Finca Santa Marta
5	0,16	1,03045
10	0,31	1,08329
15	0,46	1,13883
20	0,61	1,19722
25	0,76	1,25860
30	0,91	1,32313
35	1,06	1,39097
40	1,21	1,46228
45	1,36	1,53726
50	1,51	1,61607
55	1,66	1,69890
60	1,81	1,78604
65	1,96	1,87761
70	2,11	1,97388
75	2,26	2,07508
80	2,41	2,18147
85	2,56	2,29332
90	2,71	2,41090
95	2,86	2,53451
100	3,01	2,66446
105	3,16	2,80107
110	3,31	3,94468
115	3,46	3,09566
120	3,61	3,25437
Modelo	$Y = 0,01 + 0,03 X$ $r^2 = 0,78$	$\ln Y = -0,02 + 0,01X$ $r^2 = 0,75$

Cuadro A18. Tabla de producción de leña (kg MS/árbol) de los rebrotes (nueve meses) de *Gliricidia sepium* en cercas vivas de San Carlos, Costa Rica (en función del área basal de las ramas)

Área basal ramas (cm <sup>2</sup> )	Leña producida (kg MS/árbol)	
	Finca La Vega	Finca Santa Marta
10	0,7489	0,2163
15	1,1575	0,4663
20	1,5764	0,7920
25	2,0031	1,1807
30	2,4363	1,6206
35	2,8748	2,1014
40	3,3180	2,6134
45	3,7652	3,1484
50	4,2162	3,6987
55	4,6705	4,2578
60	5,1279	4,8199
65	5,5881	5,3798
70	6,0509	5,9331
75	6,5162	6,4760
80	6,9837	7,0052
85	7,4534	7,5179
90	7,9252	8,0117
95	8,3989	8,4848
100	8,8744	8,9355
105	9,3517	9,3627
110	9,8307	9,7654
115	10,3112	10,1428
120	10,7983	10,4946
125	11,2769	10,8206
130	11,7620	11,1206
Modelo	$\text{LnY} = -2,76 + 1,07 \text{LnX}$ $r^2 = 0,85$	$\text{LnY} = -6,08 + 2,02 \text{LnX} + 0,01 \text{X}$ $r^2 = 0,75$