

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE)
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
AREA DE POSTGRADO

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y CALIDAD NUTRITIVA DE *Gliricidia Sepium*
(Jacq.) Walp. BAJO DEFOLIACIÓN MANUAL Y PASTOREO EN EL TRÓPICO
HÚMEDO.

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Postgrado y Capacitación del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

POR

SILAS MOCHIUTTI

Turrialba, Costa Rica

1995

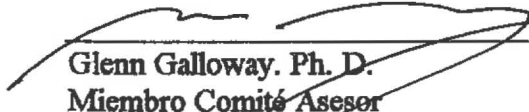
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

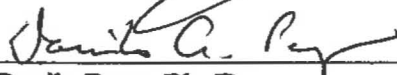
FIRMANTES:



Maria Kass, Ph. D.
Profesor Consejero



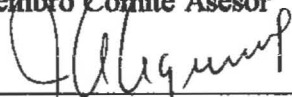
Glenn Galloway, Ph. D.
Miembro Comité Asesor



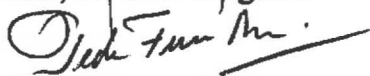
Danilo Pezo, Ph. D.
Miembro Comité Asesor



Muhammad Ibrahim, Ph. D.
Miembro Comité Asesor



Juan Antonio Aguirre, Ph. D.
Jefe, Area de Postgrado



Pedro Ferreira, Ph. D.
Director, Programa de Enseñanza



Silas Mochiutti
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa, Marilene, por su constante incentivo y por haber compartido con amor, todo este tiempo.

A nuestro hijo, Danilo, por su belleza interior y por la presencia de su sonrisa en los momentos difíciles.

A mis padres, Wilson y Antonia, por su gran abnegación y dedicación a la formación integral de sus hijos.

A mis hermanas, Solange, Sonia, Sueli y Sonete, por lograr que nunca me sintiera solo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, Todopoderoso, por las bendiciones recibidas.

A la Dra. Maria Kass, profesor consejero, por su gran visión y conocimiento, y por su acertada guía en la conducción de este trabajo. Por su gran capacidad para transmitir conocimientos y por sus consejos para la formación profesional del estudiante. Por la gran amistad que une nuestras familias, haciendo que nos sintiéramos parte de su familia.

Al Dr. Glenn Galloway, miembro del comité asesor, por las sugerencias en el proyecto de tesis, por el incentivo brindado durante la realización del trabajo y por su gran aporte en la discusión de los resultados y la presentación del trabajo.

Al Dr. Danilo Pezo, miembro del comité asesor, por su gran contribución en la elaboración del proyecto de tesis y en la discusión de los resultados, así como por la revisión del documento de tesis.

Al Dr. Muhammad Ibrahim, miembro del comité asesor, por las sugerencias y el aporte bibliográfico.

Al Dr. Pedro Oñoro, por su gran aporte en la planificación de los ensayos y en los análisis estadísticos de los resultados.

A Frank López por su apoyo en los análisis de laboratorio.

A Diego Molina por su apoyo en la realización del trabajo de campo.

A mi amigo Cubano "de Cuba", Ismael Hernández, por la revisión del documento de tesis.

A los amigos Colombianos Mauricio Torres y Rocío, y a sus hijos Oscar Ivan y Juliana, por su cariño y lealtad y por compartir con nosotros momentos de gran felicidad.

A la pareja Tica Miguel Vallejo y Evelyn por su apoyo y por la amistad que une nuestras familias.

A los Ticos por la amable acogida en este amistoso país.

A los paisanos residentes en el CATIE que de una o otra forma estuvieron siempre con nosotros compartiendo momentos alegres y tristes.

A los compañeros de la promoción 93-94 por su amable convivio.

Al proyecto Oxford Forestry Institute/CATIE por la concesión de trabajador de campo y de los materiales para la ejecución de este trabajo.

Al pueblo Brasileño, que a través del Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá/EMBRAPA, financió mis estudios.

MOCHIUTTI, S. 1995. Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. 144 p.

Palabras claves: *Gliricidia sepium*, intensidad de pastoreo, ramoneo, intensidad y frecuencia de defoliación, banco de proteína, calidad nutritiva, producción de materia seca comestible, crecimiento de plantas, daños por animales, consumo.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la intensidad y frecuencia de defoliación y de la intensidad de pastoreo sobre la producción de materia seca comestible, la persistencia, el crecimiento de las plantas y la calidad nutritiva del forraje en *G. sepium*, se condujeron dos ensayos, uno bajo defoliación manual y otro bajo pastoreo, en Turrialba, Costa Rica. Para este propósito se utilizaron dos bancos de proteína de *G. sepium* establecidos hace dos años con estacas acostadas, los cuales habían sido manejados previamente en un sistema de corte y acarreo.

Para el ensayo de defoliación manual se utilizó un diseño de parcelas divididas en el tiempo, con tres repeticiones en bloques. Las parcelas estuvieron definidas por el arreglo factorial de tres frecuencias (cada 50, 75 y 100 días) y tres intensidades de defoliación (liviana \approx 33%, mediana \approx 66% y total = 100% de hojas cosechadas) y las subparcelas por las evaluaciones (4, 3 y 2 para las frecuencias de 50, 75 y 100 días, respectivamente). Para las defoliaciones liviana, mediana y total se cosechó la biomasa comestible (hojas + tallos tiernos) disponible en el tercio superior, los dos tercios superiores y todo el follaje, respectivamente.

La defoliación liviana cada 50 días y la defoliación mediana cada 75 días produjeron los mayores rendimientos de biomasa comestible (8,9 tm/ha/200 días). Cuando se aplicó defoliación total, la tasa de producción diaria de materia seca comestible se incrementó linealmente ($P=0,0003$) a medida que se aumentó el intervalo de defoliación; para la intensidad mediana no se detectó efecto de la frecuencia de defoliación, mientras que cuando se defolió con intensidad liviana hubo una declinación lineal ($P=0,0006$) en la tasa de producción de biomasa comestible. Con el tiempo hubo una disminución en la producción de materia seca comestible cuando se defolió cada 50 días con intensidad total o mediana y cuando se aplicó defoliación total cada 75 días; en cambio se incrementó cuando se defolió cada 75 ó 100 días con intensidad mediana.

El crecimiento en altura y el incremento del diámetro de tallos y ramas primarias aumentaron linealmente ($P<0,05$) al alargar el intervalo entre defoliaciones, pero disminuyeron linealmente ($P<0,05$) al aumentar la intensidad de defoliación. La mortalidad de tallos fue mayor ($P<0,05$) cuando las plantas se defoliaron totalmente cada 50 ó 75 días. En los demás tratamientos sólo se observó mortalidad de los tallos nuevos, que fueron rápidamente suprimidos y no pudieron competir con los tallos más vigorosos. La mortalidad de las ramas primarias fue mayor ($P<0,05$) con la defoliación total efectuada cada 50 días, mientras que en los demás tratamientos hubo una correlación positiva ($r=0,56$; $P=0,0001$) entre la altura de plantas y la mortalidad de las ramas inferiores. En la primera evaluación se observó un incremento en el número de ramas secundarias al aumentar la intensidad y frecuencia de defoliación, pero estas diferencias se redujeron con el tiempo, no pudiendo detectarse éstas en la evaluación final. En todos los tratamientos se observó una correlación positiva entre la producción de biomasa comestible y la producción de tejido leñoso.

El aumento del intervalo entre defoliaciones provocó un incremento ($P < 0,05$) en los constituyentes de la pared celular y reducción ($P < 0,05$) en el contenido de proteína cruda y en la DIVMS. Valores más bajos ($P < 0,05$) de DIVMS se obtuvieron para la intensidad total y mediana. La frecuencia de defoliación afectó los contenidos de proantocianidina y cumarina, pero los niveles detectados son bajos como para afectar el consumo.

Para el ensayo de pastoreo se utilizó un diseño de parcela divididas en el tiempo, con dos repeticiones en bloques. Los tratamientos a nivel de parcela fueron tres intensidades de pastoreo (63, 42 y 21 UA·día/ha para las intensidades alta, media y baja, respectivamente), y cuatro ciclos de uso constituyeron las subparcelas. El manejo de los bancos fue de 3 días de ocupación (2 horas/día) y 57 días de descanso.

La oferta de fitomasa fue mayor en el primer ciclo (1675 kg MS/ha), disminuyó en el segundo y tercer ciclos (1511 y 825 kg MS/ha, respectivamente), pero se incrementó en el cuarto ciclo de pastoreo (1393 kg MS/ha). Debe señalarse que la baja producción del tercer ciclo estuvo influenciada por una poda previa en aquellas plantas con una altura mayor de 2 m y por fuertes precipitaciones que cayeron en ese período. Cuando se trabajó con la intensidad alta de pastoreo, con el tiempo tendió a declinar la oferta de biomasa comestible en el estrato accesible al ramoneo. Con la intensidad media, la menor disponibilidad de fitomasa se observó en el tercer ciclo (737 kg MS/ha), mientras que los niveles observados en el primer, segundo y cuarto ciclos fueron de 1594, 1779 y 1589 kg MS/ha, respectivamente. Por otro lado cuando se trabajó con intensidad baja, la disponibilidad de fitomasa en el estrato accesible tendió a declinar, pues una alta proporción de la fitomasa se produjo en el estrato no accesible (> 2 m de altura) para el ramoneo. Así en el segundo ciclo, la disponibilidad de fitomasa en el estrato no accesible fue de 1415, 415 y 298 kg MS/ha, para las intensidades baja, media y alta, respectivamente.

La eficiencia de utilización de la biomasa comestible fue en promedio de 91, 84 y 57% para las intensidades alta, media y baja, respectivamente; ésta tendió a mantenerse constante en las dos primeras intensidades, pero en la intensidad baja mostró una disminución importante en el cuarto ciclo de uso. En la intensidad baja, la heterogeneidad de la defoliación provocó un estrato de plantas fuertemente defoliadas, con menor habilidad competitiva con sus vecinas levemente o no ramoneadas, lo cual incidió en una menor tasa de rebrote en el estrato accesible. El consumo promedio fue de 0,42, 0,60 y 0,75 kg de MS/100 kg PV/día, para las intensidades alta, media y baja, respectivamente.

Al aumentar de la intensidad de pastoreo se incrementó el número de ramas secundarias y se redujo la altura de plantas. Por ello, para favorecer la producción de fitomasa en el estrato accesible fue necesario podar el 57, 38 y 17% de las plantas en el segundo ciclo, y el 25, 8 y 12% en el cuarto ciclo de uso, para las intensidades baja, media y alta, respectivamente. Con la intensidad alta, los animales produjeron una mayor mortalidad y daños a las ramas primarias, pero esto no incidió en una menor producción de biomasa pues hubo una compensación con la emisión de ramificaciones laterales.

Con base en los resultados de este estudio se concluye que bancos de proteína de *G. sepium* defoliados manualmente cada 75 días y con una intensidad mediana dejan un área foliar residual suficiente para sostener un rebrote vigoroso y mantener una alta producción de fitomasa comestible. Por otro lado, cuando dichos bancos se manejan bajo pastoreo, la defoliación cada 60 días y con una intensidad media (p.e. equivalente a 42 UA·día/ha), permite conseguir un rebrote vigoroso, mantener una producción más estables de fitomasa comestible en el estrato accesible y una pequeña producción de biomasa en el estrato no accesible.

MOCHIUTTI, S. 1995. Agronomic characteristics and nutritive value of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. under manual defoliation and grazing in the humid tropics. Turrialba, Costa Rica. M.S. Thesis. CATIE. 144 p.

Key words: *Gliricidia sepium*, grazing intensity, browse, defoliation frequency and intensity, protein bank, nutritive value, edible dry matter production, plant growth, damage by animals, intake.

SUMMARY

In order to evaluate the effect of intensity and frequency of defoliation and grazing intensity on edible dry matter yield, persistence, growth and nutritive value of *G. sepium*, two experiments were carried out in Turrialba, Costa Rica: manual defoliation and direct grazing. Two, two years old protein banks of *G. sepium* were utilized. These banks were established with horizontally placed cuttings and have been managed by the cut and carry system.

The manual defoliation experiment was conducted using a split-plot complete block design with three repetitions. The plots were arranged in a factorial of three frequencies (50, 75 y 100 days) and three defoliation intensities (light \approx 33%, medium \approx 66% and total = 100% harvested leaves) and sub plots as number of evaluations (4, 3 and 2 for the defoliation frequencies of 50, 75 and 100 days, respectively). In the light, medium and total defoliation the edible biomass (leaves + young branches) was harvested in the upper 1/3, 2/3 and total crown, respectively.

The light defoliation with 50 days harvest interval and the medium defoliation with 75 days harvest interval produced the highest yields of edible biomass (8.9 MT/ha/200 days). The daily edible dry matter production, in the total defoliation increased linearly ($P=0.0003$) with an increase in defoliation interval; there was no effect of defoliation frequency on yield under the medium defoliation intensity; but when light defoliation intensity was applied, the daily edible biomass yield decreased linearly ($P=0.0006$) with increases in the defoliation interval. The defoliation frequency of 50 days with medium or total defoliation intensities and total defoliation every 75 days harvest interval decreased with time of evaluation. In contrast, the biomass yield increased when medium defoliation intensity harvested every 75 or 100 days were used as opposed to 50 days.

Height, stem and primary branches diameter of *G. sepium* plants increased linearly ($P<0.05$) as the defoliation intervals increased, but decreased linearly ($P<0.05$) when the defoliation intensity was increased. Stem mortality was grater ($P<0.05$) for total defoliation with 50 or 75 days cutting frequencies. Within the other treatments only new stems died, probably because they could not compete with the more vigorous, better established neighbor stems. Primary branches mortality was greater ($P<0.05$) in the total defoliation with 50 days pruning interval. Other treatments showed a positive correlation ($r=0.56$, $P=0.0001$) between plant height and lower branches mortality. In the first evaluation, the number of secondary branches increased as the defoliation intensity and frequency increased, but the differences were reduced with time of evaluation and disappeared in the final evaluation. There was a positive correlation between edible biomass yield and woody tissue production in all treatments.

Increasing defoliation interval also increased ($P<0.05$) cell wall contents and decreased ($P<0.05$) crude protein and IVDMD. Lowest ($P<0.05$) IVDMD were found in medium and total defoliation intensities. Defoliation frequency also affected the proanthocyanidin and coumarin contents, but both levels were too low to affect foliage intake.

The grazing experiment was carried out under a split plot design with time and two blocks as repetitions. The main plot were the three grazing intensities (63, 42 and 21 AU/day/ha for high, medium and low grazing intensities, respectively), and the four grazing periods as sub plots. The protein bank management consisted of three day occupation (2 hours/day) and 57 days resting periods.

Average biomass offer was greater for the first grazing period (1675 kg DM/ha), than the second and third periods (1511 and 825 kg DM/ha, respectively), but increased again in the fourth period (1393 kg DM/ha). The lower dry matter production in the third period had two causes: pruning of plants more than 2 m in height and the high precipitation. The edible biomass availability in the stratum accessible to browse decreased in the high intensity grazing treatment. Medium grazing intensity produced less biomass in the third grazing period (737 kg DM/ha) as compared to 1594, 1779 and 1589 kg DM/ha for the first, second and fourth periods, respectively. When low grazing intensity was used, the biomass availability in the accessible stratum decreased due to the high proportion of biomass above 2 m, not accessible to browse. The unavailable biomass in the second grazing period was 1415, 415 and 298 kg DM/ha for the low, medium and high grazing intensities, respectively.

The efficiency of edible biomass utilization was in average 91, 84 and 51% for the high, medium and low grazing intensities, respectively; it did not change for the first two grazing intensities, but decreased greatly in the low intensity in the fourth grazing period. Also, for the low grazing intensity, defoliation heterogeneity was evident, causing heavily defoliated individuals to lose vigor and competitiveness with neighbor plants, with poor regrew into the accessible stratum. The average foliage intake was 0.42, 0.60 and 0.75 kg DM/100 kg LW/day for the high, medium and low grazing intensities, respectively.

When the grazing intensity increased, the number of secondary branches also increased, but plant height decreased. In order to increase biomass production in the accessible stratum it was necessary to prune 52, 38 and 17% of the plants after the second grazing period, and 25, 8 and 12% of the plants after the fourth grazing period, for the low, medium and high grazing intensities, respectively. Plant mortality and damage to primary branches were greater for the high grazing intensity, but these did not affect the biomass yield due to the increase in side branches number on undamaged individuals.

The results obtained in this research indicate that *G. sepium* protein bank defoliated manually every 75 days, with medium intensity, leaves enough residual foliage to produce vigorous regrowth and maintain high edible biomass production. When these banks are managed under grazing, medium defoliation every 60 days (equal to 42 AU/day/ha) produce vigorous regrowth and stable biomass yield in the accessible stratum.

TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
	2.1. <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.....	4
	2.1.1. Clasificación sistemática, descripción botánica y variación genética.....	5
	2.1.2. Origen, distribución y ecología.....	6
	2.1.3. Usos.....	7
	2.1.4. Uso como forrajera.....	8
	2.1.4.1. Producción de biomasa comestible.....	9
	2.1.4.2. Valor nutritivo, factores anticualitativos y palatabilidad.....	11
	2.1.4.3. Consumo como suplemento proteico y producción animal.....	14
	2.2. Manejo de la defoliación de árboles leguminosos forrajeros.....	15
	2.2.1. Efecto de la defoliación sobre las plantas.....	15
	2.2.2. Defoliación y crecimiento.....	17
	2.2.3. Frecuencia de defoliación.....	18
	2.2.4. Intensidad de defoliación.....	19
	2.3. Árboles leguminosos forrajeros y la sostenibilidad de las pasturas tropicales.....	20
	2.3.1. Las pasturas tropicales.....	20
	2.3.2. Asociación de árboles leguminosos con pastos.....	21
	2.3.3. Ramoneo de árboles leguminosos forrajeros.....	23
	2.3.3.1. Manejo del pastoreo.....	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
	3.1. Caracterización del área experimental.....	26
	3.2. Metodología para los análisis de laboratorio.....	27
	3.3. Metodología de los experimentos.....	27
	3.3.1. Experimento 1: Efecto de la frecuencia e intensidad de la defoliación sobre la producción y calidad nutritiva de <i>Gliricidia sepium</i> en el trópico húmedo.....	27
	3.3.1.1. Antecedentes y manejo del área experimental.....	27
	3.3.1.2. Tratamiento y diseño experimental.....	28
	3.3.1.3. Variables evaluadas.....	29
	3.3.1.4. Análisis de la información y modelos matemáticos.....	32
	3.3.2. Experimento 2: Efecto de la intensidad del pastoreo sobre la producción y calidad nutritiva de <i>Gliricidia sepium</i> en el trópico húmedo.....	36
	3.3.2.1. Antecedentes y manejo del área experimental.....	36
	3.3.2.2. Tratamiento y diseño experimental.....	36
	3.3.2.3. Manejo del pastoreo.....	37
	3.3.2.4. Variables evaluadas.....	38
	3.3.2.5. Análisis de la información y modelos matemáticos.....	40

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. Experimento 1: Efecto de la frecuencia e intensidad de la defoliación sobre la producción y calidad nutritiva de <i>Gliricidia sepium</i> en el trópico húmedo.....	43
4.1.1. Producción total de materia seca comestible.....	43
4.1.2. Tasa de producción diaria de materia seca comestible.....	44
4.1.3. Altura de plantas.....	49
4.1.4. Incremento en el diámetro de tallos y de ramas primarias.....	50
4.1.5. Mortalidad de tallos.....	52
4.1.6. Número y mortalidad de ramas primarias.....	54
4.1.7. Número de ramas secundarias.....	56
4.1.8. Calidad nutritiva de la materia seca.....	57
4.1.8.1. Constituyentes de la pared celular.....	57
4.1.8.2. Proteína cruda y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca.....	58
4.1.8.3. Compuestos secundarios.....	60
4.1.9. Correlación entre producción por planta y variables de crecimiento.....	62
4.2. Experimento 2: Efecto de la intensidad del pastoreo sobre la producción y calidad nutritiva de <i>Gliricidia sepium</i> en el trópico húmedo.....	63
4.2.1. Disponibilidad de biomasa total, en los estratos accesible y no accesible, y residual.....	63
4.2.2. Altura de las plantas y porcentaje de plantas podadas.....	69
4.2.3. Diámetro basal de tallos y ramas primarias.....	71
4.2.4. Ramas primarias vivas, reclutadas, muertas y dañadas por los animales.....	72
4.2.5. Ramas secundarias.....	75
4.2.6. Grado de ramoneo.....	76
4.2.7. Proteína cruda y DIVMS de la biomasa de la pastura.....	78
4.2.8. Calidad nutritiva de la biomasa comestible de <i>Gliricidia sepium</i>	78
4.2.9. Consumo estimado de materia seca y proteína.....	81
4.3. Discusión general.....	83
V. CONCLUSIONES.....	86
VI. RECOMENDACIONES.....	88
6.1. Recomendaciones para posibles estudios con bancos de proteína de <i>G. sepium</i>	88
6.2. Recomendaciones preliminares para el manejo de <i>G. sepium</i> bajo corte.....	89
6.3. Recomendaciones preliminares para el manejo en bancos de proteína de <i>G. sepium</i> bajo pastoreo.....	90
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	92
VIII. ANEXOS.....	106

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°		Página
En el texto:		
1	Rango y promedio de la composición química y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS) del forraje de <i>Gliricidia sepium</i> , citados en tres revisiones.....	12
2	Arreglo de los tratamientos y fecha de la defoliación inicial y de las evaluaciones realizadas.....	28
3	Coefficientes de correlación entre la producción de biomasa comestible por tallos y variables de crecimiento en <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	62
4	Proteína cruda y DIVMS de la pastura natural para los cuatros ciclos de pastoreo.....	78
5	Composición química y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca comestible disponible antes (oferta) y después (rechazo) de cada ciclo de pastoreo en <i>Gliricidia sepium</i>	80
En anexos:		
1A	Análisis de variancia para la producción total de materia seca en el período de 200 días (kg/ha) y tasa de producción diaria (kg/ha/día) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	107
2A	Producción de materia seca (kg/ha) en la defoliación inicial, en las evaluaciones y total de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	108
3A	Tasa de producción diaria (kg/ha/día) en la defoliación inicial, en las evaluaciones y el promedio del ensayo de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	108
4A	Análisis de variancia para la altura de plantas (m) al final del experimento y altura de plantas (m) en las evaluaciones para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	109
5A	Altura inicial de plantas, en las evaluaciones y altura final (m) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	110
6A	Análisis de variancia para el incremento total del diámetro de tallos (mm) e incremento del diámetro de tallos (mm) por evaluación para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	111
7A	Diámetro inicial de tallos (mm), incremento por evaluación y total del diámetro de tallos (mm) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	112

8A	Análisis de variancia para el incremento total del diámetro de ramas (mm) e incremento del diámetro de ramas por evaluación (mm) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	113
9A	Diámetro inicial de ramas primarias (mm), incremento por evaluación y total del diámetro de ramas primarias (mm) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	114
10A	Análisis de variancia para la mortalidad total de tallos (%) y mortalidad de tallos por evaluación (%) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	115
11A	Número inicial de tallos por parcela y mortalidad de tallos por evaluación y total (%) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	116
12A	Análisis de variancia para el número de ramas primarias por tallo en la evaluación final y número de ramas primarias por tallo en cada evaluación para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	117
13A	Número de ramas primarias por tallo en la defoliación inicial, en las evaluaciones y final de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	118
14A	Análisis de variancia para la mortalidad total de ramas primarias (%) y mortalidad de ramas primarias por evaluación (%) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	119
15A	Número inicial de ramas primarias por tallo y mortalidad de ramas primarias en las evaluaciones y total (%) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	120
16A	Análisis de variancia para el número de ramas secundarias en la primera evaluación de cada tratamiento y número de ramas secundarias en cada evaluación para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	121
17A	Número de ramas secundarias por rama primaria defoliación inicial, en las evaluaciones y en la primera evaluación de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	122
18A	Valor y significancia de la prueba de F para los constituyentes de la pared celular (fibra detergente neutra (%), fibra detergente ácida (%), hemicelulosa (%), celulosa (%) y lignina (%)) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	123
19A	Contenido de fibra detergente neutra (%) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	123
20A	Contenido de fibra detergente ácida (%) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	124

21A	Contenido de hemicelulosa (%) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	124
22A	Contenido de celulosa (%) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	125
23A	Contenido de lignina (%) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	125
24A	Valor y significancia de la prueba de F para el contenido de proteína cruda (%), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%), proantocianidina (AA-550/g) y cumarina (mg/g) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en <i>G. sepium</i>	126
25A	Contenido de proteína cruda (%) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	126
26A	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	127
27A	Contenido de proantocianidina (AA-550/g) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	127
28A	Contenido de cumarina (mg/g) en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.....	128
29A	Valor y significancia de la prueba de F para disponibilidad de materia seca comestible (kg/ha), materia seca residual (kg/ha) y materia seca en estrato no accesible (kg/ha) para el experimento de intensidad de pastoreo en <i>G. sepium</i>	129
30A	Disponibilidad de materia seca comestible (kg/ha) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	129
31A	Materia seca residual (kg/ha) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	130
32A	Materia seca en el estrato no accesible (kg/ha) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	130
33A	Valor y significancia de la prueba de F para producción de materia seca total (kg/ha), porcentaje de utilización de la materia seca (% de defoliación), consumo de materia seca (kg de MS/100 kg de PV) y consumo de proteína cruda (g/animal/día) para el experimento de intensidad de pastoreo en <i>G. sepium</i>	131
34A	Producción de materia seca total (kg/ha) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	131
35A	Porcentaje de utilización de la materia seca comestible en el estrato accesible (% de defoliación) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	132

36A	Consumo de materia seca (kg de MS/100 kg de peso vivo) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	132
37A	Consumo de proteína cruda (g/animal/día) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	132
38A	Valor y significancia de la prueba de F para diámetro de tallos (mm), diámetro de ramas primarias (mm), número de ramas primarias por tallo, mortalidad de ramas primarias (%) y número de ramas secundarias por rama primaria para el experimento de intensidad de pastoreo en <i>G. sepium</i>	133
39A	Diámetro de tallos (mm) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	133
40A	Diámetro de ramas primarias (mm) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	134
41A	Número de ramas primarias por tallo de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	134
42A	Número de ramas secundarias por rama primaria de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	135
43A	Mortalidad de ramas primarias (%) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	135
44A	Valor y significancia de la prueba de F para altura de plantas (m), número de ramas primarias reclutadas por tallo y porcentaje de ramas primarias dañadas por los animales para el experimento de intensidad de pastoreo en <i>G. sepium</i>	136
45A	Altura de plantas (m) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	136
46A	Porcentaje de ramas primarias dañadas (ramas quebradas + tumbadas) de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	137
47A	Número de ramas reclutadas por tallo de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	137
48A	Valor y significancia de la prueba de F para calidad nutritiva de la materia seca antes y después del pastoreo en el experimento de intensidad de pastoreo en <i>G. sepium</i>	138
49A	Contenido de fibra detergente neutra (%) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	139
50A	Contenido de fibra detergente neutra (%) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	139
51A	Contenido de fibra detergente ácida (%) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	139

52A	Contenido de fibra detergente ácida (%) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	140
53A	Contenido de celulosa (%) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	140
54A	Contenido de celulosa (%) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	140
55A	Contenido de hemicelulosa (%) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	141
56A	Contenido de hemicelulosa (%) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	141
57A	Contenido de lignina (%) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	141
58A	Contenido de lignina (%) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	142
59A	Contenido de proantocianidina (AA-550/g) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	142
60A	Contenido de proantocianidina (AA-550/g) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	142
61A	Contenido de cumarina (mg/g) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	143
62A	Contenido de cumarina (mg/g) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	143
63A	Contenido de proteína cruda (%) en la materia seca disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	143
64A	Contenido de proteína cruda (%) en la materia seca residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	144
65A	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%) disponible de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	144
66A	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%) residual de <i>G. sepium</i> bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.....	144

LISTA DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Precipitación mensual y temperatura media mensual en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.....	26
2	Representación de las proporciones de defoliaciones en las intensidades liviana, mediana y total.....	30
3	Representación del concepto de estacas, ramas primarias y ramas secundarias en plantas de <i>G. sepium</i>	31
4	Producción de materia seca comestible de <i>G. sepium</i> en un período de 200 días bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.....	44
5	Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg/ha/día) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.....	45
6	Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg/ha/día) de <i>G. sepium</i> en el transcurso de las evaluaciones bajo la frecuencia de 50 días y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.....	46
7	Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg/ha/día) de <i>G. sepium</i> en el transcurso de las evaluaciones bajo la frecuencia de 75 días y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.....	46
8	Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg/ha/día) de <i>G. sepium</i> en el transcurso de las evaluaciones bajo la frecuencia de 100 días y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.....	47
9	Altura de plantas (m) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (A) y tres intensidades (B) de defoliación.....	50
10	Incrementos del diámetro de tallos y de ramas primarias de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (A) y tres intensidades (B) de defoliación.....	51
11	Porcentaje de tallos muertos de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación, durante el período experimental.....	53
12	Número de ramas primarias en la última evaluación de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.....	54
13	Porcentaje de ramas primarias muertas de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación, durante el período experimental.....	55

14	Número de ramas secundarias en la primera evaluación de cada tratamiento de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.....	57
15	Contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) de defoliación.....	58
16	Contenido de proteína cruda y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS) de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (A) y tres intensidades (B) de defoliación.....	59
17	Contenido de proteína cruda en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo las frecuencias de defoliación de 50, 75 y 100 días en el transcurso de las evaluaciones.....	60
18	Contenido de cumarina y proantocianidina en la materia seca comestible de <i>G. sepium</i> bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) de defoliación.....	61
19	Producción de biomasa total (estrato accesible + inaccesible) y biomasa en el estrato no accesible a los animales (>2 m de altura) de <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	64
20	Biomasa comestible disponible en el estrato accesible (<2 m de altura) de <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	65
21	Biomasa comestible residual en el estrato accesible (<2 m de altura) de <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	67
22	Porcentaje de utilización de la biomasa comestible del estrato accesible (<2 m de altura) de <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	69
23	Altura de plantas y porcentaje de plantas podadas de <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	70
24	Diámetro de tallos y ramas primarias de <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	71
25	Número de ramas primarias por tallo y de ramas secundarias por rama primaria en <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	73
26	Porcentaje de ramas primarias muertas y dañadas por los animales en <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	74
27	Frecuencia de plantas (%) clasificadas en cuatro grados de ramoneo para las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) de pastoreo en <i>G. sepium</i>	77
28	Consumo de materia seca y proteína cruda de <i>G. sepium</i> bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.....	82

I. INTRODUCCIÓN

Las pasturas tropicales son frecuentemente deficientes en proteína, especialmente durante el período seco, lo cual constituye una limitante para la producción de leche y carne por rumiantes. Además, como consecuencia de prácticas inadecuadas de manejo, la mayoría de los agroecosistemas tropicales basados en pasturas presentan un continuo proceso de degradación, causando el deterioro de la fertilidad de los suelos, abandono de tierras y graves daños al ambiente.

En los agroecosistemas de pasturas basados en el monocultivo de gramíneas, el reciclaje de nutrientes es deficiente, habiendo pérdidas netas de nutrientes por percolación, escorrentía y salidas a través de la venta de productos animales. Además, éstas rara vez presentan alguna capacidad de fijación de nitrógeno, y cuando ésta existe no es capaz de suplir las necesidades del sistema para la manutención de la productividad. Bajo estas condiciones, generalmente ocurrirá una deficiencia de nitrógeno en las pasturas, la cual induce a una aguda disminución de la actividad biológica y una declinación de su vigor y calidad, provocando su degradación.

La utilización de árboles forrajeros leguminosos, integrados a los sistemas de producción ganadera pueden contribuir decididamente para la sostenibilidad de las pasturas. Estos árboles poseen la capacidad de aportar nitrógeno por la fijación biológica, promover el reciclaje de nutrientes y mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo por la deposición de materia orgánica de alta calidad. Además, estas leñosas perennes producen forraje con 12 a 30% de proteína cruda, capaz de suplementar el déficit proteico existente en la mayoría de los pastos tropicales, especialmente en los períodos críticos del año, pudiendo reducir la presión de pastoreo sobre las pasturas en las épocas de sequía (Blair *et al*, 1990; Devendra, 1992; Norton, 1994a).

La leguminosa *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., es un árbol de uso múltiple, ya integrado en los sistemas de producción agroforestal en fincas de América Central, siendo utilizada principalmente en cercas vivas, como sombra y soporte de cultivos, en la producción de leña, madera, materia orgánica y forraje. La principal razón de que muchos agricultores prefieran esa especie en los sistemas agroforestales es por su fácil propagación por estacas, su buena capacidad de rebrote después de las podas y su capacidad de fijar nitrógeno (CATIE, 1991).

El forraje producido por muchos genotipos de *G. sepium* posee alto valor nutritivo, lo que le permite ocupar un lugar importante dentro de los forrajes en las regiones tropicales. Este forraje puede ser utilizado como suplemento proteico, presentando excelentes resultados en la producción

animal, sobre todo en dietas básicas de pastos, caña de azúcar, banano, paja y otras fuentes de energía (NFTA, 1989; Preston, 1992).

Muchos trabajos de investigación en los que se ha utilizado el forraje de *G. sepium* como suplemento proteico demuestran su excelente capacidad de incrementar la producción de leche y carne en sistemas ganaderos de los trópicos (Atta-Krah, 1990; Dicko y Sikena, 1992; Kass et al, 1992). Sin embargo, el uso de bancos de proteína en un sistema de corte y acarreo generalmente recomendado a los productores, presenta como desventaja sus altos costos en mano de obra, además de que es un sistema fuertemente extractor de nutrientes del suelo, lo cual trae como consecuencia la declinación de la producción del árbol, a menos que se repongan los nutrientes extraídos vía fertilización inorgánica o a través de la incorporación del estiércol, orina y forraje rechazado por los animales (Blair et al, 1990). En este sentido, el pastoreo directo es una alternativa que tiende a superar esas limitaciones (Blair et al, 1990), siempre y cuando se efectúe un manejo controlado de la defoliación, de forma que permanezca un residuo foliar en las plantas cuya actividad fotosintética ayude a activar rápidamente el rebrote.

La investigación del manejo agronómico con *G. sepium* ha dado énfasis en la determinación de métodos de establecimiento, densidad de siembra, intervalos y altura de cortes. No hay trabajos publicados sobre la intensidad de defoliación y el manejo del pastoreo en esta especie. Se requieren investigaciones básicas para verificar el papel de la disponibilidad de yemas activas, área foliar residual y utilización de carbohidratos de reservas sobre la capacidad de rebrote. Tales estudios pueden contribuir significativamente para el desarrollo de un manejo apropiado de la defoliación para diversos árboles forrajeros (Stür et al, 1994).

Así mismo, son escasos los estudios sobre frecuencia e intensidad de pastoreo, períodos de descanso y ocupación y altura de plantas para el pastoreo. Para que la utilización de *G. sepium* como árbol forrajero sea más factible de ser adoptado por productores, y así poder explotar el potencial de esa especie para la producción y sostenibilidad de los sistemas ganaderos en los trópicos, es imprescindible determinar cómo debe manejarse el ramoneo en esta especie.

El presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar el efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación bajo corte y de la intensidad de ramoneo, sobre la producción de materia seca comestible, la persistencia y el crecimiento de plantas y ramas, así como sobre la calidad nutritiva del forraje de *G. sepium*.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.

Gliricidia sepium es un árbol leguminoso con abundante ocurrencia en las zonas bajas de Mesoamérica. La domesticación ha sido producto de un proceso generado por milenios y la multitud de nombres indígenas revelan la importancia de esta especie para los habitantes de esta región (Pertchik y Pertchik, 1951). Muchos nombres comunes describen los diferentes usos de *G. sepium*, como por ejemplo “madre de cacao” (por su uso como sombra de cacao) y “mata ratón” (por las propiedades tóxicas de semillas y corteza sobre ratones y otros roedores) (NFTA, 1989). Otros nombres comunes en la región son madreado, madero negro, madrial, piñón cubano, piñón florido, cocoite, palo de hierro y bien vestido (Pertchik y Pertchik, 1951; CATIE, 1991).

G. sepium ha sido utilizada ampliamente fuera de su región origen (Hughes, 1987), siendo introducida a regiones tropicales de todos los continentes durante el período colonial, especialmente para sombra de cultivos y posteriormente utilizada para la producción de leña, de forraje, como abono verde y en la estabilización de suelos (Simons y Stewart, 1994).

La principal razón por la que muchos agricultores han incorporado esta especie en los sistemas agroforestales tradicionales es su facilidad de propagación por estacas (Sánchez y Payne, 1987; Jolin y Torquebiau, 1992) o por semillas (NFTA, 1989), su flexibilidad de manejo, su habilidad para emitir rebrotes vigorosos después de las podas y su capacidad de fijar nitrógeno (Salazar, 1984; CATIE, 1991).

Después de *Leucaena leucocephala*, *G. sepium* tal vez sea el árbol de uso múltiple más cultivado (Simons y Stewart, 1994), pues crece bien en muchas áreas donde la primera no alcanza un desarrollo satisfactorio (Chadhokar, 1982; Stewart *et al.*, 1992; Rathert y Werasopon, 1992). Recientemente la *G. sepium* ha sido ampliamente difundida por su resistencia a defoliación por *Heteropsylla cubana*, que ha devastado plantaciones de *L. leucocephala* en muchas regiones tropicales (Simons y Stewart, 1994), y por su mayor facilidad para la reproducción vegetativa por estacas que la mayoría de las leguminosas arbóreas (Falvey, 1982; Litzow y Shelton, 1992; Shelton, 1994). Por estas características, *G. sepium* constituye una buena alternativa en los sistemas de producción agroforestales, sin embargo solamente en años recientes ha sido foco de investigación agronómica por diversas instituciones del trópico (Hughes, 1987).

2.1.1. Clasificación sistemática, descripción botánica y variación genética

Gliricidia sepium (Jacq.) Walp., pertenece a la familia *Fabaceae* de la tribu *Robinieae* (Lavin, 1987; Gutteridge y Shelton, 1994). Frecuentemente se ha confundido a la *G. maculata* con *G. sepium* y sus nombres son utilizados como sinónimos, pero se trata de especies distintas, provenientes de diferentes zonas de origen. Estas se pueden distinguir por la forma de sus tallos, el tamaño de las semillas y hojuelas, el color de las flores (Hughes, 1987; NFTA, 1989) y la variación del DNA cloroplástico (Lavin *et al*, 1991).

G. sepium es un árbol mediano (entre 10 y 15 m de altura), el diámetro del tronco varía entre 30 y 50 cm, posee copa abierta y cuando joven normalmente presenta ramas múltiples originadas cerca de la base, pero que por autopodas se reducen con la edad (NAS, 1980; NFTA, 1989; Sterwart *et al*, 1992). La corteza es delgada, lisa y blancuzca (CATIE, 1991). Las hojas son compuestas, imparipinnadas, alternas y con 30 cm de largo (NFTA, 1989; CATIE, 1991). Tiene de 7 a 17 hojuelas, ovaladas a elípticas u oblongo-lanceoladas, con 3 a 7 cm de largo, opuestas en el raquis, de color gris claro en el envés (Holdridge y Poveda, 1975).

Las flores son zigomorfas, papilionadas, en forma de guisantes, de 2 a 2,5 cm de largo, con tallos delgados en racimos densos de 5 a 10 cm de largo y pétalos rosados de tonalidad púrpura o blanca (Holdridge y Poveda, 1975; CATIE, 1986). Los frutos son vainas dehiscentes, aplanadas, de 10 a 15 cm de largo, de color verde amarillento cuando nuevas y oscuras al madurar, y contienen de 3 a 10 semillas de color café oscuro o pardas (Holdridge y Poveda, 1975; NFTA, 1989; CATIE, 1991).

En zonas con una estación seca pronunciada, el árbol pierde las hojas cuando florece (CATIE, 1991). Sin embargo, la realización de podas estratégicas en el final de la estación lluviosa impide la floración y pérdida de las hojas (Hernández y Benavides, 1994). En zonas húmedas sin estación de sequía, permanece con hojas durante todo el año y no florece pero cuando lo hace no fructifica (Seibert, 1987a; Simons y Stewart, 1994).

G. sepium presenta gran variación genética permitiendo seleccionar procedencias adecuadas para los diferentes usos e identificar genotipo superiores en cuanto a rapidez de crecimiento, producción y calidad de biomasa forrajera, producción de leña, adaptación a clima y suelo, contenido de nutrimentos y características fenológicas (Salazar, 1986; Mendieta, 1989; Neil, 1990; Camacho, 1991; Ruiz, 1992; Puger *et al*, 1993; Nifis, *et al*, 1993).

2.1.2. Origen, distribución y ecología

Dado que *G. sepium* ha sido utilizada, cultivada y transportada por el hombre desde el período precolombino, resulta incierto su rango de distribución natural (NFTA, 1989). Hughes (1987) hace la primera distinción entre la distribución natural y naturalizada, y determina que es nativa de zonas de clima subhúmedo de la costa Pacífica de Mesoamérica entre 7° N (Panamá) y 25° N (México), en áreas abajo de los 1200 m de altitud, con precipitación anual entre 900 a 1500 mm y cinco meses de estación seca. Sin embargo, se puede encontrar naturalizada en zonas semiáridas de México y Guatemala, con 600 a 700 mm de precipitación y siete a ocho meses de estación seca, y en zonas hasta con 3500 mm de precipitación y sin período seco (Hughes, 1987; NFTA, 1989; Stewart *et al*, 1992).

En su hábitat natural la temperatura promedio anual está entre 20 y 29 °C, con pequeñas fluctuaciones durante el año; la temperatura máxima absoluta no excede los 42°C y presenta crecimiento reducido con temperaturas abajo de 19°C. Whiteman *et al* (1986) observaron pérdidas de hojas por temperatura nocturna abajo de 15°C. En zonas con un período frío, las podas se pueden manejar de manera que el rebrote ocurra después de la estación fría (Gutteridge y MacArthur, 1988; Stewart *et al*, 1992).

Desde el siglo XVII la *G. sepium* fue introducida en muchas regiones tropicales (Simons y Stewart, 1994), siendo naturalizada y cultivada en el norte de América del Sur, el Caribe, sudeste de Florida, sudeste de Brasil, África occidental y oriental, Sudáfrica, sudeste de Asia, incluyendo Tailandia, Filipinas, Indonesia y Australia (Falvey, 1982; Mora, 1983; CATIE, 1986), y está presente en los sistemas agrícolas tradicionales de muchas zonas tropicales (Stewart *et al*, 1992).

G. sepium se adapta a suelos muy diversos, desde arena pura a altamente arcillosos, con excepción de aquellos con mal drenaje interno o altamente compactados (NFTA, 1989; CATIE, 1991; Stewart *et al*, 1992). Es tolerante a salinidad y acidez (pH 4,5-6,2) proveniente de material volcánico, aunque prefiere suelos calcáreos (Hughes, 1987; Stewart *et al*, 1992). La fertilidad natural no es un factor limitante, pues desarrolla bien en suelos pobres y erosionados (NFTA, 1989; CATIE, 1991). Esta especie también se adapta a suelos con bajos contenido de calcio (Whiteman *et al*, 1986) y ácidos (Bray *et al*, 1989), pero en suelos con alta saturación de aluminio se puede presentar una menor sobrevivencia de las plantas (Dierolf y Yost, 1989). Sin embargo, parece que hay diferencias entre procedencias en cuanto a su adaptación a los diferentes tipos de

suelos. Por ejemplo, en Yurimaguas (Perú), en un Utisol ácido, infertil y con alta saturación de aluminio, la procedencia 14/84 de la colección del Oxford Forestry Institute presentó mejor adaptación que los demás genotipos (Szott *et al*, 1991). En suelos degradados, donde hay limitación de nitrógeno, de otros nutrimentos y del rizobio específico, la peletización con fósforo y la inoculación con rizobio y micorriza tuvieron efectos positivos sobre la producción de hojas, tallos y raíces (Manguiat *et al*, 1989; Manguiat *et al*, 1990).

Los árboles adultos de *G. sepium* toleran bien las quemas que ocurren comúnmente en la estación de sequía, y presentan un rápido rebrote con la llegada de las lluvias. El aumento de la frecuencia de quemas puede ser responsable por la alta ocurrencia de esta especie en vegetación secundaria y en áreas de barbecho en su región de origen (Simons y Stewart, 1994).

2.1.3. Usos

G. sepium tiene varios usos, entre los más frecuentes se puede mencionar: cercas vivas (Baggio, 1982; Beliard, 1984); sombra de cultivos como cacao, té y café (Salazar, 1984; CATIE, 1991; Stewart *et al*, 1992); soporte para cultivos, como pimienta, flame y vainilla (Smith y Houtert, 1987; Seibert, 1987b; Jiménez *et al*, 1992); producción de leña, carbón y madera para construcción pesada (NAS, 1980; Falvey, 1982); forraje para bovinos, ovejas y cabras (Chadhokar, 1982; Sumberg *et al*, 1986; Nitis, 1987; Jabbar *et al*, 1992; Kass *et al*, 1992); cultivos en callejones (Kass y Araya, 1987; Kang *et al*, 1990); abono verde (Chadhokar, 1982; Liyanage, 1987); uso medicinal (Little Jr. *et al*, 1967); control de erosión (Mora, 1983); producción de miel y planta ornamental (NAS, 1980). Frecuentemente es cultivada para un propósito particular, con los beneficios adicionales apreciados, pero no necesariamente demandados (Simons y Stewart, 1994).

El uso más difundido de *G. sepium* es el de cercas vivas en potreros, plantaciones, huertos caseros y orilla de carreteras (NFTA, 1989). La utilización de cercas vivas son de menor costo de establecimiento que cercas muertas (Holmann *et al*, 1992), además de presentar la posibilidad de obtención de otros productos como leña (Salazar, 1984), postes vivos (Baggio, 1982) y forraje (Romero *et al*, 1991). También han sido señalados beneficios adicionales como, la fijación de nitrógeno, protección de cultivos y de animales contra el viento y el control de la erosión (Budowski, 1983).

Como especie mejoradora de suelos, es de destacar la capacidad que posee la *G. sepium* para incorporar nitrógeno y materia orgánica al suelo y aumentar el reciclaje de nutrientes (Kang *et al*, 1990). Blair *et al* (1990) señalan producciones de 581 a 700 kg/ha/año de nitrógeno en la biomasa cosechada de esta especie; sin embargo, el nitrógeno presente en la biomasa no puede ser atribuido sólo a la fijación biológica, sino también a la contribución del suelo. En *G. sepium* sembrada en un suelo arcilloso a 1400 m de altitud y donde las plantas tuvieron un desarrollo deficiente, Roskoski *et al* (1982) utilizando la técnica de liberación de C_2H_2 , estimaron que la fijación de nitrógeno fue de apenas 13 kg/ha/año. Por otro lado, Ladha *et al* (1993) utilizando la técnica de N^{15} , en plantas bien desarrolladas y sembradas bajo el sistema de cultivo en callejones, estimaron que el nitrógeno fijado fue cerca del 50% del nitrógeno total presente en la planta durante el período lluvioso y de 30% a 35% en la época seca.. Para el reciclaje de otros nutrientes en un sistema similar, Kang *et al* (1990) citan valores de 11, 149, 66 y 17 kg/ha/año, para P, K, Ca y Mg, respectivamente.

Por el bajo contenido de polifenoles en su biomasa (Oblesby y Fownes, 1992; Miah *et al*, 1993), el follaje de *G. sepium* se descompone más rápido en el suelo que el de especies tales como: *Acacia mangium*, *A. auriculiformis*, *Inga edulis* y *Calliandra calothyrsus*; por ello, cuando se utiliza como abono verde mejora las condiciones físicas del suelo (Rosecrance *et al*, 1992), incrementa la población de la fauna en el suelo (Tian *et al*, 1993) y reduce la presencia de malezas en los cultivos (Kang *et al*, 1990).

2.1.4. Uso como forrajera

G. sepium es una fuente importante de forraje cuando se maneja en sistemas de corte y acarreo (Faley, 1982; Chadhokar, 1982). Sin embargo, se han citado aparentes problemas de palatabilidad en Costa Rica, Filipinas e India (Chadhokar, 1982; Pezo *et al*, 1990; Trung, 1990). No obstante, su uso como forrajera ha sido promovido e investigado en muchas partes del trópico, debido a su alta producción y calidad del forraje (Ademosun *et al*, 1985; Atta-Krah y Sumberg, 1988; Pezo *et al*, 1990; Rangkuti *et al*, 1990), siendo capaz de suplementar el déficit proteico de la mayoría de los pastos tropicales (Smith y Houter, 1987; Blair *et al*, 1990).

El follaje de *G. sepium* para la alimentación animal puede ser producido en cercas vivas (Romero *et al*, 1991), en bancos de proteína como monocultivo con altas densidades (Paterson *et*

al, 1987; CATIE, 1992), en hileras dentro de pasturas (Catchpoole y Blair, 1990a), en árboles en pastizales (NTFA, 1989) y en los sistema de cultivo de callejones (Okali y Sumberg, 1985).

La forma tradicional de uso del forraje proveniente de cercas vivas y de árboles en pastizales es cortar el follaje y ofrecerlo en el mismo sitio o llevarlo a animales estabulados (Budowski, 1983; NFTA, 1989). Para los bancos de proteína la utilización del forraje por los animales puede ser tanto por pastoreo directo como por corte y acarreo (Paterson *et al* 1987). Las hileras dentro de las pasturas son utilizadas por ramoneo (Gutteridge y Shelton, 1994). En los sistemas de cultivo en callejones la utilización puede ser por corte y acarreo donde una parte del follaje es empleado para la fertilización de los cultivos y la otra para alimentar rumiantes (Sumberg *et al*, 1987; Jabbar *et al*, 1992), o por pastoreo directo durante los barbechos (Atta-Krah, 1990; Kang *et al*, 1990).

G. sepium es una de las pocas especies arbóreas forrajeras capaces de producir una cantidad de fitomasa de hojas comparable a la obtenida con *L. leucocephala*, pero además presenta un amplio rango de tolerancia a suelos ácidos, aunque sin alta saturación de aluminio (Simons y Stewart, 1994).

2.1.4.1. Producción de biomasa comestible

G. sepium presenta rebrotes vigorosos después de las podas y es tolerante a cortes repetidos. Su fenología puede ser manipulada a través del corte, así podas efectuadas a fines de la estación de lluvias provocan que las plantas de *G. sepium* retengan sus hojas en el período seco, permitiendo producir forraje de alto valor nutritivo, dependiendo de la intensidad y largo de dicho período (Adejumo, 1992; Hernández y Benavides, 1994; Simons y Stewart, 1994).

El rendimiento de materia seca de *G. sepium* varía con la edad, el tamaño de la planta y con las condiciones agroclimáticas (Chadhokar, 1982). Numerosos estudios han evaluado la producción de biomasa comestible en diferentes condiciones de suelo y clima (Gutteridge y MacArthur, 1988; Cobbina *et al*, 1990) y con diversos métodos de establecimiento (semillas o estacas de varios tamaños) (Adejumo, 1991), edad al primer corte (Blair *et al*, 1990), densidad de siembra (Ella y Blair, 1989), altura y frecuencia de corte (Adejumo y Ademosun, 1985; Ella *et al*, 1989). Los valores reportados para la producción de materia seca comestible varían desde 2,1 (Wong y Sharudin, 1986) hasta 20 tm/ha/año (Sriskandarajah, 1987).

Por otro lado se ha detectado variación entre procedencias de *G. sepium* en cuanto a la producción de materia seca comestible y de tallos (Puger *et al*, 1993). Cobbina y Atta-Krah (1992) evaluaron 28 procedencias de *G. sepium* en un alfisol de Nigeria y obtuvieron producciones de materia seca comestible que variaron desde 2,9 hasta 6,6 tm/ha/año.

La producción de biomasa forrajera de *G. sepium* en la sequía requiere un manejo estratégico de las podas, con la realización de una o dos podas, dependiendo de la intensidad y largo del período seco. Así, en cercas vivas de República Dominicana hubo crecimiento del follaje durante todo el período seco, con precipitaciones mensuales superiores a 50 mm, obteniéndose las mayores producciones de biomasa comestible en los cortes realizados al final de la sequía (Hernández y Benavides, 1994). En el sur de Nigeria, con un período de sequía intenso, se alcanzaron las mayores producciones de biomasa en las cosechas más tempranas que en las realizadas al final del período seco (Adejumo, 1992).

Los cortes frecuentes en los primeros años después de la siembra tienen influencia negativa sobre la producción de *G. sepium* en los años posteriores; por ello, (Chadhokar, 1982) recomienda que para favorecer su desarrollo, durante los dos primeros años, las plantas se debe cortar sólo una o dos veces al año. Algunos estudios demuestran que plantas propagadas por estacas son inicialmente más productivas que las establecidas por semillas, pero un año después de la primera cosecha desaparecen las diferencias (Simons y Stewart, 1994). En regiones sin un período de sequía definido se ha visto que el tamaño y el tipo de estacas (basal, mediana y ápical) utilizadas para la siembra no tienen influencia en la producción de biomasa, ni en el número de brotes (CATIE, 1989), pero en climas con sequía pronunciada se obtienen mayores producciones de biomasa usando estacas de 1 m de largo y con un diámetro mayor de 10 cm (Adejumo, 1991).

Altas densidades de siembra (4 plantas/m²) provocan una reducción en la producción por planta, pero incrementan la producción total de forraje por unidad de área y la relación hoja/tallo (Ella *et al*, 1989). El corte a ras del suelo tiene un efecto negativo sobre la producción de biomasa, comparado con alturas de cortes de 25 cm o más (Adejumo y Ademosun, 1985; Erdmann *et al*, 1993). La frecuencia óptima de podas para la producción de biomasa comestible depende del tipo de clima; así las plantaciones en zonas húmedas pueden ser podadas más frecuentemente que las de zonas secas. En general, la producción total de biomasa se incrementa a medida que se alarga el intervalo entre podas, pero también se reduce la relación hoja/tallo, por haber un menor efecto del intervalo entre cortes sobre la producción de hojas (Ivory, 1990). En el trópico húmedo, para la producción de forraje, se recomienda un intervalo entre cortes de 6 a 12 semanas (Simons y Stewart, 1994).

2.1.4.2. Valor nutritivo, factores anticualitativos y palatabilidad

El valor nutritivo de *G. sepium* es comparable con el de la alfalfa y su digestibilidad es superior a la obtenida en la mayoría de las leguminosas tropicales (NFTA, 1989); su composición química y digestibilidad varían según la edad y parte de la planta (Espinoza, 1984), procedencia (Mendieta, 1989), estación del año (Adejumo y Ademosun, 1985) y sitio de cultivo (Urriola, 1994).

El follaje de *G. sepium* posee contenidos elevados de proteína cruda (PC) y minerales (Cuadro 1). En promedio el contenido de PC ($N \times 6,25$) es de 23,2%. Por otro lado, Espinoza (1984) encontró que la concentración de nitrógeno varía con la edad de los rebrotes y la posición en la rama; así mismo, el nitrógeno soluble fue mayormente no proteico y el insoluble en detergente ácido representó el 17% del nitrógeno total, siendo éste de baja disponibilidad para los microorganismos del rumen. Los valores de degradabilidad potencial en el rumen de la materia seca y proteína cruda son altos, y el tiempo medio de fermentación se alcanza en seis horas, por lo que la utilización eficiente del nitrógeno liberado en la fermentación del follaje de *G. sepium* depende del suministro de una fuente de energía rápidamente fermentable.

Los valores para fibra detergente neutra y fibra detergente ácida son menores a los obtenidos para la mayoría de los pastos tropicales, por la mayor presencia de componentes solubles. Las leguminosas se caracterizan por una fermentación ruminal de la materia seca superior a la de las gramíneas tropicales y menores cambios con la edad, pese a su alta lignificación (Van Soest y Giner-Chavez, 1994).

La digestibilidad de la materia seca de *G. sepium* es relativamente mayor que la de otras leguminosas forrajeras arbóreas (Simons y Stewart, 1994), y la misma puede ser incrementada por la adición de fuentes con alto contenido de energía, como la yuca (Ademosun *et al*, 1985). Por otro lado, su utilización como suplemento aumenta la digestibilidad de alimentos de baja calidad (Ivory, 1990).

El ensilaje de *G. sepium* presenta alto valor nutritivo, cuando es preparado en la presencia de aditivos eficientes tales como melazas y ácido fórmico o cuando es marchitado previo al proceso de ensilado (Kass y Rodríguez, 1987b). Sin embargo, De la Fuente (1990) cita que el consumo del forraje ensilado por cabras ha sido 40% menor que el del material fresco, a pesar de la similitud

de los dos materiales en cuanto al contenido de proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y de los patrones de fermentación normales para el ensilado.

Pese a los resultados positivos descritos hasta aquí, el uso de la *G. sepium* como suplemento proteico ha estado limitado en muchas regiones por problemas de palatabilidad, posiblemente atribuibles a la presencia de compuestos secundarios. También pueden haber influido los efectos tóxicos de esta especie, los cuales son bien conocidos en América Central, donde las hojas y corteza de esta especie son mezcladas con maíz para preparar un raticida tradicional (Standley y Steyermark, 1946). El efecto tóxico de la *G. sepium* es debido a la conversión de la cumarina a dicumarol durante la fermentación bacteriana.

Las hojas de *G. sepium* contienen cumarina, ácidos O-cumárico y melilótico (Griffiths, 1962); pinitol (Calle *et al*, 1987); taninos solubles y condensados (Ahn *et al*, 1989; Ivory, 1990); saponinas (Onwuka, 1992); alcaloides, glucósidos y esteroides (Gutteridge y Shelton, 1993); ácido cianhídrico y nitratos (Manidool, 1985). A pesar de esta serie de compuestos secundarios, la comprobación de toxicidad en condiciones prácticas de alimentación son raras, pero algunos estudios reportan toxicidad e inhibición del crecimiento en monogástricos, incluyendo conejos (Raharjo y Cheeke, 1985), caballos (Baggio, 1982; Skerman *et al*, 1991) y aves (Cheeke y Raharjo, 1987).

Cuadro 1. Rango y promedio de la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de forraje del *Gliricidia sepium*, citados en tres revisiones.

Componente	Fuente			Promedio ¹
	Smith y Houtert, 1987	NFTA, 1989	Norton, 1994a	
Proteína Cruda (%)	9,0-30,0	18-30	15,0-27,6	23,2
Fibra Detergente Ácida (%)	23,2-34,2	18-34	21,1-35,7	27,3
Fibra Detergente Neutra (%)	37,6-55,7	27-50	23,1-66,5	39,1
Lignina (%)	7,7-12,7	-	5,5-9,9	9,5
Calcio (%)	0,6-2,5	1-2	1,0-1,4	1,25
Fósforo (%)	0,11-0,27	0,2-0,3	0,12-0,28	0,19
DIVMS (%)	53,3-66,0	48-77	66,0-68,2	62,3

¹ Promedio de estudios citados por Smith y Houter (1987) y Norton (1994a).

La palatabilidad o aceptabilidad de forraje de *G. sepium* es un enigma, pudiendo ser considerado un problema en algunas regiones del trópico. En Guatemala, el consumo por vacas lactantes de forraje de un genotipo de *G. sepium* fue mayor que el de *L. leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* (Vargas *et al*, 1987). Así mismo, en Colombia (Simons y Stewart, 1994) y Sri Lanka (Chadhokar, 1982) no se han presentado problemas de palatabilidad en *G. sepium*, por lo que se la considera un forraje importante para la estación de sequía. Sin embargo, en otras regiones, el forraje de *G. sepium* es completamente inaceptable por los animales (Simons y Stewart, 1994), así en Guatemala hay procedencias que no son consumidas (Galloway, inf. personal). También en San Carlos, Costa Rica, el forraje de *G. sepium* proveniente de una cerca viva ha sido totalmente rechazado por bovinos (Hernández, inf. personal). Por otro lado, la depresión del consumo de follaje de esta especie por cabras y ovejas tendió a desaparecer tres semanas después de haber sido ofrecida por primera vez (Carew, 1983).

El problema de la palatabilidad de la *G. sepium* es atribuido a la presencia de un compuesto volátil (cumarina) que produce un olor característico, sin embargo esto puede ser eliminado por el marchitamiento del forraje antes de ser ofrecida a los animales (Nitis, 1987). Otras estrategias utilizadas para incrementar la aceptabilidad del forraje de *G. sepium* es adicionar melaza o sal común, mezclarla con gramíneas, exponer los animales por un largo período de acostumbramiento y utilizar animales ya habituados para inducir la aceptación por otros (NTFA, 1989).

La variación en la palatabilidad de *G. sepium* en diferentes partes del mundo es atribuida a las diferentes formas de manejo, efectos climáticos y edáficos, diferencias en el comportamiento o en la flora ruminal de animales de diferentes regiones (Simons y Stewart, 1994). Además se reconoce que en la especie existe variabilidad genética en cuanto a palatabilidad (Ruiz, 1992; Larbi *et al*, 1993).

Los taninos son compuestos fenólicos que pueden tener efectos sobre la palatabilidad de muchas especies arbóreas (Ivory, 1990;), pero además precipitan proteínas (Jones *et al*, 1976), reducen la digestibilidad (Lascano *et al*, 1994) e interfieren con la utilización del nitrógeno en el rumen (Reed *et al*, 1990). Las concentraciones de taninos en plantas aumentan cuando las plantas se encuentran bajo algún tipo de estrés ambiental, debido a que estos fueron desarrollados como mecanismos de defensa contra el ataque de bacterias y hongos y posteriormente de insectos y herbívoros (Barry, 1988).

Sin embargo, debido a que *G. sepium* presenta contenidos de taninos relativamente bajos si se compara con otras leguminosas arbóreas como *C. calothyrsus* (Ahn *et al*, 1989), no se espera que interfiera en la disponibilidad de proteína de las plantas, pero podría afectar su palatabilidad o aceptabilidad (Norton, 1994b). Así, Ruiz (1992), encontró una correlación negativa y significativa entre los contenidos de taninos solubles en procedencias de esta especie y su aceptabilidad por ovinos.

2.1.4.3. Consumo como suplemento proteico y producción animal

G. sepium generalmente es utilizada como suplemento proteico para dietas base de baja calidad, como son gramíneas maduras y residuos agrícolas. El nivel de suplementación usualmente es entre 20 a 40% del consumo total (Simons y Stewart, 1994).

El consumo del follaje de *G. sepium* ofrecido *ad libitum* como único alimento fue del 3,5 y 3,3% del peso vivo y produjo ganancias de peso de 14 y 39 g/día, en cabras y ovejas, respectivamente (Carew, 1983). En corderos en crecimiento, Sriskandarajah (1985) cita un consumo *ad libitum* de 3,7% del peso vivo.

Numerosos estudios demuestran incrementos en ganancias de peso y producción de leche utilizando *G. sepium* como suplemento proteico. Para ovinos, Chadhokar y Kantharaju (1980) encontraron que la suplementación de *G. sepium* hasta 75% de la dieta básica de una gramínea de baja calidad, tuvo efecto positivo sobre la sobrevivencia tanto de ovejas como de corderos, sobre el porcentaje de producción de corderos y sobre el peso de los mismos al nacer. Van Eys *et al* (1986) señalan incrementos de peso de 20 g/animal/día para caprinos en crecimiento recibiendo 15% de *G. sepium* en la dieta a base de pasto Napier, mientras que los animales sin suplementación perdieron peso (1 g/animal/día).

En ganado bovino, la suplementación con 33% de *G. sepium* a una alimentación básica de paja de arroz, resultó en ganancias de peso de 10 g/animal/día, y los animales que recibieron solamente paja de arroz tuvieron pérdida de peso en -113 g/animal/día (Doyle *et al*, 1986, citado por Norton, 1994c).

En vacas lecheras, Chadhokar y Lecamwasam (1982) reportan efecto positivo de *G. sepium* en la producción de leche para los niveles de 25% y 50% de suplementación al pasto *Brachiaria brizantha*. En período de sequía, Chadhokar (1983) no encontró diferencias

significativas en la producción de leche de vacas suplementadas con concentrado comercial o con forraje de *G. sepium*.

En un ensayo de dietas balanceadas con alimentación básica de heno de *Hypparrhenia rufa* (3% de proteína cruda y 35% de DIVMS), la producción de leche de vacas suplementadas con *G. sepium* fue significativamente superior a la obtenida con urea como suplemento proteico, pero no difirieron de las logradas con follaje de *Erythrina poeppigiana*. Así mismo, el análisis económico demostró que los ingresos logrados con la suplementación de *G. sepium* fueron 20% superiores a los obtenidos con urea (Camero, 1994).

2.2. Manejo de la defoliación de árboles leguminosos forrajeros

2.2.1. Efecto de la defoliación sobre las plantas.

En la utilización de los árboles forrajeros leguminosos como forraje, leña, mulch o abono verde es necesario realizar cortes o ramoneo. Para definir estrategias tendientes a optimizar la producción de biomasa es esencial entender los efectos del manejo de la defoliación sobre el rebrote. En general, el rebrote de las plantas forrajeras depende de la disponibilidad del tejido meristemático activo (yemas), de la cantidad y capacidad fotosintética del área foliar residual y de la movilización de los carbohidratos solubles y otras reservas remanentes después de la defoliación (Stür *et al*, 1994). Además, la disponibilidad de recursos abióticos (luz, agua y nutrimentos) antes y después de la defoliación puede tener efectos decisivos sobre el rebrote (Richards, 1993).

El efecto inmediato de la defoliación en las plantas por el pastoreo o el corte es la instantánea reducción o interrupción de la actividad fotosintética y de las actividades de transporte por el floema (Richards, 1993). Los efectos de la defoliación dependen de su intensidad; así, cuando la actividad fotosintética es severamente reducida por defoliación, sus efectos son propagados rápidamente por toda la planta, afectando el crecimiento, respiración y absorción de nutrimentos (Richards, 1993).

La reducción de la actividad fotosintética puede no ser proporcional a la pérdida del área foliar, debido a los cambios microclimáticos después de la defoliación y por la contribución fotosintética de hojas de diversas edades. Si en las plantas defoliadas predominan hojas maduras y previamente sombreadas, la reducción de la actividad fotosintética es proporcionalmente mayor que

el área foliar cosechada, debido a la baja capacidad fotosintética de dichas hojas (Ludlow y Charles-Edwards, 1980; Gold y Caldwell, 1989). Por otro lado, si predominan hojas jóvenes, la reducción de la actividad fotosintética estará más directamente relacionada con la pérdida de área foliar (Parsons *et al*, 1983; Gold y Caldwell, 1989).

La defoliación de las plantas puede causar muerte de raíces finas (Jarvis y Macduff, 1989), interrupción del crecimiento (Ryle y Powell, 1975), declinación de la respiración (Chapin III y Slack, 1979), reducción de la absorción de nutrimentos (Clement *et al*, 1978) y declinación de la actividad de fijación biológica (Ryle *et al*, 1985).

Muchos estudios demuestran una disminución en el total de carbohidratos no estructurales presentes en las raíces y en la parte aérea remanente de la planta, durante las primeras 48 horas después de la defoliación (Richards, 1993). Inmediatamente después de la defoliación, el sistema radicular presenta un balance negativo de carbono (Ryle y Powell, 1975), pudiendo requerir la movilización de otras sustancias, posiblemente de hemicelulosa, proteínas y ácidos orgánicos, para las actividades radiculares (Davidson y Milthorpe, 1966).

El efecto de defoliaciones repetidas es acumulativo y la utilización progresiva de las reservas reduce su contenido en las plantas; en general, cuanto mayor sea la intensidad y la frecuencia de la defoliación, menor será la cantidad de carbohidratos de reserva en los órganos de reserva de las plantas (Weinmann, 1957).

En el caso de *G. sepium* se ha visto que frecuencias de corte cada 3 y 6 semanas no afectan la concentración de almidón presente en las raíces, pero sí su contenido en los tallos, lo cual indica que para el desarrollo inicial de los rebrotes esta especie utiliza preferentemente el almidón presente en los tallos antes que las reservas de las raíces (Erdmann *et al*, 1993).

Para restaurar el crecimiento de las plantas defoliadas se requiere un balance positivo de carbono. El restablecimiento de la capacidad para acumular carbono en las plantas después de la defoliación está influenciado por: 1) el reinicio de la fotosíntesis en las hojas remanentes y la emisión de brotes y 2) el incremento en la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y del follaje de los nuevos rebrotes (Richards, 1993). Cuando se ha restaurado el balance positivo de carbono, el mantenimiento de una alta tasa de rebrote depende de un transporte continuo y preferencial de los productos de fotosíntesis hacia las hojas nuevas y otros brotes. En la recuperación de plantas defoliadas es esencial que éstas presenten un mayor incremento en su tasa relativa de crecimiento que aquellas no defoliadas (Hilbert *et al*, 1981).

Cuando las plantas se defolian totalmente, el rebrote y la respiración de los tejidos son sustentados por los carbohidratos de reservas, produciéndose inicialmente un balance negativo de carbón, hasta que se forme un área foliar capaz de asimilar el carbono necesario para soportar el crecimiento (Richards, 1993; Stür *et al*, 1994).

2.2.2. Defoliación y crecimiento

El efecto de la defoliación sobre el rebrote de árboles de tamaño medio, como *L. leucocephala*, *G. sepium* y *C. calothyrsus* puede ser distinguida en tres fases de una curva sigmoideal, a saber: la primera fase (0-4 semanas después del corte) se caracteriza por un crecimiento lento debido a la baja área foliar; la siguiente fase (4-10 semanas) por un crecimiento máximo, que resulta en un incremento marcado en la producción de materia seca comestible (hojas y tallos tiernos); y una fase final (10-24 semanas) en la cual ocurre una completa intercepción de luz y las hojas viejas empiezan su senescencia. Durante la tercera fase de crecimiento, los árboles presentan incrementos en altura y aumentan la producción de biomasa leñosa, mientras que la cantidad de hojas permanece estable o con un incremento pequeño (Stür *et al*, 1994). En esta fase además, con el crecimiento en altura de los árboles se presenta mortalidad de las ramas inferiores sombreadas e inactivas en fotosíntesis; denominándose este proceso la recesión de copas (Galloway, 1994).

La defoliación puede ser descrita en términos de frecuencia e intensidad. La frecuencia se define como el intervalo entre cortes o ramoneos, mientras que la intensidad se refiere a la proporción de hojas y tallos remanentes después de la defoliación. Hay interacción entre intensidad y frecuencia de defoliación; cuanto más fuerte es la intensidad de defoliación mayor será el tiempo requerido para la recuperación de los árboles; sin embargo, generalmente el intervalo entre cortes tiene mayor influencia sobre la producción de biomasa de los árboles que la altura de corte (Stür *et al*, 1994).

2.2.3. Frecuencia de defoliación

Muchos estudios señalan el aumento en la biomasa total producida por los árboles forrajeros leguminosos al aumentar los intervalos entre cortes; así mismo, después de cierto intervalo de corte la producción adicional es principalmente de tejidos leñosos (Guevarra *et al*, 1978, Ella *et al*, 1989; Stür *et al*, 1994). El estadio ideal para cosechar el follaje de especies arbóreas es después que la planta ha alcanzado el índice de área foliar máximo, pero antes de empezar la pérdida de las hojas sombreadas (Blair *et al*, 1990). Para la zona de trópico húmedo, *G. sepium* comienza a perder las hojas en la base de sus ramas cuatro meses después de podada (Muschler *et al*, 1993).

Comparando los cambios en la tasa de producción semanal con los cambios en la media de producción semanal, es posible determinar el mejor intervalo de corte para maximizar la producción de material comestible. La mayor media de producción semanal ocurre cuando la tasa de producción semanal ya presentó su punto máximo y está en decrecimiento. Esto significa que la producción de material comestible puede ser maximizada por intervalos de corte entre el punto máximo de la tasa de producción semanal y el punto máximo de la media de producción semanal. En *C. calothyrsus*, este intervalo está entre 8,5 y 11,5 semanas, con una producción de material comestible equivalente al 50-60% de la biomasa total (Stür *et al*, 1994). Por estas observaciones, se sugiere que la proporción de material comestible puede ser utilizada como indicativo del intervalo de corte óptimo, afirmándose que para maximizar la producción de material comestible los cortes deben ser realizados cuando éste represente el 50% de la producción total (Stür *et al*, 1994).

Varios estudios demuestran la interacción entre la densidad de siembra y la frecuencia de cortes. Así, para maximizar la producción de biomasa, las plantas sembradas densamente requieren intervalos entre cortes más cortos que aquellas sembradas en densidades más bajas (Blair *et al*, 1990). Cuanto más denso es un rodal, las copas de los árboles toman contacto más rápidamente y se inicia la recesión de copas (Galloway, 1994).

Estudios de frecuencia de cortes en *G. sepium* señalan que los cortes cada cuatro semanas, tienen un efecto negativo sobre la producción de materia seca (Adejumo y Ademosun, 1985; Wong y Sharudin, 1986) y sobrevivencia de las plantas (Ezenwa *et al*, 1990). Ella *et al* (1989) no encontraron diferencias en la producción de materia seca comestible de esta especie entre los

intervalos de corte de 6 y 12 semanas, concluyendo que los rendimientos estuvieron correlacionados positivamente con la precipitación y la densidad de siembra. En otro estudio con *G. sepium* asociada con *Panicum maximum*, utilizando los mismos intervalos de corte, Ella *et al* (1991) obtuvieron mayor rendimiento de material comestible con el corte a las 12 semanas solamente en la primera cosecha, pero en cortes sucesivos no se detectaron diferencias entre cortes cada 6 ó 12 semanas.

La defoliación puede afectar la nodulación en *G. sepium*. Ezenwa *et al* (1990) señalan un incremento en el número de nódulos por planta con bajas frecuencia de cortes, pero las plantas no podadas presentaron menor número de nódulos que las podadas. Estos resultados sugieren que cierto grado de poda favorece la nodulación.

2.2.4. Intensidad de defoliación

El manejo de árboles forrajeros a una altura fija de corte ocasiona una defoliación muy severa en la planta, donde prácticamente no quedan hojas remanentes. En estos casos, hay un largo lapso para alcanzar la fase de producción máxima, siendo necesario que las plantas utilicen los carbohidratos de reserva para emitir nuevas hojas y formar un área foliar capaz de soportar la fase de producción máxima (Stür *et al*, 1994). Defoliaciones de menor intensidad, con algo de área foliar remanente, permiten que el rebrote sea soportado por el área foliar residual, requiriendo menor tiempo para alcanzar la fase de producción máxima (Stür *et al*, 1994). Desafortunadamente, no hay estudios que comparen la importancia relativa de la disponibilidad de yemas, carbohidratos y otras reservas de la planta, y de área foliar residual después de la defoliación.

El único estudio encontrado en la literatura, es uno realizado por Mendoza *et al* (1976) (citado por Pound y Cairo, 1985), en una prueba de pastoreo simulado, quienes demostraron que los rendimientos de *L. leucocephala* cv. Perú se maximizaron a largo plazo cuando se dejaron en la planta por lo menos el 25% de las hojas verdes.

2.3. Árboles leguminosos forrajeros y la sostenibilidad de las pasturas tropicales

2.3.1. Las pasturas tropicales

En las regiones tropicales ha sido frecuente la tala y quema de los bosques para el establecimiento de pasturas. En los primeros años las pasturas presentan excelentes producciones, aprovechando las buenas condiciones físicas y biológicas del suelo, así como el incremento de la fertilidad debido a la adición de nutrimentos en forma de cenizas, como producto de la quema. Sin embargo, con el correr de los años se ha observado una disminución gradual en la productividad de las pasturas e invasión por malezas (Toledo y Serrão, 1982), como consecuencia de la aplicación de prácticas inapropiadas de manejo de suelos y pastura. Por ello, en la mayoría de casos, la sustitución de los bosques tropicales por pasturas ha tenido pocos años después consecuencias desastrosas para la fertilidad del suelo (Budowski, 1978).

Como principales causas o factores de la degradación, o de la aceleración del proceso de degradación de estos pastos, se citan: tipo de suelo (Serrão *et al*, 1979); especie cultivada (Toledo y Serrão, 1982); ocurrencia de plagas y enfermedades, prácticas inadecuadas de establecimiento (Dias Filho y Serrão, 1982); reducción de la fertilidad, compactación y erosión del suelo (Spain y Gualdrón, 1991); disminución del fósforo asimilable (Serrão *et al*, 1979); y el manejo inadecuado de las pasturas, con énfasis en el sobrepastoreo, lo cual ha favorecido la invasión de malezas (Dias Filho y Serrão, 1982). Según Spain y Gualdrón (1991), la reducción de la fertilidad del suelo es la principal causa de la degradación de las pasturas, y los demás factores apenas determinan la velocidad de degradación o son consecuencias de ésta.

En el trópico húmedo, con frecuencia se cita que la deficiencia de fósforo es la limitante que afecta la estabilidad de las pasturas (Serrão *et al*, 1979; Toledo y Serrão, 1982; Dias Filho y Serrão, 1982); sin embargo, es muy probable que una vez establecida la pastura, sea la deficiencia de nitrógeno, mucho más que la del fósforo, el factor que desestabiliza la pastura y provoca su degradación (Spain y Gualdrón, 1991). Si hay un ingreso adecuado de nitrógeno que mantenga las plantas vigorosas y productivas, la deficiencia de fósforo sería una limitante poco frecuente, porque las pasturas tienen la propiedad de acumular fósforo en la fitomasa, lo que permite un reciclaje muy eficiente de este elemento (Spain y Gualdrón, 1991).

La mayoría de los agroecosistemas de pasturas actualmente en uso, por incorporar algún grado de extracción de nutrientes, no poseen la eficiencia del ecosistema de bosque para el reciclaje de nutrientes y fijación de nitrógeno, ocasionando pérdidas netas de los nutrientes. Para alcanzar la sostenibilidad de las pasturas es necesario diseñar sistemas como el bosque, con eficiencia en el reciclaje de nutrientes, y con especies capaces de fijar nitrógeno, donde las pérdidas de nutrientes sean reducidas y las importaciones capaces de suplir las necesidades del sistema. Por ello se considera que los sistemas silvopastoriles bien diseñados pueden presentar estas características. Por otro lado, las asociaciones estables de leguminosas herbáceas con gramíneas, como es el caso del *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*, también presentan la capacidad de fijar suficiente nitrógeno como para mantener el sistema (Torres, 1995).

2.3.2. Asociación de árboles leguminosos con pastos

La presencia de los árboles en los sistemas silvopastoriles genera una serie de interacciones con el suelo, la pastura y los animales, cuyos efectos dependen principalmente de las especies seleccionadas, de su arreglo espacial y del manejo aplicado (podas y raleos) (Bustamante y Romero, 1993). Los árboles modifican el balance energético, hídrico y de nutrientes del sistema, y esto se refleja en su producción total, en el rendimiento y calidad de la pastura y en la producción de los animales (Bronstein, 1984).

Los árboles en pastizales pueden tener diversas funciones como: sombra y abrigo para el ganado, especies forrajeras o mejoradoras del suelo; y en muchas ocasiones son preferidas por que cumplen más de una función (Ruiz, 1983). De esta forma, los sistemas silvopastoriles pueden desarrollarse en diversas modalidades: pastoreo en plantaciones forestales (maderables o frutales), asociaciones de árboles en potreros (maderables, frutales, fijadores de N, forrajero), utilización de cercas vivas y banco de proteína (Bustamante y Romero, 1993).

La fijación de nitrógeno tal vez sea la función más importante de los árboles leguminosos en asociación con pastos. En cierta medida estos son una alternativa a las leguminosas herbáceas, las cuales han sido poco adoptadas, debido a su inestabilidad en la mayoría de las asociaciones. En tal sentido, los árboles leguminosos representan un potencial para su asocio con pastos, con miras a suplir a la pastura con las cantidades de nitrógeno y de materia orgánica requeridas para mantener la producción y diversidad biológica de un sistema de este tipo.

El aporte de nitrógeno por los árboles leguminosos ha sido estudiado por diversos investigadores. Blair *et al.* (1990) en una revisión, citan producciones de nitrógeno en la biomasa cosechada de 195 a 848 kg/ha/año para *L. leucocephala*, de 76 a 195 kg/ha/año para *Sesbania grandiflora* y de 581 a 700 kg/ha/año para *G. sepium*. Bronstein (1984), estudiando el asocio de *Erythrina poeppigiana* con pasto estrella, encontró que a través de dos podas por año el árbol aportaba al suelo 185,6 kg/ha/año de N, aumentando la producción y calidad de la pastura.

En la asociación de pasturas con árboles leguminosos adquiere gran importancia la capacidad del árbol para transferir nitrógeno a la gramínea. Catchpole y Blair (1990b), en un experimento realizado en invernadero con la técnica de N¹⁵, encontraron que la transferencia directa de N a través de las raíces fue de solamente 9% del total de N cosechado en *L. leucocephala* y *G. sepium*. En otro trabajo, los mismos autores no encontraron diferencias en el contenido de N de pasturas en monocultivo y pasturas asociadas con árboles leguminosos, cuando se cosechaba toda la biomasa producida por el árbol (Catchpole y Blair, 1990a).

La mayoría de los trabajos coinciden en que la transferencia del nitrógeno fijado biológicamente por la leguminosa ocurre principalmente como resultado de la caída de hojas y posterior descomposición, o vía el pastoreo de los animales a través de la deposición de heces y orina (Blair *et al.*, 1990). En una asociación de pasto estrella con *E. poeppigiana* podada cada 6 meses, Alpizar (1989) cita un incremento de 105% en el total de N cosechado en la biomasa de la pastura, comparado con pasto solo. Así mismo, la suplementación de rumiantes con el forraje del árbol en comederos a través del sistema de corte y acarreo o utilizada en pastoreo en bancos de proteínas plantados en monocultivo, resulta en una transferencia del nitrógeno fijado biológicamente para el pasto, a través de la deposición de heces y orina en la pastura (Catchpole *et al.*, 1990c). En *G. sepium* y *Erythrina* sp. el 15% del nitrógeno total está ligado a la pared celular (Kass, 1992), y presenta baja digestibilidad en el tracto digestivo animal, incrementándose la cantidad de nitrógeno en las heces de animales suplementados por estas especies. El pastoreo de *L. leucocephala* en un banco de proteína con 25% del área total, incrementó en 37% el nitrógeno excretado por las heces (Quirk *et al.*, 1990). Para tres especies de *Acacia*, Reed *et al.* (1990) encontraron que el 70 a 89% del nitrógeno consumido por ovinos fue excretado en las heces; lo cual aparentemente estuvo relacionado con la baja digestibilidad del nitrógeno de estos materiales forrajeros debido la presencia de compuestos fenólicos (taninos).

Otro aspecto importante en la asociación de árboles leguminosos con pastos es la utilización del forraje en la alimentación de los animales, pues estas especies poseen contenidos de proteína cruda entre 12 y 30% (Norton, 1994a), capaz de suplementar el déficit proteico existente en la mayoría de los pastos tropicales, especialmente en los periodos de sequía (Blair *et al* 1990).

2.3.4. Ramoneo de árboles leguminosos forrajeros

En regiones tropicales densamente pobladas normalmente se utiliza el sistema de corte y acarreo para la alimentación de los animales con follaje de árboles; en otras áreas de menor presión poblacional o donde la tierra es inapropiada para cultivos, se utiliza el sistema de pastoreo (Blair *et al*, 1990).

Las ventajas del sistema de pastoreo sobre el de corte y acarreo son grandes. En general se necesita menor cantidad de mano de obra en el sistema de pastoreo y se promueve un mejor reciclaje de nutrientes, aumentando la transferencia del nitrógeno fijado biológicamente (Blair *et al* 1990). Los pastos utilizados en los sistemas de corte y acarreo, originan una rápida reducción de la fertilidad del suelo si el estiércol, orina y el follaje rechazado no son colectados y retornados a la pastura (Humphreys, 1978, citado por Blair *et al*, 1990).

En los sistemas naturales de pasturas (sabanas), los árboles son normalmente utilizados en ramoneo por los herbívoros. En África, el 75% de las leñosas perennes se ramonean y muchas de éstas son leguminosas (Skerman *et al*, 1991). En las regiones semiáridas y subtropicales, los árboles tienen un papel de reserva alimentaria, siendo utilizadas en ramoneo durante la estación de sequía (Gray, 1970).

El ramoneo de árboles leguminosos puede ser realizado en bancos de proteína, los cuales son sembrados en monocultivo con altas densidades (20.000 árboles/ha), los cuales se pastorean durante algunas horas del día; y en la mayoría de los casos son utilizados solamente en la época de sequía (Paterson *et al*, 1987).

También los árboles pueden ser sembrados en la pastura, en hileras con espaciamiento de 4-10 m. En Queensland, Australia, más de 20.000 ha fueron sembrados en este sistema en los últimos 10 años. Este sistema permite mantener una carga de 3-4 animales/ha, con ganancias de más de 1 kg/animal/día de peso vivo (Gutteridge y Shelton, 1994). Un récord de ganancia de peso

anual de 1.422 kg/ha, es citado por Jones (1994), con animales en pastoreo en pasturas irrigadas de leucaena/pangola, sembradas en un suelo aluvial de buena fertilidad.

Quirk *et al* (1988 y 1990) obtuvieron ganancias de peso de 90, 127 y 205 kg/animal/año, para pasturas nativas, pasturas nativas + 25% del área en banco de proteína y pasturas asociadas de leucaena con *Panicum maximum*, respectivamente. Foster y Blight (1983) citan un incremento de 83% en la ganancia de peso de animales con acceso a un banco de proteína de leucaena en comparación con animales alimentados solamente con pasturas nativas. Cardoso (1986) obtuvo con bovinos en engorde, ganancias diarias de 0,8 kg/animal en pasturas puras de *L. leucocephala*.

Suárez *et al* (1987) encontraron un incremento de 21% en la producción de leche de vacas que tuvieron acceso durante dos horas diarias a un banco de proteína de *L. leucocephala*. Así mismo, Jones (1994) cita incrementos de 2% a 33% en la producción de leche de vacas que tuvieron acceso a *L. leucocephala* como complemento al pastoreo de gramíneas.

2.3.4.1. Manejo del pastoreo

El manejo del pastoreo es la clave para la producción y persistencia de los árboles bajo pastoreo. Un pastoreo bien manejado puede mantener y/o incrementar la producción de biomasa comestible para los animales en estratos accesibles (< 2 m de altura). Así, en Queensland, Australia, parcelas de *L. leucocephala* pastoreadas por 16 a 20 años presentaron sobrevivencia promedio de 87% de la siembra inicial (Jones y Harrison, 1980). Igualmente, Jones y Jones (1982) señalan la persistencia de una pastura de leucaena + *Chloris gayana* pastoreada por 11 años, donde se obtuvieron ganancias de peso promedio de 311 kg/ha/año.

Para *L. leucocephala*, la especie arbórea más estudiada bajo pastoreo, hay dos maneras de manejar al pastoreo: a) Dejar crecer los árboles por arriba de la altura de ramoneo del ganado, los animales defolían las ramas bajas y consumen las nuevas plantulas (Jones, 1994), y el forraje disponible por encima de la altura de pastoreo se mantiene como reserva para la sequía (Shelton y Brewbaker, 1994), y b) Mantener las plantas dentro de la altura de pastoreo, con tallos y ramas no comestibles con aproximadamente 1,0 a 1,5 m de altura, y el ganado pastorea el material desarrollado de estos (Jones, 1994).

Según Ruiz *et al* (1988) en leucaena el inicio del pastoreo después de la siembra se debe hacer cuando las plantas alcanzan de 90-100 cm de altura. En los tres primeros años después de la

siembra, con el pastoreo hay incrementos en los rendimientos de biomasa comestible (Cooksley *et al*, 1988), requiriendo un manejo adecuado para no afectar el potencial productivo en los años subsecuentes. En esta especie se recomienda utilizar un sistema de pastoreo rotacional, con un período de descanso de 4-12 semanas, dependiendo de las condiciones de clima y suelo (Pound y Cairo, 1985; Parterson *et al*, 1987; Shelton y Brewbaker, 1994; Jones, 1994).

El ramoneo promueve ramificaciones, engrosamiento del tallo principal, y si es bien manejado promueve el desarrollo uniforme de las plantas (Shelton y Brewbaker, 1994). Plantas y ramas muy altas (> 2 m de altura) pueden ser dañadas por los animales (Paterson *et al*, 1987; Shelton y Brewbaker, 1994). Para mantener las plantas en altura de ramoneo es necesario realizar cortes de las ramas leñosas que están por arriba de la altura de cosecha de los animales (Jones, 1994). Por ello, en leucaena, se recomiendan una o dos podas por año (Pound y Cairo, 1985).

Muchos han sido los trabajos con leguminosas arbóreas que demuestran la capacidad de éstas para incrementar la producción animal en las regiones tropicales, sin embargo, se ha dado poca atención al manejo de la defoliación de estas especies, ocasionado en muchos casos su desaparición de la pastura o en otros casos el completo dominio del árbol sobre la pastura. Hasta el presente, la investigación en el manejo de los árboles forrajeros se ha enfocado preferentemente al sistema de corte y acarreo, con determinaciones de intervalos y altura de corte, densidad de siembra, métodos de establecimiento, etc. Por otro lado, el manejo del pastoreo (o ramoneo) aún es poco investigado, necesitándose determinar formas de manejo que aseguren la producción y la estabilidad de las especies arbóreas bajo pastoreo para así poder explotar el potencial de esas especies en la producción y la sostenibilidad de los sistemas ganaderos en los trópicos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización del área experimental

El estudio se desarrolló en la Finca de Ganadería del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicada en Turrialba, Costa Rica. El CATIE está localizado a 9° 53' de latitud norte y 83° 38' de longitud oeste. La altitud es de 602 msnm y la zona de vida es clasificada como Bosque Húmedo Premontano Tropical (Holdridge, 1978).

El clima se caracteriza por lluvias distribuidas a lo largo de todo el año, con un período de mínima precipitación entre los meses de enero y abril (Figura 1). La precipitación media anual es de 2607 mm, humedad relativa de 87,8% y la temperatura media anual de 21,7°C. El promedio de precipitación y de temperatura media mensual del año 1994 también se presenta en la Figura 1.

Los suelos son de origen aluvial, serie "Juray", orden Inceptisol, Suborden Tropepts; grupo Dystropepts (Aguirre, 1971). En el área experimental el suelo presenta las siguientes características químicas: pH=5,5; Ca=4,0 meq/100 ml; Mg=1,0 meq/100 ml; K=0,4 meq/100 ml y P=11 µg/ml.

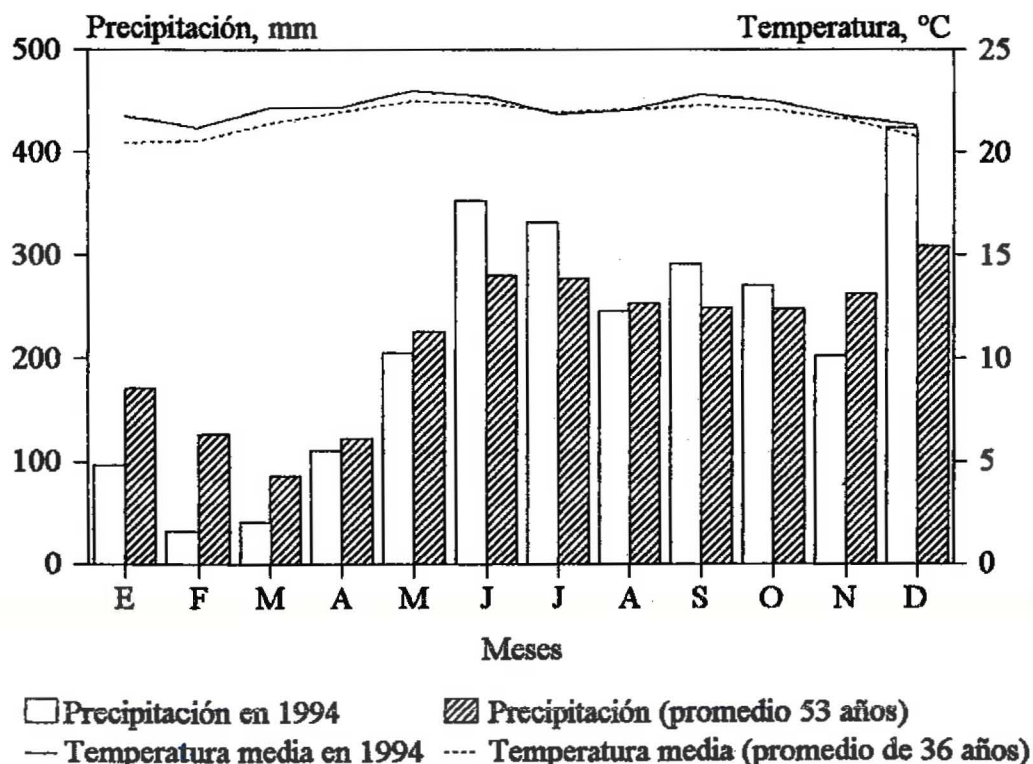


Figura 1. Precipitación mensual y temperatura media mensual en el CATIE, Turrialba, Costa Rica (Fuente: Estación CATIE).

3.2. Metodología para los análisis de laboratorio

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Fitoquímica del CATIE. Los análisis realizados y las metodologías utilizadas fueron los siguientes:

- Determinación del porcentaje de los constituyentes de la pared celular: método de Goering y Van Soest (1970).
- Determinación del porcentaje de proteína cruda: Micro-Kjeldahl (Bateman, 1970).
- Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) (Tilley y Terry, 1963; modificado por Kass y Rodríguez, 1987a).
- Proantocianidinas (Reed *et al.*, 1985).
- Cumarinas libres: espectrofotometría (Quiros, en preparación).

3.3. Metodología de los experimentos

3.3.1. Experimento 1: Efecto de la frecuencia e intensidad de la defoliación sobre la producción y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* en el trópico húmedo.

3.3.1.1. Antecedentes y manejo del área experimental

Se utilizó un banco de proteína de *G. sepium* con un área de 550 m², el cual había sido establecido en 1992, utilizando estacas provenientes de cercas vivas de la Región de San Carlos, Costa Rica. Las estacas fueron sembradas acostadas en hileras, con espaciamento de 1 m entre hileras. El manejo del banco antes del inicio de este ensayo fue por el sistema de corte y acarreo, con una altura de corte de 0,5 m.

Para localizar las parcelas y bloques dentro del área experimental se midieron los diámetros de todos los tallos y se identificó su localización en un croquis. Así, para cada bloque se marcaron parcelas con el mismo número de tallos y con tallos de diámetro semejante.

El 4 de enero de 1994 se realizó un corte de uniformización a 0,5 m de altura en todo el área experimental. El 15 de abril, cuando la mayoría de las plantas alcanzaron entre 1,5 y 1,6 m de altura, se realizó la defoliación inicial con la intensidad correspondiente para cada tratamiento (el

material cosechado en esta defoliación fue pesado y analizado en el laboratorio, pero no fue considerado en los análisis estadísticos del ensayo).

Durante la fase experimental se realizaron controles de malezas y podas de las plantas que estaban fuera de las parcelas, para evitar la competencia con las plantas en evaluación.

3.3.1.2. Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones y en parcelas divididas en el tiempo. Las parcelas grandes estuvieron definidas por los tratamientos resultantes de un factorial completo de tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (liviana \approx 33%, mediana \approx 66% y total = 100 % de hojas cosechadas) de defoliación manual, simulando el pastoreo; y las subparcelas (parcela pequeña) correspondieron a las evaluaciones. Se realizaron cuatro evaluaciones para la frecuencia de 50 días, tres evaluaciones para la frecuencia de 75 días y dos evaluaciones para la frecuencia de 100 días (Cuadro 2).

Cuadro 2. Arreglo de los tratamientos y fecha de la defoliación inicial y de las evaluaciones realizadas.

Tratamiento	Frecuencia (días)	Intensidad de defoliación	Defoliación inicial	Fecha de las evaluaciones			
				1°	2°	3°	4°
1	50	Total	15.04	04.06	24.07	12.09	01.11
2	75	Total	15.04	29.06	12.09	26.11	-
3	100	Total	15.04	24.07	01.11	-	-
4	50	Mediana	15.04	04.06	24.07	12.09	01.11
5	75	Mediana	15.04	29.06	12.09	26.11	-
6	100	Mediana	15.04	24.07	01.11	-	-
7	50	Liviana	15.04	04.06	24.07	12.09	01.11
8	75	Liviana	15.04	29.06	12.09	26.11	-
9	100	Liviana	15.04	24.07	01.11	-	-

Para la intensidad liviana de defoliación se cosechó la biomasa comestible (hojas + tallos tiernos) disponible en el tercio superior de cada tallo; para la intensidad mediana de defoliación la biomasa comestible disponible en los dos tercios superiores de cada tallo; y para la intensidad total de defoliación toda la biomasa comestible disponible (Figura 2). Las ramas leñosas no fueron podadas.

La dimensión de la parcela experimental fue de 3 m de ancho (3 hileras de plantas) y 4 m de largo, con una área total de 12 m², pero las mediciones fueron tomadas en un área útil de 3 m², formada por 3 m de la hilera central de plantas, y los bordes fueron formados por 1 hilera en cada lateral (1 m) y por 0,5 m en los extremos.

En este estudio se definió como tallos a los brotes originados de la estacas sembradas inicialmente, como ramas primarias a los rebrotes originados de los tallos, y como ramas secundarias a los rebrotes originados de las ramas primarias (Figura 3). También se consideró como rama primaria dominante y codominante las que en el momento de la defoliación inicial tuvieron por los menos 30 cm de largo.

3.3.1.3. Variables evaluadas

En cada evaluación fueron medidas las siguientes variables:

- a) **Producción de materia seca comestible:** De acuerdo con las intensidades de defoliación liviana, mediana y total, se cosecharon ≈33%, ≈66% y 100% del total de biomasa comestible presente en cada tallo, respectivamente (Figura 2). Cinco tallos representativos de cada parcela fueron marcados y la biomasa fresca cosechada fue pesada individualmente, para análisis de correlación con otras variables. El material cosechado de estos cinco tallos y de los demás tallos presentes en el área útil, después de pesados, fueron mezclados y se retiraron dos muestras, una fue secada a 65°C en horno con circulación de aire para determinación de la materia seca; y otra fue liofilizada para los análisis de laboratorio.
- b) **Número de tallos por parcela:** Se contaron los tallos vivos y muertos presentes en el área útil de cada parcela.
- c) **Altura de plantas:** En las plantas marcadas, en cada evaluación también se midió la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama más alta.

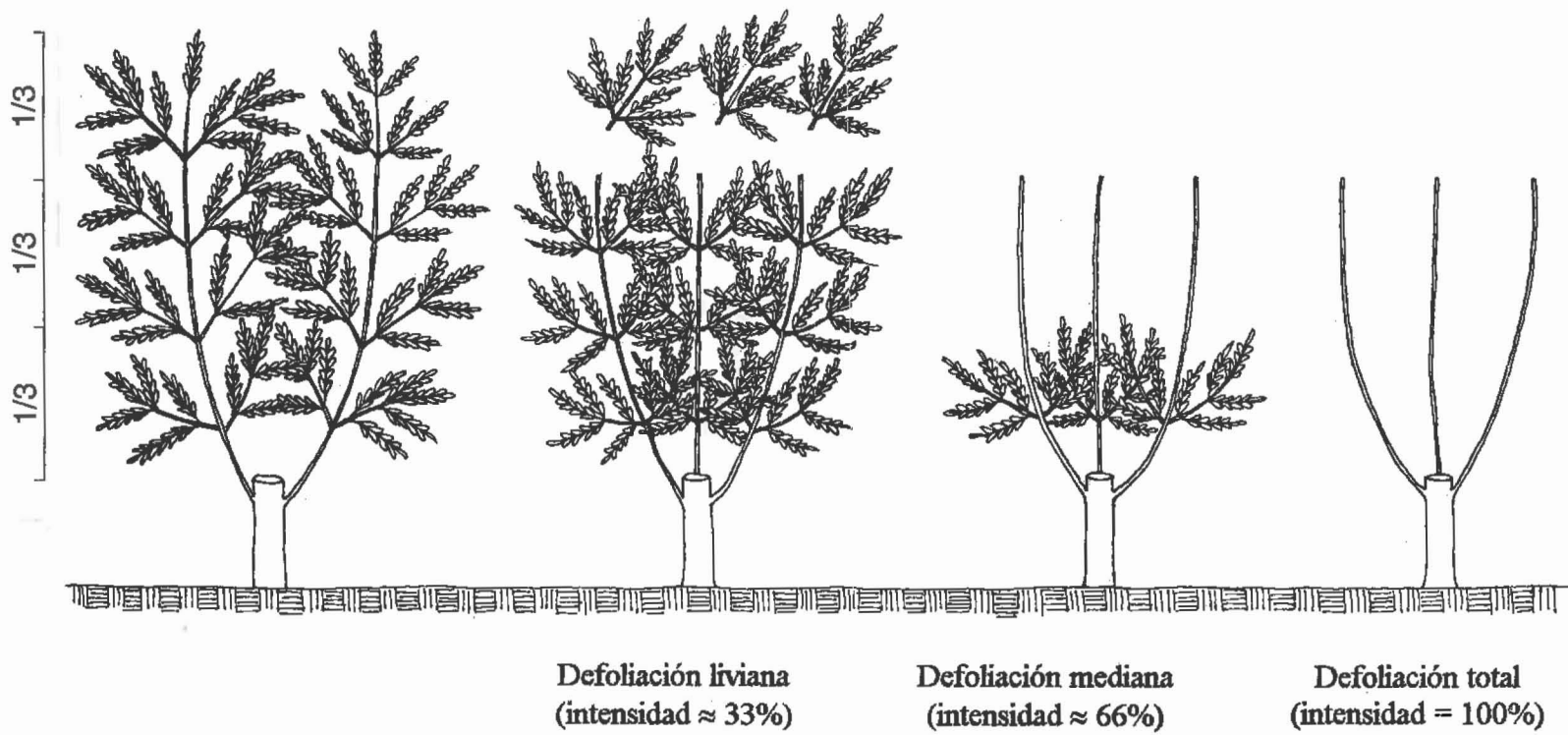


Figura 2. Representación de las proporciones de defoliaciones en las intensidades liviana, mediana y total.

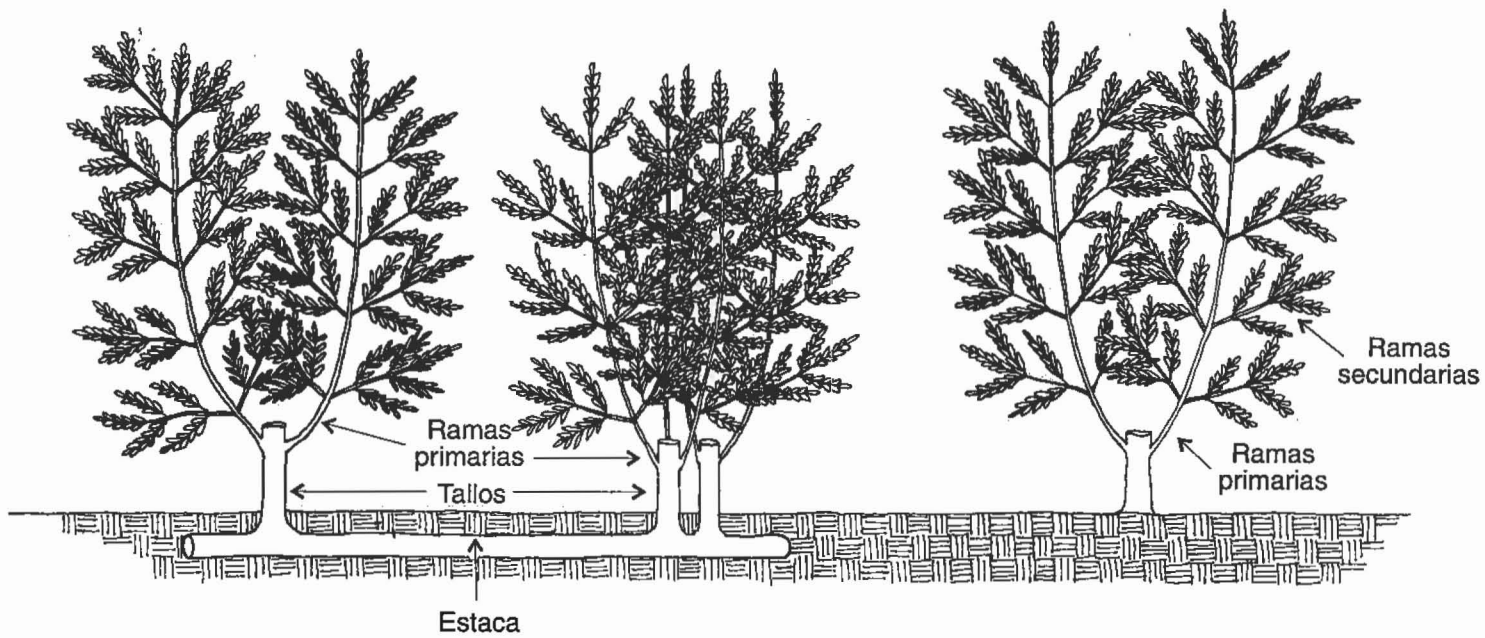


Figura 3. Representación del concepto de estacas, ramas primarias y ramas secundarias en plantas de *G. sepium*.

d) **Número de ramas primarias por tallo:** Se marcaron todas las ramas primarias dominantes y codominantes de los cinco tallos marcados y se contaron las ramas vivas y muertas en cada evaluación.

e) **Número de ramas secundarias:** Se identificó una rama primaria dominante en los cinco tallos marcados y allí se contaron las ramas secundarias vivas en cada evaluación.

f) **Diámetro basal de tallos:** En los tallos marcados, se tomaron dos medidas perpendiculares por tallo (DT1 y DT2) a 10 cm del suelo con un calibrador de vernier. El diámetro basal de tallo (mm) se estimó con la fórmula = $\sqrt{D1 \times D2}$

g) **Diámetro basal de la rama primaria:** En las ramas marcadas, en cada fecha de evaluación se midió el diámetro en la base de la rama con un calibrador de vernier.

h) **Valor nutritivo:** En las muestras liofilizadas se determinaron los contenidos de proteína cruda (%), fibra detergente neutro (%), fibra detergente ácido (%), celulosa (%), hemicelulosa (%), lignina (%), proantocianidina (AA-500/g), cumarina (mg/g) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) de acuerdo a los métodos citados en la sección 3.2.

3.3.1.4. Análisis de la información y modelos matemáticos

A partir de los datos tomados en el campo se calcularon las variables para los análisis estadísticos, utilizando las siguientes fórmulas:

- Producción total de materia seca para el período experimental de 200 días (PTMS200) =

Para las frecuencias de 50 y 100 días: \sum (produccion de cada evaluacion)

Para la frecuencia de 75 días: $\frac{\sum (\text{produccion de cada evaluacion})}{225} \times 200$

- Tasa de producción diaria de materia seca (TDP):

$$\text{- TPD (kg/ha/día)} = \frac{\text{Produccion en cada evaluacion}}{\text{Frecuencia de defoliacion}}$$

- Mortalidad de tallos por evaluación (MTE):

$$- \text{MTE (\%)} = \left(\frac{\text{Numero de tallos muertos}}{\text{Tallos vivos} + \text{tallos muertos}} \right) \times 100$$

- Mortalidad total de tallos (MTT):

$$- \text{MTT (\%)} = \left(\frac{\text{Numero total de tallos muertos en todas las evaluaciones}}{\text{Tallos vivos en la defoliacion inicial}} \right) \times 100$$

- Mortalidad de ramas primarias por evaluación (MRPE):

$$- \text{MRPE (\%)} = \left(\frac{\text{Numero de ramas muertas}}{\text{Ramas muertas} + \text{Ramas vivas}} \right) \times 100$$

- Mortalidad total de ramas primarias (MTRP):

$$- \text{MTRP (\%)} = \left(\frac{\text{Numero total de ramas muertas en todas las evaluaciones}}{\text{Ramas en la defoliacion inicial}} \right) \times 100$$

- Incremento del diámetro de tallos por evaluación (IDTE):

$$- \text{IDTE (mm)} = \text{Diámetro basal de tallo de la evaluación } i - \text{Diámetro basal de tallo de la evaluación } i-1$$

- Incremento total del diámetro de tallo (ITDT):

$$- \text{ITDT (mm)} = \text{Diámetro de tallo en la evaluación final} - \text{Diámetro de tallo en la defoliación inicial.}$$

- Incremento del diámetro de ramas por evaluación (IDRE)

$$- \text{IDRE (mm)} = \text{Diámetro de rama de la evaluación } i - \text{Diámetro de rama de la evaluación } i-1$$

- Incremento total del diámetro de ramas (ITDR).

$$- \text{ITDR (mm)} = \text{Diámetro de rama en la evaluación final} - \text{Diámetro de rama en la defoliación inicial.}$$

Para el análisis estadístico se utilizaron los siguientes modelos aditivos:

a) La producción total de materia seca para el período experimental de 200 días (PTMS200) fue analizada por el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + T_j + e_{ij}$$

Y_{ij} = Variable respuesta de PTMS200.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento.

e_{ij} = Error experimental.

b) Para las variables tasa de producción diaria (TDP), mortalidad de tallos por evaluación (MTE), altura de las plantas en las evaluaciones (APE), ramas primarias por tallo en cada evaluación (RPE), mortalidad de ramas primarias por evaluación (MRPE), incremento del diámetro de tallos por evaluación (IDTE), incremento del diámetro de ramas por evaluación (IDRE), número de ramas secundarias por evaluación (NRSE) y las variables de valor nutritivo (Fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, celulosa, hemicelulosa, lignina, proteína cruda, DIVMS, proantocianidina y cumarina) se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + F_j + I_k + (FI)_{jk} + e(a)_{ijk} + (E(F))_{ji} + (E(I))_{ki} + (E(FI))_{jki} + e(b)_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Variables.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

F_j = Efecto de la j -ésima frecuencia.

I_k = Efecto de la k -ésima intensidad.

$(FI)_{jk}$ = Efecto de la interacción frecuencia x intensidad.

$e(a)_{ijk}$ = Error tipo a (parcela grande).

$(E(F))_{ji}$ = Efecto de la evaluación dentro de frecuencia.

$(E(I))_{ki}$ = Efecto de la evaluación dentro de intensidad.

$(E(FI))_{jki}$ = Efecto de la evaluación dentro de la interacción frecuencia x intensidad.

$e(b)_{ijkl}$ = Error experimental

Para la variable tasa de producción diaria los efectos de frecuencia F_j y de la interacción frecuencia x intensidad $(FI)_{jk}$ fueron combinados para el análisis de los efectos simples, siendo analizados los efectos lineal y cuadrático de las intensidades de defoliación dentro de frecuencia (Steel y Torrie, 1988).

c) Para las variables mortalidad total de tallos(MTT), altura de las plantas al final del experimento (APF), número de ramas primarias por tallo en la evaluación final (RPF), mortalidad total de ramas primarias (MRPT), número de ramas secundarias en la primera evaluación de cada tratamiento (NRSP), incremento total del diámetro de tallo (ITDT) e incremento total del diámetro de ramas (ITDR) el modelo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + F_j + I_k + (FI)_{jk} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variables respuestas arriba citada.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

F_j = Efecto de la j-ésima frecuencia.

I_k = Efecto de la k-ésima intensidad.

$(FI)_{jk}$ = Efecto de la interacción frecuencia x intensidad.

e_{ijk} = Error experimental.

Para las variables mortalidad total de tallos(MTT), altura de las plantas al final del experimento (APF), número de ramas primarias por tallo en la evaluación final (RPF), mortalidad total de ramas primarias (MRPT) y número de ramas secundarias en la primera evaluación de cada tratamiento (NRSP) los efectos de frecuencia F_j y de la interacción frecuencia x intensidad $(FI)_{jk}$ fueron combinados para el análisis de los efectos simples, siendo analizados los efectos lineal y cuadrático de las intensidades de defoliación dentro de frecuencia (Steel y Torrie, 1988). Para las variables incremento total del diámetro de tallo (ITDT) e incremento total del diámetro de ramas (ITDR) fueron realizadas pruebas de contrastes ortogonales lineal y cuadrático para los efectos principales (frecuencia y intensidad).

Los análisis estadísticos se realizaron por el procedimiento de Análisis de Varianza, y las medias de los tratamientos fueron comparadas por las pruebas de Tukey y Duncan (Steel y Torrie, 1988). Cuando los efectos lineales resultaron significativos, entonces se realizaron análisis de

regresión con base en el modelo $y = a + bx$, donde “y” es la variable respuesta y “x” la frecuencia o la intensidad de defoliación. También se realizaron correlaciones entre la producción de biomasa comestible por tallos y las variables dasométricas (altura de plantas, diámetro de tallo y rama, incremento del diámetro de tallo y de rama, número de ramas primarias y secundarias). En todos los análisis se utilizó el paquete computacional SAS (1985).

3.3.2. Experimento 2: Efecto de la intensidad del pastoreo sobre la producción y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* en el trópico húmedo.

3.3.2.1. Antecedentes y manejo del área experimental

Se utilizó un banco de proteína de *G. sepium* con un área de 2200 m², el cual había sido establecido en 1991, utilizando estacas provenientes de cercas vivas de la Finca de Ganadería del CATIE. Las estacas fueron sembradas acostadas en hileras, con espaciamento de 1,7 m entre hileras. El manejo del banco antes del inicio de este ensayo fue por el sistema de corte y acarreo, con una altura de corte de 0,5 m. Antes del inicio del ensayo habían en promedio 2,2 ($\pm 0,8$) tallos por metro lineal, con un diámetro promedio de 45,8 mm ($\pm 17,6$ mm).

El 15 de enero de 1994 se realizó un corte de uniformización a 0,5 m de altura en toda el área experimental. Luego, el 28 de abril, cuando la mayoría de las plantas habían alcanzado entre 1,5 y 1,6 m de altura, se inició el pastoreo. Durante toda la fase experimental fueron realizados controles de malezas con aplicación de herbicidas (paraquat y glifosato).

3.3.2.2. Tratamientos y diseño experimental

La metodología utilizada fue la de pequeñas parcelas, recomendada por Paladines y Lascano (1983) para la evaluación del efecto de la defoliación causadas por animales a las plantas. En esta metodología los animales son utilizados solamente como cosechadores de biomasa, permanecen en el área experimental durante cortos períodos de tiempo, y no se realizan mediciones de la respuesta animal.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con dos repeticiones y con parcelas divididas en el tiempo. Los tratamientos en la parcela grande fueron las tres intensidades de pastoreo (Alta, Media y Baja) y en la subparcela cuatro ciclos de pastoreo. Las cargas animales de 63, 42 y 21 UA·día/ha definieron las intensidades alta, media y baja, respectivamente. El tamaño de las parcelas estuvo definidos por las intensidades de pastoreo, siendo de 200, 300 y 600 m², para las intensidades alta, media y baja, respectivamente.

Las intensidades de pastoreo fueron calculadas según la fórmula, adaptada de Gastó (1983):

$$v = \frac{w_i \times t}{A}$$

Donde: v = intensidad de pastoreo.

w_i = suma del peso vivo individual de los animales, expresada en Unidad Animal (UA = 400 kg de peso vivo).

t = tiempo de pastoreo en cada ciclo, expresado en días.

A = área de la parcela, expresado en ha

3.3.2.3. Manejo del pastoreo

El pastoreo en cada parcela fue realizado por cinco vacas secas Jersey x Criollo con peso promedio de 403 kg. El manejo del pastoreo fue en forma de banco de proteína, donde los animales permanecían dos horas por día en las parcelas de *G. sepium*, y el resto del día en un potrero de pasto estrella degradado, en el cual dominaba el pasto natural (*Paspalum* spp.). Cada parcela fue utilizada por tres días (dos horas por día) con un período de descanso de 57 días. Durante el período experimental cubierto por el presente estudio se realizaron cuatro ciclos de pastoreo.

Para el acostumbramiento de los animales al consumo de *G. sepium* y al manejo del ensayo, antes de cada ciclo los animales permanecieron por cinco días bajo un sistema manejo idéntico al del ensayo en un potrero de *G. sepium* con 1.000 m². En cada ciclo se utilizaron 10 vacas, divididas en dos grupos con pesos semejantes, que realizaron el pastoreo en cada bloque.

Al final del segundo y cuarto ciclos de pastoreo las plantas con más de 2 m de altura fueron podadas a 1,0 m, para favorecer la producción de biomasa comestible en el estrato accesible a los animales.

3.3.2.4. Variables evaluadas

En cada ciclo de pastoreo se midieron las siguientes variables:

a) **Producción de biomasa:** Antes y después de cada ciclo de pastoreo se tomaron muestras de 1 m lineal para determinar la disponibilidad de biomasa. Las muestras fueron aleatorizadas de tal manera que cada punto de muestreo solamente fue cosechado una vez a lo largo del ensayo y para su aleatorización se utilizó una regla de madera de 4 m de largo con 1 m marcado (área de muestreo). El número de muestras colectada antes y después de cada ciclo de pastoreo fue de 5, 7 y 14 muestras para los parcelas de 200, 300 y 600 m², respectivamente. En cada muestra se midieron las siguientes variables:

- **Disponibilidad de biomasa comestible:** Antes del pastoreo se cosechó la biomasa comestible (hojas y tallos tiernos) presente por debajo de los 2 m de altura. Se registraron los pesos de la biomasa fresca total en cada muestra, luego se juntaron las muestras de cada parcela y se tomaron dos submuestras compuestas; una para secado al horno (determinación de la materia seca a 65°C) y otra para liofilización (análisis de laboratorio).

- **Biomasa comestible residual:** Una vez finalizado el pastoreo se cosechó en cada muestra la biomasa comestible presente hasta una altura de 2 m. Se registró el peso de la biomasa fresca total de cada muestra, luego se juntaron las muestras de cada parcela y se tomaron dos submuestras; una para secado al horno (determinación de la materia seca a 65°C) y otra para liofilización (análisis de laboratorio).

- **Biomasa no disponible:** Después del pastoreo, en los mismos puntos de muestreo de la variable biomasa comestible residual, se cosechó la biomasa total (hojas, tallos tiernos y leñosos) presente por encima de los 2 m de altura. Se pesaron separadamente las muestras cosechadas en cada parcela y luego se juntaron todas para tomar una submuestra para la determinación de materia seca.

b) **Altura de plantas:** Al inicio del ensayo se seleccionaron aleatoriamente 30, 45 y 90 tallos, respectivamente para los parcelas de 200, 300 y 600 m², para realizar en ellos evaluaciones no destructivas, en cada ciclo de pastoreo. Antes de cada ciclo de pastoreo se midió la altura de los tallos marcados desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama más alta.

c) Número de ramas primarias: Al inicio del ensayo, en los tallos identificados en el ítem (b), se marcaron todas las ramas primarias dominantes y codominantes. Antes de cada ciclo de pastoreo se contaron las ramas primarias marcadas vivas y muertas, y las ramas dominantes y codominantes reclutadas.

d) Número de ramas secundarias: En los tallos identificados en el ítem (b), también se marcó una rama primaria dominante (marcación diferente del ítem c) por tallo, y antes de cada ciclo de pastoreo se contaron las ramas secundarias vivas.

e) Diámetro basal del tallo: Antes de cada ciclo de pastoreo, en los tallos identificados en el ítem (b), a 10 cm del suelo, se tomaron dos medidas perpendiculares entre sí del diámetro, utilizando un calibrador de vernier (D1 y D2), y se estimó el promedio de diámetro basal del tallo (mm) como $\sqrt{D1 \times D2}$.

f) Diámetro basal de la rama primaria: Antes de cada ciclo de pastoreo, en las ramas primarias identificadas en el ítem (d), se midió el diámetro en la base de la rama con un calibrador de vernier.

g) Ramas primarias dañadas por los animales: Después de cada ciclo de pastoreo, en los tallos identificados en el ítem (b), se contaron las ramas primarias quebradas y tumbadas.

h) Grado de ramoneo: Después de cada ciclo de pastoreo, los tallos identificados en el ítem (b), fueron evaluados en cuanto el grado de ramoneo, en las siguientes categorías:

FT - Fuertemente ramoneadas: plantas con más de 80% de las hojas ramoneadas.

ME - Medianamente ramoneadas: plantas con 40 a 80% de las hojas ramoneadas.

MO - Moderadamente ramoneadas: plantas con 10 a 40% de las hojas ramoneadas.

LE - Levemente ramoneadas: plantas con menos de 10% de las hojas ramoneadas.

i) Calidad nutritiva: En las muestras liofilizadas se hicieron las siguientes determinaciones: Proteína cruda (%), fibra detergente neutro (%), fibra detergente ácido (%), celulosa (%), hemicelulosa (%), lignina (%), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%), proantocianidina (AA-550/g) y cumarina (mg/g), de acuerdo con los métodos citados en la sección 3.2.

3.3.2.5. Análisis de la información y modelos matemáticos

A partir de los datos tomados en el campo se calcularon las variables para los análisis estadísticos, utilizando las siguientes fórmulas:

- Consumo de materia seca (kg/100 kg de peso vivo) =

$$\frac{(\text{Disponibilidad de biomasa comestible} - \text{Biomasa comestible residual})}{\text{Peso total de los animales}} \times 100$$

- Consumo diario de proteína cruda (g/animal/día) =

Se calculó con base en el contenido de proteína del forraje en oferta y el de la materia seca residual.

- Porcentaje de utilización (% de defoliación) de la biomasa comestible en el estrato accesible =

$$\frac{\text{Biomasa consumida}}{\text{Disponibilidad de biomasa comestible}} \times 100$$

- Producción total de materia seca (kg/ha) =

$$\text{Disponibilidad de biomasa comestible} + \text{Biomasa no disponible}$$

- Mortalidad de ramas primarias (MRP), para los tres últimos ciclos de pastoreo:

$$- \text{MRP} (\%) = \frac{\text{Ramas primarias muertas}}{\text{Ramas primarias muertas} + \text{Ramas primarias vivas}} \times 100$$

- Porcentaje de ramas primarias dañadas por el pastoreo (PRD):

$$- \text{PRD} (\%) = \frac{\text{Ramas primarias dañadas}}{\text{Ramas primarias vivas (incluyendo las dañadas)}} \times 100$$

Para las variables número de ramas primarias vivas y reclutadas por tallo y número de ramas secundarias el análisis de varianza fue realizado con los datos transformados por $\sqrt{x + 0,5}$, y las variables mortalidad de ramas primarias y porcentaje de ramas primarias dañadas fueron transformadas por $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$ (Pimentel Gomes, 1984).

En el análisis estadístico se utilizaron los siguientes modelos aditivos:

a) Para las variables de calidad nutritiva, producción total de materia seca, consumo de materia seca y proteína cruda fue utilizado el siguiente modelo aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + I_j + e(a)_{ij} + C_k + (CI)_{jk} + e(b)_{ijk}$$

Y_{ijk} = Para las variables respuestas arriba citadas.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

I_j = Efecto de la j -ésima intensidad de pastoreo.

$e(a)_{ij}$ = Error tipo a (Parcela grande).

C_k = Efecto del k -ésimo ciclo de pastoreo.

$(CI)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre ciclo y intensidad de pastoreo.

$e(b)_{ijk}$ = Error experimental.

b) Para las variables disponibilidad de biomasa comestible; biomasa comestible residual, altura de las plantas, número de ramas primarias vivas y reclutadas por tallo, mortalidad de ramas primarias, número de ramas secundarias, diámetro basal de tallo, diámetro basal de rama primaria y porcentaje de ramas primarias dañadas se utilizó el siguiente modelo aditivo:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + I_j + e(a)_{ij} + C_k + (CI)_{jk} + e(b)_{ijk} + e(c)_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = Para las variables respuestas arriba citadas.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

I_j = Efecto de la j -ésima intensidad de pastoreo.

$e(a)_{ij}$ = Error tipo a (Parcela grande).

C_k = Efecto del k -ésimo ciclo de pastoreo.

$(CI)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre ciclo e intensidad de pastoreo.

$e(b)_{ijk}$ = Error experimental.

$e(c)_{ijkl}$ = Error de muestreo.

Para las variables disponibilidad de biomasa comestible; biomasa comestible residual, número de ramas primarias vivas por tallo, mortalidad de ramas primarias, número de ramas secundarias, diámetro basal de tallo y diámetro basal de rama primaria la prueba F entre el error experimental y el error de muestreo fue <1 (no significativo), entonces se combinó los dos errores (experimental y de muestreo), de acuerdo a la recomendación de Steel y Torrie (1988), y se obtuvo un nuevo error para probar los efectos de ciclos de pastoreo y de la interacción entre ciclo e intensidad de pastoreo.

Para el grado de ramoneo fue realizado un análisis de frecuencia porcentual en las categorías evaluadas, para las intensidades de pastoreo alta, media y baja.

En las comparaciones múltiples de medias (prueba de Tukey) de las intensidades alta, media y baja en un mismo ciclo de pastoreo (subparcela) se utilizó el procedimiento recomendado por Pimentel Gomes (1985), en que se realiza un promedio ponderado de los errores a y b, y una estimación de los grados de libertad por la fórmula de Satterthwaite:

$$\text{Error ponderado} = \sqrt{\frac{(b-1)E_b + E_a}{b}}$$

$$\text{Grados de libertad} = \frac{[E_a + (b-1)E_b]^2}{\frac{E_a^2}{n_a} + \frac{(b-1)^2 E_b^2}{n_b}}$$

Donde: E_b = Error experimental (tipo b).

E_a = Error tipo a (Parcela grande).

b = Número de ciclos de pastoreo

n_a = Número de grados de libertad del Error tipo a.

n_b = Número de grados de libertad del Error experimental (tipo b).

Los análisis estadísticos se realizaron por el procedimiento de Análisis de Varianza (SAS, 1985), y las comparaciones de medias por la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Experimento 1: Efecto de la frecuencia e intensidad de la defoliación sobre la producción y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* en el trópico húmedo.

4.1.1. Producción total de materia seca comestible

Los tratamientos que presentaron mayores producciones ($P < 0,05$) de materia seca comestible alcanzaron totales entre 7,4 y 8,9 tm/ha para un período de 200 días (Figura 4). Estas producciones equivalen a valores entre 13,5 y 16,3 tm/ha/año de materia seca comestible, siendo superior a la mayoría de las producciones citadas para *G. sepium* en regiones de clima tropical húmedo (Wong y Sharudin, 1986; CATIE, 1989; Catchpoole y Blair, 1990; Cobbina *et al*, 1990; Blair *et al*, 1990), e inferior a las 20 tm/ha/año de materia seca comestible obtenida por Sriskandarajah (1987), realizando cortes cada tres meses. Los mayores rendimientos de materia seca comestible para la frecuencia de 50 días se consiguieron con la intensidad liviana, para la frecuencia de 75 días con la intensidad mediana y para la frecuencia de 100 días con la intensidad total (Figura 4). Estas diferencias indican la importancia del manejo y de la interacción entre la intensidad y la frecuencia de la defoliación en la producción de materia seca comestible de esta leguminosa.

Los rendimientos de materia seca comestible obtenidos a los 100 días de rebrote en la defoliación inicial de los tratamientos con defoliación total fue en promedio 2750 kg/ha, mientras que en la primera evaluación del tratamiento con defoliación total alcanzó 3873 kg/ha (Cuadro 2A). Esta diferencia posiblemente es debido que el rebrote de la primera evaluación estuvo bajo efecto de mayores precipitaciones (Figura 1) y de la manutención en las plantas defoliadas de *G. sepium* ramas con yemas nuevas (más activas). La producción de la defoliación inicial estuvo bajo el efecto del corte de uniformización a 0,5 m de altura realizado el 4 de enero, donde se retiró totalmente las ramas nuevas, permaneciendo solamente los tallos; mientras que la producción de la primera evaluación estuvo bajo el efecto de la defoliación inicial realizada el 15 de abril, donde se mantuvo en las plantas las ramas nuevas (con yemas más activas). A pesar de que estas evaluaciones se realizaron en períodos distintos y por lo tanto bajo diferentes condiciones ambientales, fue evidente la contribución de la mayor disponibilidad de yemas en el número de

rebrotos y en la rapidez con que aparecieron los nuevos brotes. En este ensayo se observó que el rebrote en la defoliación inicial surgió unos tres a cinco días después de la deshoja, con un promedio de 60 rebrotos por planta, mientras que después del corte de uniformización, los primeros rebrotos aparecieron solamente a los 15 a 20 días después del corte, con un promedio de 7,2 brotes por planta.

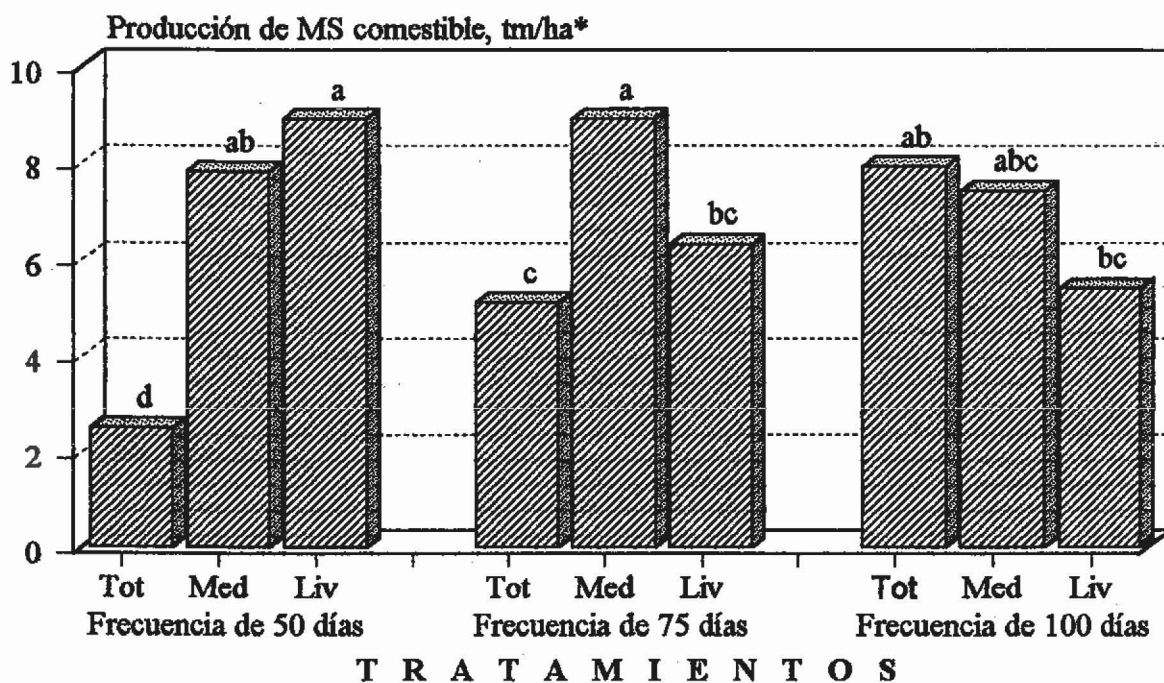


Figura 4. Producción de materia seca comestible de *G. sepium* en un periodo de 200 días bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.

* Tratamientos con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

4.1.2. Tasa de producción diaria de materia seca comestible

Hubo interacción significativa entre la frecuencia e intensidad de defoliación para la tasa de producción diaria de materia seca, siendo necesario analizar el efecto de las intensidades (total, mediana y liviana) dentro de las frecuencias de defoliación (Cuadro 1A).

La tasa de producción diaria en la defoliación total se incrementó linealmente ($P = 0,0003$) con el aumento del intervalo de corte ($y = -14,3 + 0,546 x$; $r^2 = 0,99$), pasando de 12,7 kg de

MS/ha/día a 39,5 kg de MS/ha/día, para las frecuencias de defoliación de 50 y 100 días, respectivamente (Figura 5).

En la defoliación mediana (intensidad \approx 66%) no se detectaron diferencias entre las tres frecuencias en estudio, pero la tasa de producción diaria de materia seca tendió a ser mayor con la frecuencia de 75 días, la cual alcanzó 44,7 kg de MS/ha/día (Figura 5).

En la defoliación liviana (intensidad \approx 33%) la tasa de producción diaria se redujo linealmente ($P=0,006$) con el aumento del intervalo de defoliación ($y = 60,8 - 0,352 x$; $r^2=0,94$), siendo de 44,5 kg de MS/ha/día para la frecuencia de 50 días, y disminuyó hasta 26,9 kg de MS/ha/día para la frecuencia de 100 días entre defoliaciones (Figura 5).

Con el paso del tiempo se observaron disminuciones significativas ($P<0,05$) en la tasa de producción diaria de materia seca comestible para las intensidades de defoliación total y mediana en la frecuencias de 50 días (Figura 6) y para la intensidad total en la frecuencia de 75 días (Figura 7). En contraste, con el tiempo se incrementó la tasa de producción diaria cuando la *G. sepium* fue sometida a una defoliación de intensidad mediana, para las frecuencias de 75 y 100 días (Figuras 7 y 8). Para el resto de las interacciones intensidad x frecuencia, no hubieron variaciones importantes en la tasa de crecimiento con el tiempo.

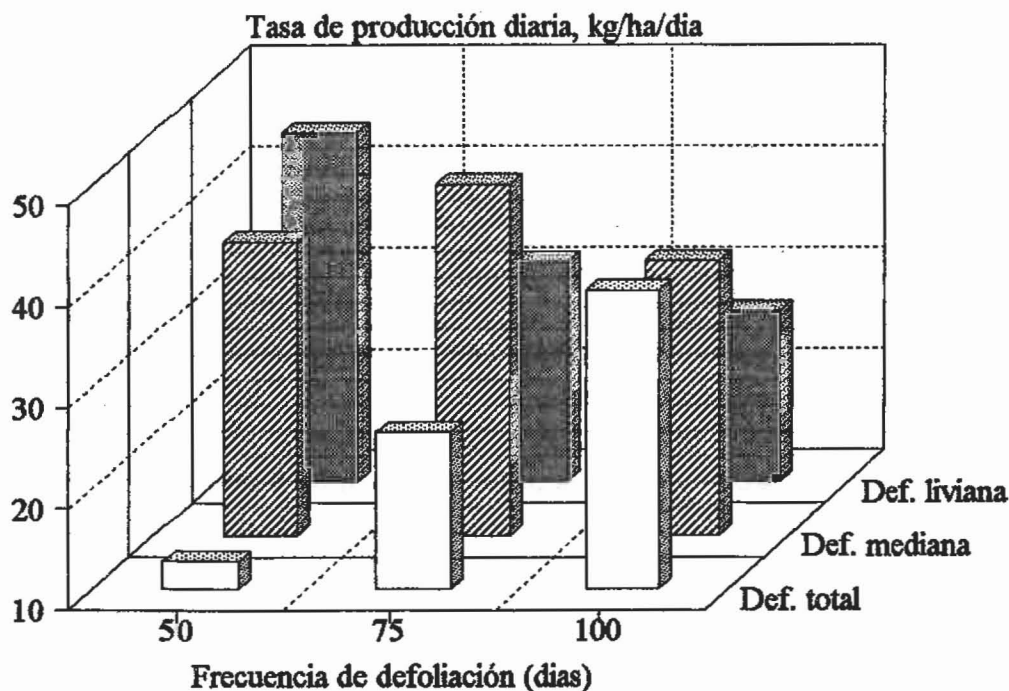


Figura 5. Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg./ha/día) de *G. sepium* bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.

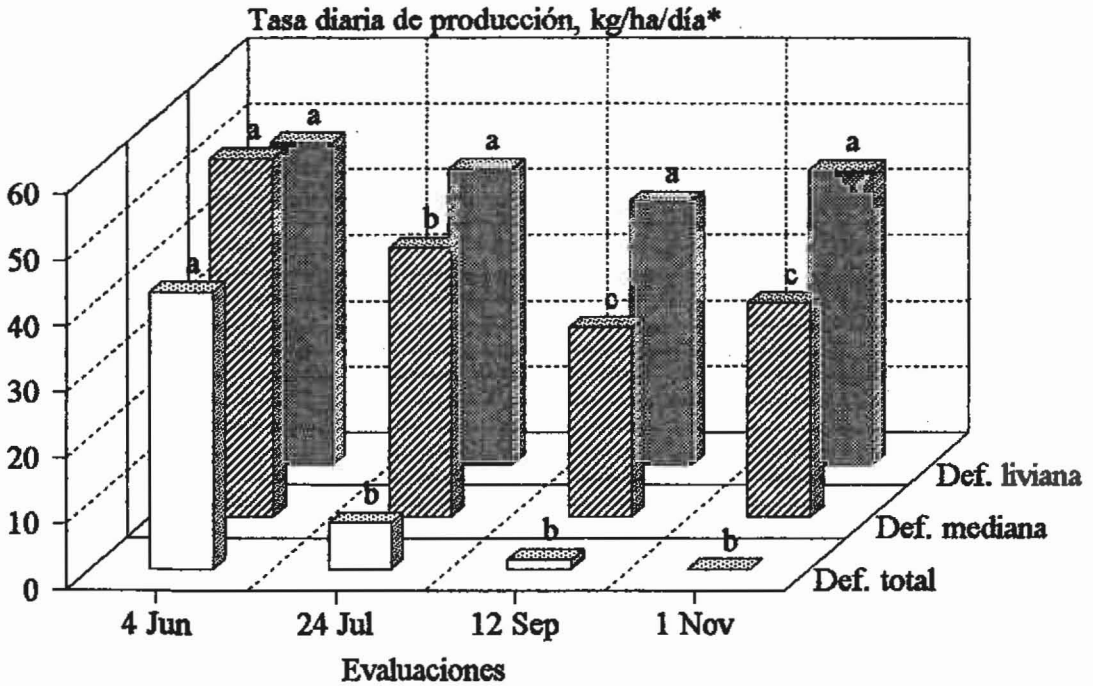


Figura 6. Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg/ha/día) de *G. sepium* en el transcurso de las evaluaciones bajo la frecuencia de 50 días y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.

* Letras iguales para la misma intensidad de defoliación no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

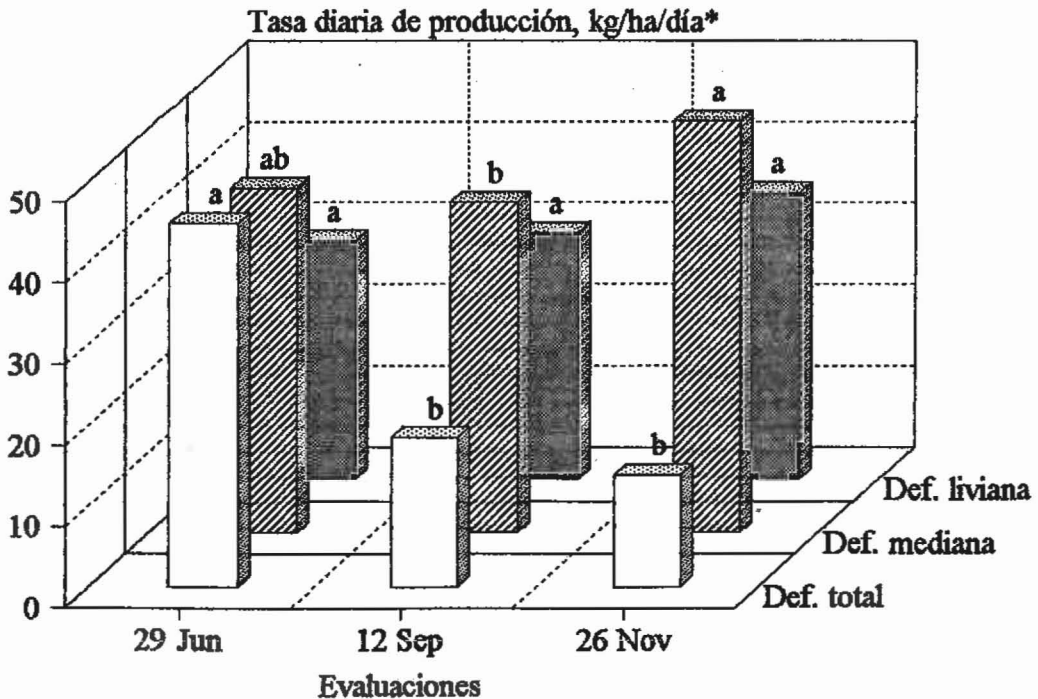


Figura 7. Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg/ha/día) de *G. sepium* en el transcurso de las evaluaciones bajo la frecuencia de 75 días y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.

* Letras iguales para la misma intensidad de defoliación no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

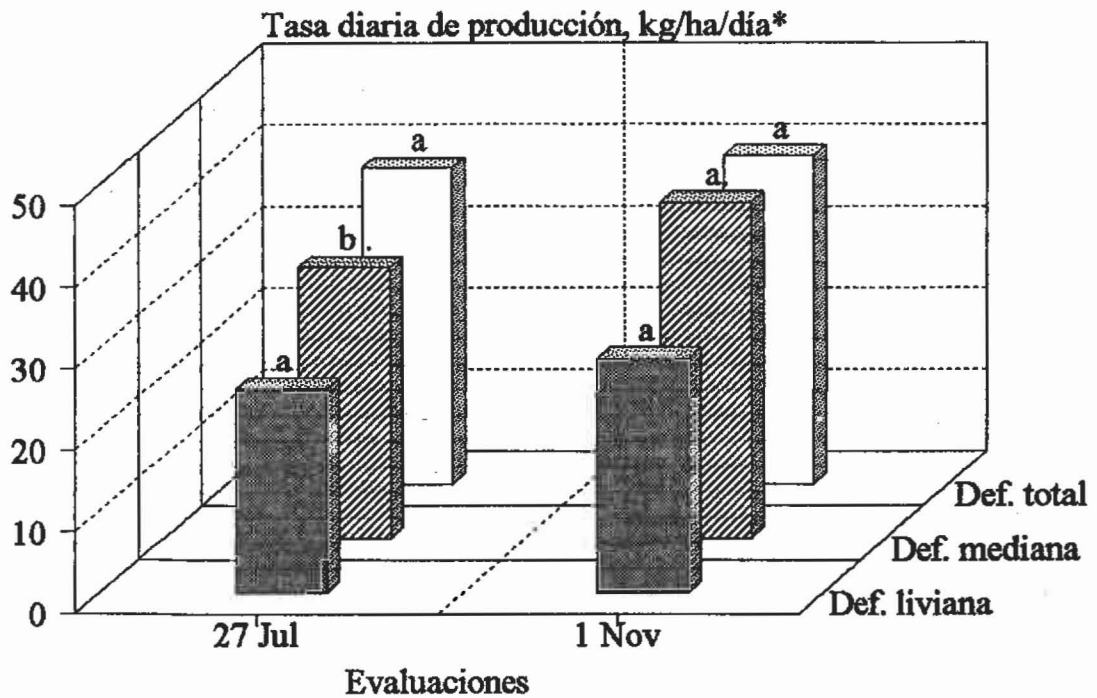


Figura 8. Tasa de producción diaria de materia seca comestible (kg/ha/día) de *G. sepium* en el transcurso de las evaluaciones bajo la frecuencia de 100 días y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.

* Letras iguales para la misma intensidad de defoliación no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

La disminución de la producción de materia seca observada en la defoliación total para las frecuencias de 50 y 75 días se debe posiblemente a la reducción de las reservas en las plantas, por efecto de repetidas defoliaciones (Weinmann, 1957). La defoliación frecuente y total tiene efectos depresivos sobre la producción de biomasa y sobre la sobrevivencia de las plantas de *G. sepium*, debido al agotamiento de las reservas de la planta (Adejumo y Ademosun, 1985; Wong y Sharudin, 1986; Ezenwa *et al*, 1990).

Debe anotarse que cuando se aplica una defoliación total, las reservas son la única fuente de energía de las plantas, tanto para la respiración de los tejidos vivos (tallos, ramas y raíces) como para la emisión de los rebrotes, por lo que ocurre inicialmente un balance negativo de carbono, el cual se prolonga hasta que la actividad fotosintética de las nuevas hojas sea capaz de sostener el crecimiento y la respiración (Richards, 1993; Stür *et al*, 1994). Por ello, cuando se aplica una defoliación total se requieren intervalos más largos entre defoliaciones, para recuperar las reservas de las plantas gastadas en el rebrote (Stür *et al*, 1994).

Los resultados obtenidos sugieren que cuando el intervalo entre cortes es de 100 días la planta puede tolerar un manejo de defoliación total, pues en ese tiempo la *G. sepium* es capaz de acumular carbohidratos y otras reservas para sostener los rebrotes. En cambio, mantener un residuo foliar luego de la defoliación adquiere mayor importancia cuando los intervalos entre defoliaciones son cortos. Este efecto se puede observar al comparar las producciones de biomasa de las tres intensidades de defoliación de este estudio en la frecuencia de 50 días (Figura 6) y en la frecuencia de 75 días (Figura 7). Con estas frecuencias ocurrió una drástica reducción en la tasa de producción diaria de materia seca cuando la defoliación fue total, mientras que cuando se conservó un área foliar residual las tasas de crecimiento se mantuvieron relativamente constantes en el tiempo. La presencia de follaje residual, por su contribución fotosintética, puede sostener el nuevo rebrote y la respiración de los tejidos, requiriendo un menor tiempo para que la planta alcance la fase de máxima producción y con esto aumente la producción de materia seca comestible (Stür *et al*, 1994).

Por otro lado, cuando se distanciaron los cortes (100 días), el residuo foliar remanente tuvo un efecto negativo sobre la producción de materia seca comestible de *G. sepium* (Figura 5); posiblemente en ese caso las plantas alcanzaron rápidamente la tercera fase de crecimiento, en la cual la mayor parte de los recursos se destinan a la producción de tejido leñoso (Stür *et al*, 1994). En este trabajo, el efecto depresivo del área foliar residual sobre la producción de materia seca comestible se manifestó para las frecuencias de 75 y 100 días con una intensidad liviana y para la frecuencia de 100 días con intensidad mediana de defoliación (Figura 5).

En árboles forrajeros, como *G. sepium*, la intensidad de la defoliación debe mantener un área foliar residual suficiente para garantizar que ocurra la fase de máxima producción de materia seca comestible, y la defoliación debería ocurrir cuando las plantas alcanzan la máxima intercepción de luz, la tasa de acumulación de biomasa comestible está en decrecimiento y los árboles empiezan a invertir la mayor parte de sus recursos en la producción de tejido leñoso (Stür *et al*, 1994).

En este estudio, la intensidad mediana de defoliación combinada con la frecuencia de 75 días y la intensidad liviana con la frecuencia de 50 días, permitieron mantener un residuo foliar capaz de sostener un rebrote vigoroso, además de que a esos intervalos entre defoliaciones no se produjeron grandes inversiones de recursos de la planta en tejido leñoso. Sin embargo, la frecuencia de 50 días exigió mayor número de defoliaciones, requiriendo mayor empleo de mano de obra para obtener la misma producción en un área de igual tamaño.

4.1.3. Altura de Plantas

La altura final de las plantas (Cuadro 4A) se incrementó linealmente ($P=0,0002$) al aumentar el intervalo entre defoliaciones ($y = 1,11 + 0,018 x$; $r^2=0,99$), alcanzando al final del estudio un promedio de 2 m de altura para la frecuencia de 50 días y 2,9 m de altura en la frecuencia de 100 días (Figura 9). El aumento de la intensidad de defoliación redujo linealmente ($P=0,0001$) la altura de las plantas ($y = 3,38 - 0,014 x$; $r^2=0,95$), presentando al final del ensayo un promedio de 2,8 m de altura en la intensidad liviana y 1,9 m de altura para la intensidad total de defoliación (Figura 9).

Con el transcurrir de las evaluaciones se observaron aumentos significativos ($P<0,05$) en la altura de las plantas, a excepción de los tratamientos con defoliación total y con defoliación mediana y frecuencia de 50 días (Cuadro 5A). Para el ramoneo de árboles forrajeros, se considera que la biomasa comestible disponible hasta 2 m de altura constituye el estrato accesible a los animales (Paterson *et al*, 1987; Ruiz *et al*, 1988; Shelton y Brewbaker, 1994; Jones, 1994). Esto indica que para el manejo de *G. sepium* bajo defoliación parcial, en un momento dado, se debe realizar un corte de uniformización eliminando totalmente las ramas primarias (y hojas), con el objetivo de producir materia seca comestible en el estrato accesible al cosechador (hombre o animales en caso de ramoneo), y empezar un nuevo ciclo de defoliaciones parciales.

En este ensayo, en la mayoría de los tratamientos, las plantas alcanzaron más de 2 m de altura al finalizar las evaluaciones (Cuadro 5A). La altura en la defoliación inicial estuvo entre 1,44 y 1,68 m, lo que debe haber contribuido a que las plantas alcanzaran rápidamente alturas por arriba de los 2 m, lo que dificulta el corte manual e imposibilitaría su utilización por animales en pastoreo.

La altura de la defoliación inicial tiene influencia en el crecimiento posterior de las plantas. Ruiz *et al* (1988), al trabajar con *L. leucocephala* en pastoreo directo, concluyeron que la altura ideal para la primera defoliación está entre 0,9 a 1,0 m de altura, pues solamente después de 24 meses de la defoliación inicial fue necesario realizar podas en plantas con más de 2 m de altura; mientras que cuando la primera defoliación fue realizada entre 1,4 a 1,5 m de altura, fue necesario podar toda el área después de 12 meses.

Para reducir la altura de las plantas sin comprometer la producción de biomasa comestible, es necesario incrementar la densidad de siembra del banco de proteína. La mayor densidad de plantío disminuye la producción por planta individual y la altura en que las copas de las plantas

toman contacto con la máxima interceptación de luz, pero la producción por unidad de área tiende a permanecer constante (Blair *et al*, 1990; Galloway, 1994).

Además, la gran variación genética existente en *G. sepium* en cuanto a altura de planta, número de ramificaciones, relación hoja/tallo y producción de biomasa forrajera (Neil, 1990; Camacho, 1991; Puger *et al*, 1993), deben permitir identificar procedencias más adecuadas para el manejo requerido para la producción de forraje.

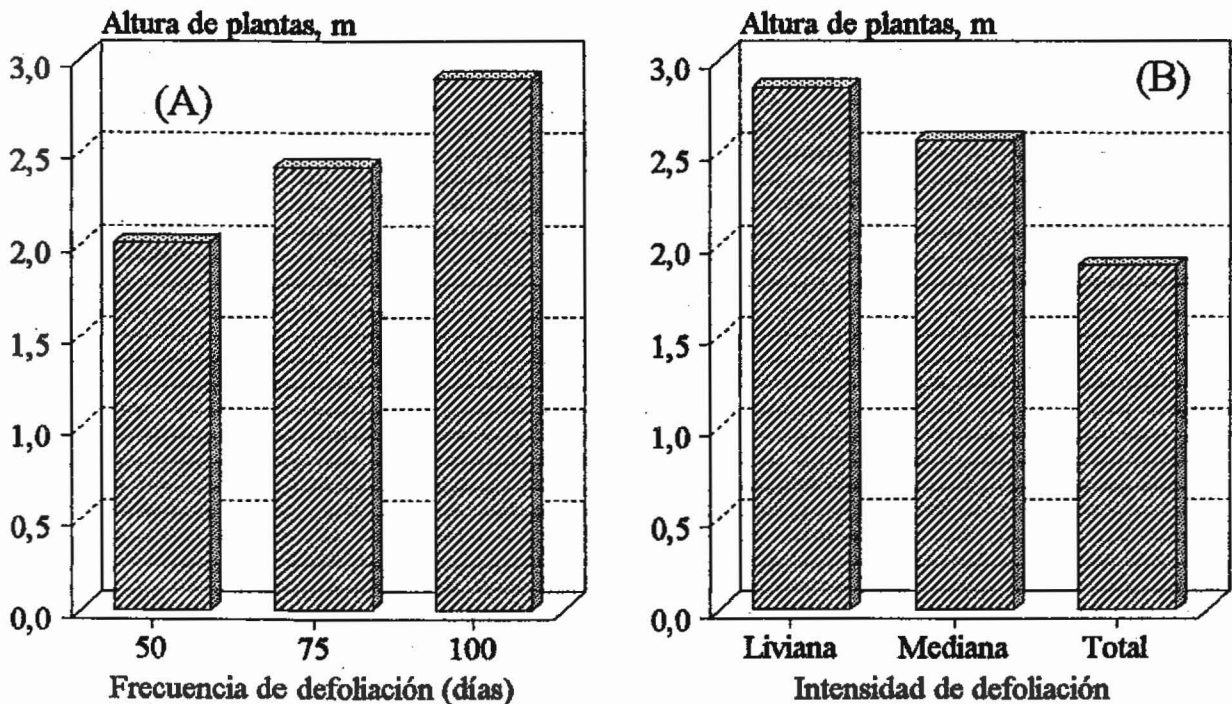


Figura 9. Altura de plantas (m) de *G. sepium* bajo tres frecuencias (A) y tres intensidades (B) de defoliación.

4.1.4. Incrementos en el diámetro de tallos y de ramas primarias

El incremento del diámetro de tallos (Figura 10) disminuyó linealmente ($P=0,0001$) al aumentar la intensidad de defoliación (Cuadro 6A), tal como lo describe el modelo $y = 11,04 - 0,104 x$ ($r^2=0,93$); en cambio aumentó linealmente ($P=0,0001$) a medida se prolongó el intervalo entre defoliaciones ($y = -1,88 + 0,08 x$; $r^2=0,99$). Similarmente, el incremento del diámetro de ramas primarias (Figura 10; Cuadro 8A) disminuyó linealmente ($P=0,0001$) al aumentar la intensidad de defoliación ($y = 19,12 - 0,142 x$; $r^2=0,86$); y se incrementó linealmente ($P=0,0168$) al prolongar el intervalo entre defoliaciones ($y = 2,47 + 0,096 x$; $r^2=0,99$).

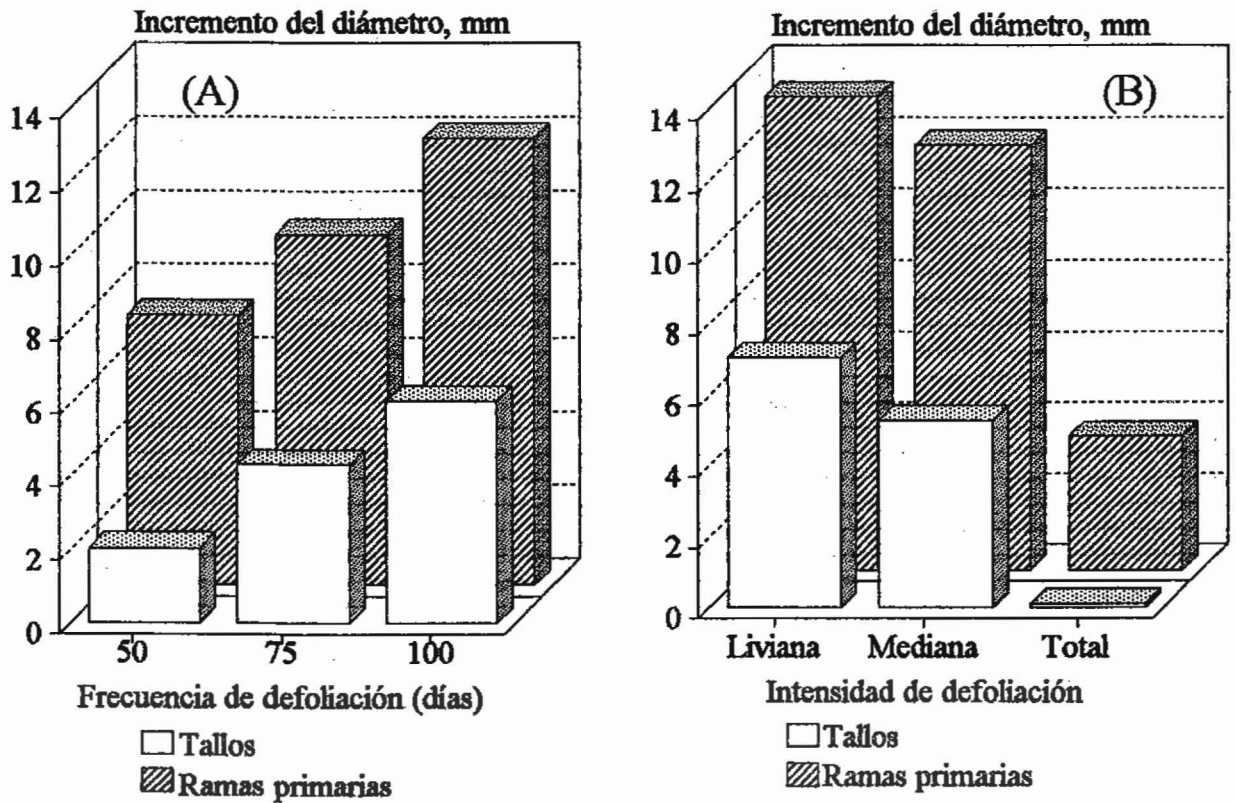


Figura 10. Incrementos del diámetro de tallos y de ramas primarias de *G. sepium* bajo tres frecuencia (A) y tres intensidades (B) de defoliación.

El incremento del diámetro de tallos tendió a no variar con el tiempo (Cuadro 7A); mientras que el incremento del diámetro de ramas primarias fue significativamente superior ($P < 0,05$) en la primera evaluación para todos los tratamientos, exceptuando la frecuencia de 50 días con defoliación total (Cuadro 9A). La mayor inversión de recursos de la planta en tejidos leñosos en la primera evaluación puede ser debido a la mayor cantidad de reservas presentes en la planta en el momento de la defoliación inicial, lo cual permitió una rápida formación de la copa y permitió generar un excedente de recursos que fueron invertidos en la formación de tejido leñoso. Debe anotarse que en los árboles los productos de la fotosíntesis se usan prioritariamente para la respiración de los tejidos y la producción de follaje y raíces finas, mientras que el aumento del diámetro tiene una prioridad baja (Galloway, 1994).

En el manejo de leñosas perennes para la producción de forraje, las plantas deben utilizar la mayor parte de sus recursos en la producción de material comestible; sin embargo, en la fase de máxima producción de biomasa de un árbol, parte de dichos recursos son destinados obligatoriamente a la formación de tejidos leñosos (Stür et al, 1994). En este trabajo se observó

que la producción de biomasa comestible por planta estuvo positivamente correlacionada con el incremento del diámetro de tallos y ramas primarias y con la altura de las mismas (Cuadro 3). Con las frecuencias de 50 y 75 días, la defoliación total no provocó incrementos en los tejidos leñosos, más bien se observó una drástica reducción en la producción de materia seca comestible. Quizás, que productos de fotosíntesis no hayan sido utilizados para la formación de tejidos leñosos, puede ser una señal del agotamiento de las plantas, por la intensidad y frecuencia de defoliación utilizadas.

4.1.5. Mortalidad de tallos

Cuando se aplicó la defoliación total, la mortalidad de tallos se redujo linealmente ($P=0,0001$) al aumentar el intervalo entre cortes, siendo de 93,3% para la frecuencia de 50 días y de 23,6% para la frecuencia de 100 días (Figura 11). En cambio, para intensidades de defoliación mediana y liviana, la mortalidad de tallos fue más baja y no fue afectada por el intervalo entre defoliaciones (Cuadro 10A).

La alta mortalidad observada con la defoliación total en las frecuencias de 50 y 75 días se debió posiblemente al agotamiento de las reservas por efecto de repetidas defoliaciones, pues el intervalo entre defoliaciones no fue suficientemente largo para permitir reponer las reservas utilizadas en el rebrote (Cuadro 11A). Ezenwa *et al* (1990) citan una mortalidad de 50%, en plantas de *G. sepium* cuando se utilizó un intervalo entre podas de 4 semanas. Así mismo, en cercas vivas la frecuencia de poda cada dos meses produjo una mortalidad de 41% de los árboles de *G. sepium* (Romero *et al*, 1991).

En los demás tratamientos los tallos muertos fueron en su gran mayoría los brotes recientemente emitidos desde la estaca en el suelo, que fueron rápidamente suprimidos y no pudieron competir con los tallos más vigorosos. Finegan (1992) cita que la competencia provoca mortalidad dentro de un rodal; así en rodales coetáneos (misma edad), la competencia entre plantas se inicia cuando las plantas alcanzan un tamaño crítico y sus zonas de disminución de recursos se traslapan; posteriormente el número de plantas en la población disminuye por la mortalidad y simultáneamente hay un aumento de la biomasa promedio de las plantas que sobreviven. Así a mayor densidad, es menor el tamaño crítico y la competencia se inicia más rápidamente.

La mortalidad de tallos en el período del estudio no tuvo efecto sobre la producción de biomasa comestible, excepto para los tratamientos con defoliación total en las frecuencias de 50 y

75 días; pero, un aumento de los niveles de competencia entre plantas podría incrementar a largo plazo la mortalidad de los mismos con efectos negativos sobre la producción de biomasa forrajera.

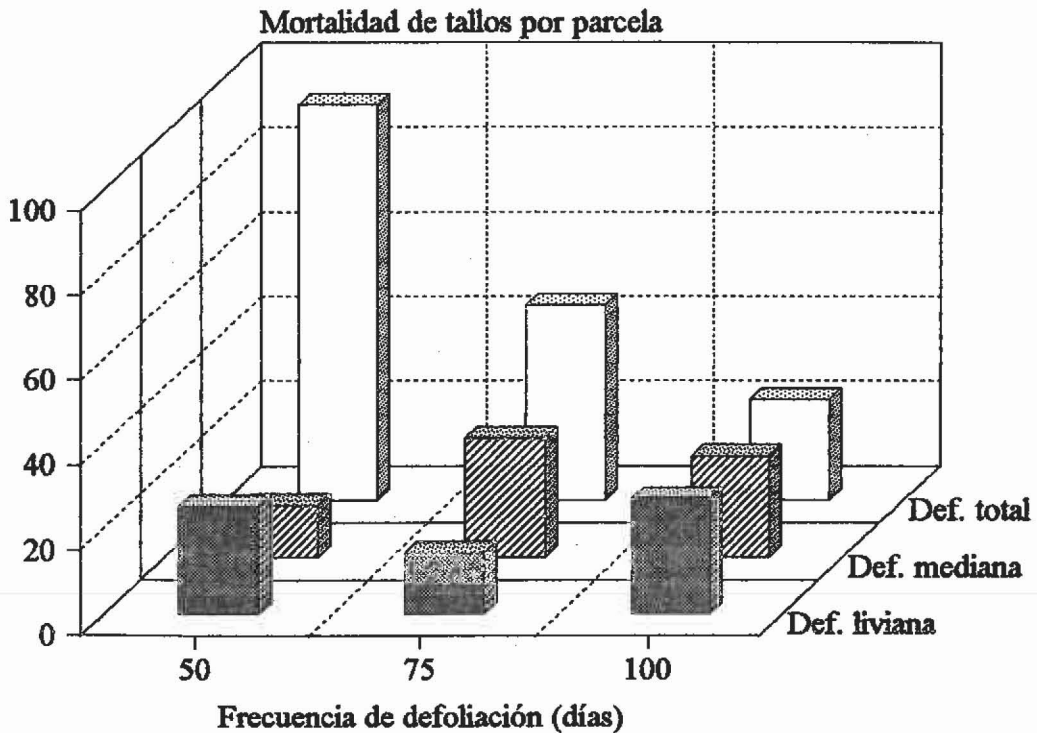


Figura 11. Porcentaje de tallos muertos de *G. sepium* bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación, durante el período experimental.

4.1.6. Número y mortalidad de ramas primarias

Cuando la *G. sepium* se defolió totalmente se observó un efecto cuadrático ($P=0,0063$) del intervalo entre defoliaciones sobre el número de ramas primarias por tallo (Cuadro 12A). En la defoliación total en promedio había menos de una rama primaria por tallo en la frecuencia de 50 días, 4,0 y 3,5 ramas primarias para la frecuencia de 75 y 100 días, respectivamente (Figura 12). En contraste, el número de ramas primarias al final del ensayo para la defoliación mediana tendió a reducirse al aumentar los intervalos entre defoliaciones, mientras que la defoliación liviana se redujo linealmente ($P=0,0267$) al aumentar el intervalo entre defoliaciones ($y = 6,05 - 0,034 x$; $r^2=0,91$).

La alta mortalidad de ramas primarias observada para la defoliación total efectuada cada 50 días (Figura 13), al igual que la mortalidad de tallos, fue posiblemente debido al agotamiento de las reservas, como consecuencia de las defoliaciones intensas y frecuentes. Para las demás intensidades de defoliación (Cuadro 14A) no se observó una tendencia definida con respecto al efecto del intervalo entre defoliaciones (Figura 13).

La altura de las plantas en alguna medida contribuyó a la mortalidad de las ramas primarias, pues se encontró una correlación positiva ($r=0,56$; $P=0,0001$) entre el porcentaje de ramas primarias muertas y la altura de las plantas, cuando se excluyó del análisis estadístico los tratamientos de defoliación total en las frecuencias de 50 y 75 días. En general, cuando el tamaño promedio de las plantas sobrepasó a los 2 m de altura, con excepción de la defoliación total en las frecuencias 50 y 75 días, hubo un aumento en la mortalidad de ramas primarias. La mayor mortalidad de ramas primarias observada en el tratamiento de defoliación liviana cada 100 días puede ser atribuido a una mayor altura de plantas y consecuentemente a la más fuerte competencia entre plantas y ramas que debe haber ocurrido en este tratamiento (Figura 13).

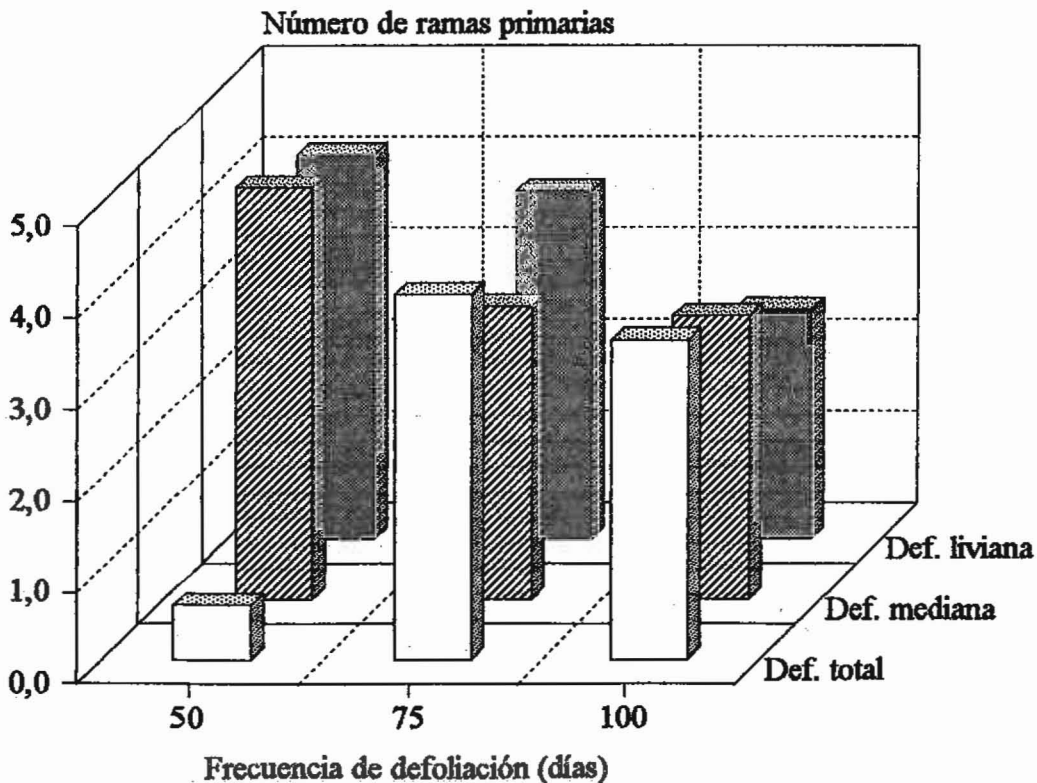


Figura 12. Número de ramas primarias en la última evaluación de *G. sepium* bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.

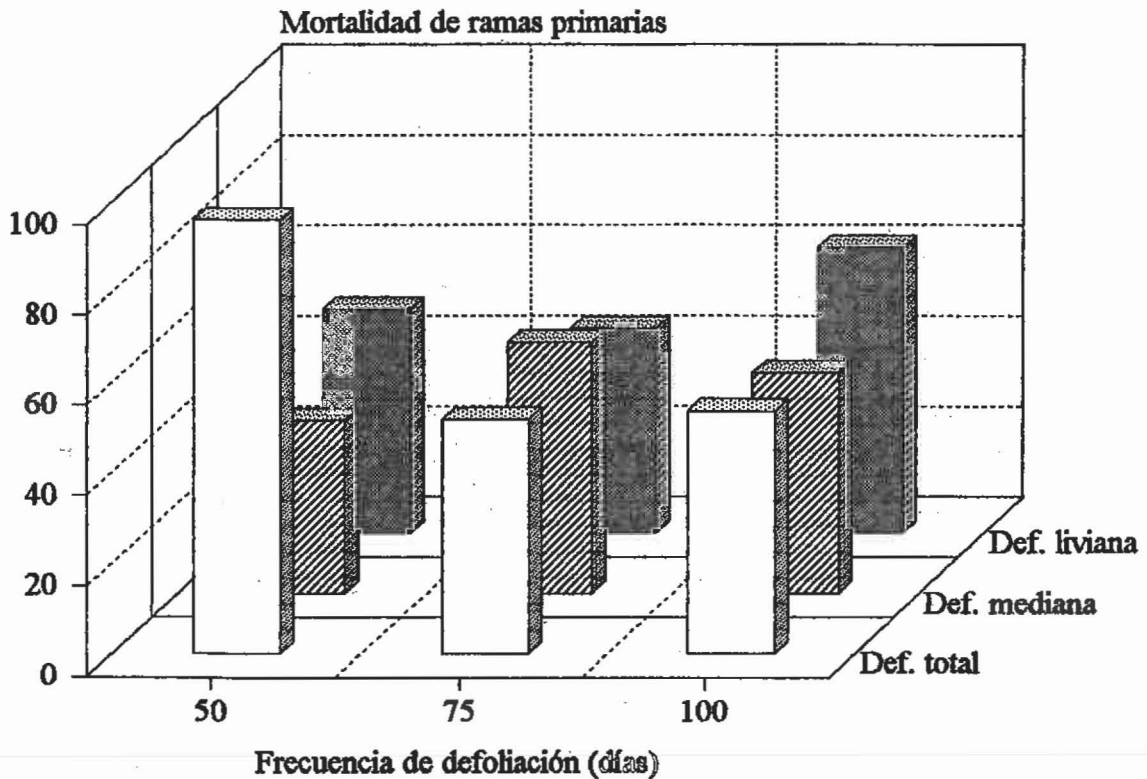


Figura 13. Porcentaje de ramas primarias muertas de *G. sepium* bajo tres frecuencia (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación, durante el período experimental.

La mortalidad de ramas primarias es indicativo de la competencia entre y dentro de plantas, por lo que se especula la posibilidad de que cuando el banco de proteína de *G. sepium* fue manejado con defoliaciones livianas y poco frecuentes, puede haber alcanzado la tercera fase de la curva de crecimiento de un árbol, en la cual las ramas inferiores fueron sombreadas por ramas más desarrolladas ubicadas en un estrato superior de la misma planta o de plantas vecinas, provocando que las inferiores dejen de ser activas en fotosíntesis y entren en senescencia.

En este experimento la reducción del número de ramas primarias por tallo fue en parte compensada por la emisión de un gran número de rebrotes secundarios, con efecto positivo sobre la producción de biomasa comestible.

4.1.7. Número de ramas secundarias

El efecto de la intensidad y frecuencia de defoliación sobre la emisión de ramas secundarias fue más evidente en este ensayo cuando se analizó la primera evaluación de cada tratamiento. En las demás evaluaciones, con el tiempo hubo una reducción significativa en el número de ramas secundarias (Cuadro 17A), mientras que en la evaluación final no se detectaron diferencias entre los tratamientos. Es probable que la disminución del número de ramas secundarias por rama primaria haya sido compensada por la emisión de nuevos rebrotes (terciarios y cuaternarios), que no fueron evaluados en este ensayo, pues no se observó una reducción en la producción de biomasa con el paso de las evaluaciones, a no ser en aquellos tratamientos en que la intensidad y la frecuencia de defoliación pueda haber incidido en un agotamiento de las reservas. Pues como señalaron Stür *et al* (1994), en plantas con suficiente disponibilidad de yemas, el desarrollo de un nuevo rebrote depende de la movilización de carbohidratos y otros nutrimentos de reserva.

En la primera evaluación se observó que el número de ramas secundarias tendió a ser mayor cuando se incrementó la intensidad de defoliación (Figura 14). Cuando la defoliación fue total, se observó un efecto cuadrático ($P=0,0105$) por aumento de los intervalos entre defoliaciones, con un promedio de 11,9; 7,6 y 6,9 ramas secundarias por rama primaria para las frecuencias de 50, 75 y 100 días, respectivamente. Mientras que, el número de ramas secundarias disminuyó linealmente ($P<0,05$) al aumentar el intervalo de defoliaciones para las intensidades mediana ($y = 10,02 - 0,038 x$; $r^2=0,99$) y liviana ($y = 8,32 - 0,034 x$; $r^2=0,97$) (Figura 14).

En el manejo de la defoliación de árboles forrajeros por corte o pastoreo, es deseable que se eliminen las yemas apicales de las plantas, pues esto promueve la emisión de rebrotes en las yemas laterales (ramas secundarias) y disminuye el crecimiento en altura de las plantas; y que las ramas primarias se mantengan entre 1,0 y 1,5 m de altura, lo cual permite que el ganado ramonee sus brotes (Ruiz *et al*, 1988; Jones, 1994). La mayor producción de biomasa comestible obtenida en la primera evaluación, comparada con la defoliación inicial, puede ser en parte atribuida al grande número de rebrotes de la primera evaluación (Cuadro 2A).

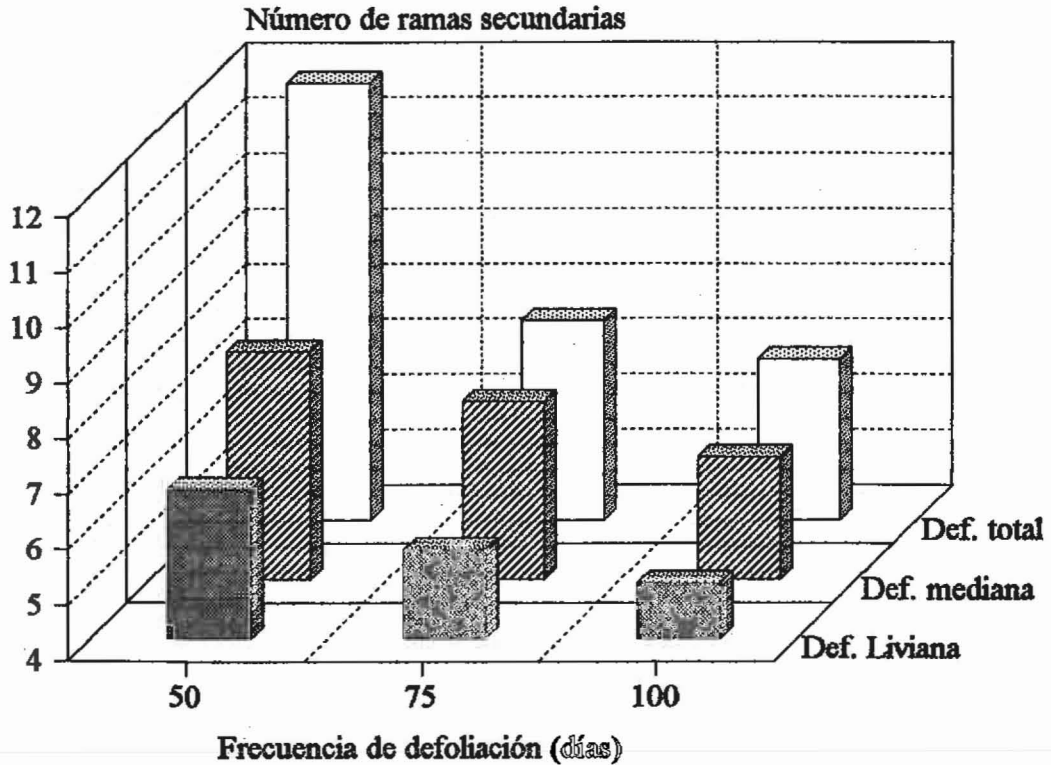


Figura 14. Número de ramas secundarias de *G. sepium* en la primera evaluación de cada tratamiento bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) y tres intensidades (total, mediana y liviana) de defoliación.

4.1.8. Calidad nutritiva de la materia seca

4.1.8.1. Constituyentes de la pared celular

La frecuencia de la defoliación (o edad del rebrote) tuvo un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre los constituyentes de la pared celular, mientras que estos no fueron afectados por la intensidad de defoliación (Cuadro 18A). Los contenidos de FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina se incrementaron con la edad del rebrote (Figura 15), pero el cambio en el contenido de celulosa fue mayor que la hemicelulosa y lignina.

A medida las plantas maduran presentan un incremento en los carbohidratos estructurales y una lignificación de los tejidos, lo cual resulta en un efecto negativo sobre la calidad nutritiva (Pezo, 1981; Van Soest, 1982); sin embargo, el prolongar el intervalo de cosecha de 50 a 100 días no debe ejercer efectos importantes en la utilización del forraje de *G. sepium* para la alimentación de

rumiantes, dada la magnitud de los cambios observados en los constituyentes de la pared celular. El mismo efecto de la edad del rebrote sobre los constituyentes de la pared celular de *G. sepium* fue observado por Urriola (1994).

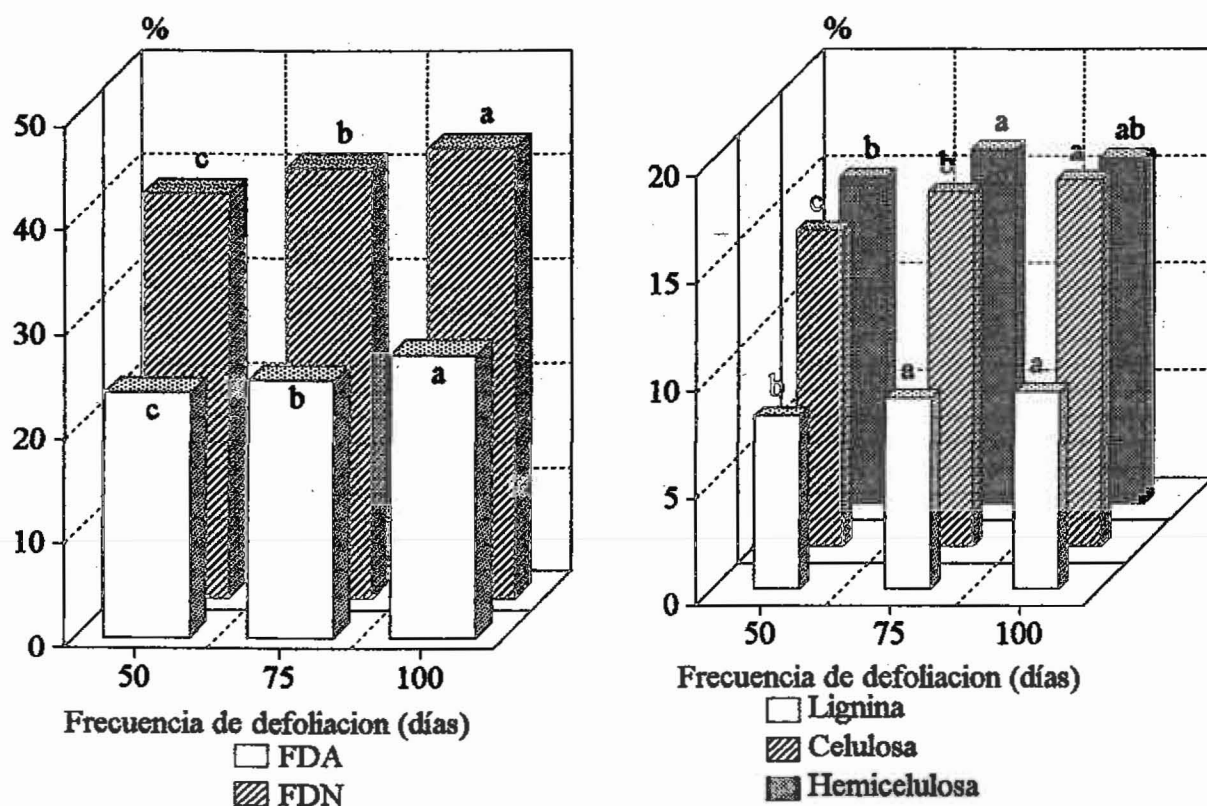


Figura 15. Contenido de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) de defoliación.

* Similar variable con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

4.1.8.2. Proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca

El contenido de proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se redujeron con el mayor intervalo entre defoliaciones, siendo significativamente ($P < 0,05$) mayores a los 50 días (Figura 16). Con las defoliaciones total y mediana se obtuvieron menores valores de DIVMS en el follaje que con la defoliación liviana, mientras que no hubo efecto de la intensidad de defoliación sobre los contenidos de proteína cruda (Figura 16). La mayor DIVMS obtenida para la defoliación liviana es debida a que el material cosechado en esta intensidad fue más nuevo que el promedio del material cosechado en la defoliación total y mediana, pues en la primera se cosechaba el follaje presente en el tercio superior de la planta.

El efecto depresivo de la edad del rebrote sobre los contenidos de proteína cruda y DIVMS en forrajeras tropicales es muy conocido (Pezo, 1981). Con la edad se presenta la tendencia a que se incrementen la lignificación y el contenido de la pared celular, por lo tanto, el forraje tiende a ser más fibroso y menos digestible (Van Soest, 1982). El contenido de proteína en leguminosas se reduce a una tasa menor que las gramíneas, en parte por la continua fijación biológica de nitrógeno (Lascano, 1983).

El contenido de proteína cruda para las frecuencias de 50 y 75 días se redujo significativamente ($P < 0,05$) con el transcurrir de las evaluaciones (Figura 17). Una posible explicación para esta reducción es la alta sensibilidad de la fijación biológica de nitrógeno por leguminosas a la defoliación de la planta (Richards, 1993). Así, en *Trifolium repens* la defoliación total detuvo la fijación en 80-90% de los nódulos, apenas 2 h después de la defoliación (Ryle *et al*, 1985). Además, con la defoliación ocurre muerte de las raíces finas (y nódulos) y reducción en la capacidad de absorción de nitrógeno del suelo (Clement *et al*, 1978; Jarvis y Macduff, 1989).

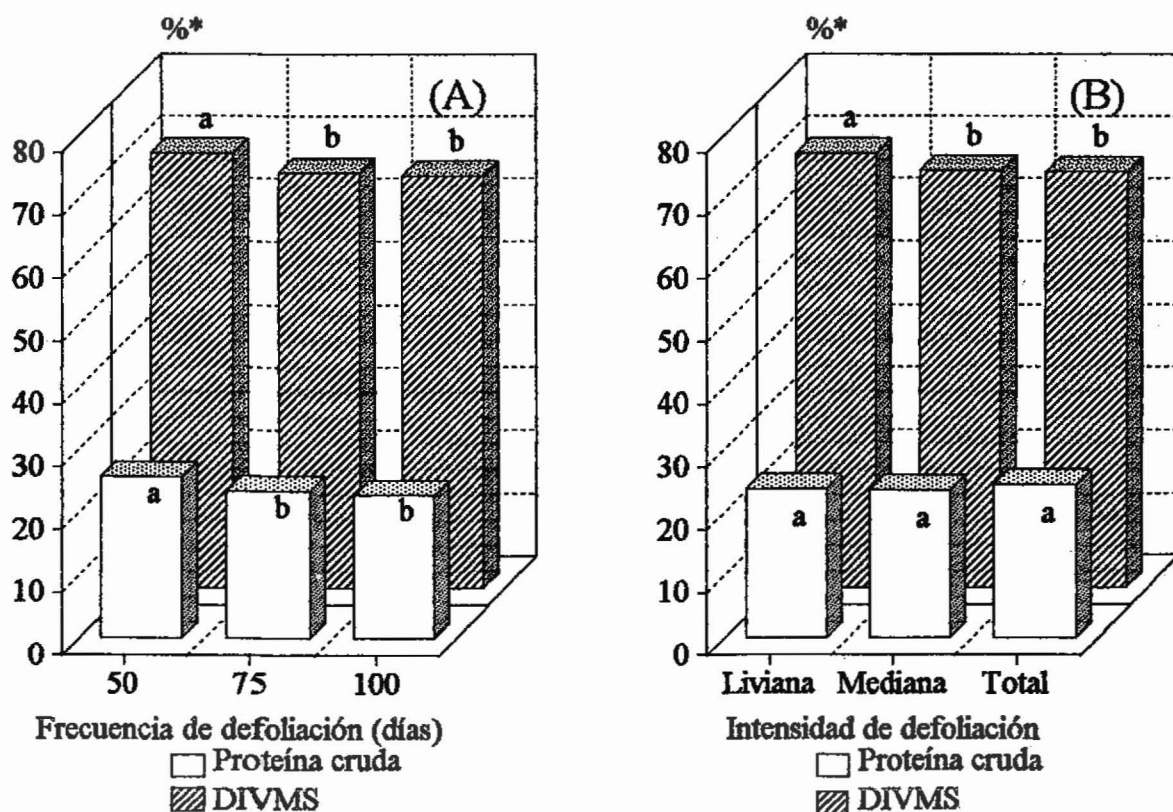


Figura 16. Contenido de proteína cruda y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) en *G. sepium* bajo tres frecuencias (A) y tres intensidades (B) de defoliación.

* Similar variable con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Los resultados de este ensayo confirman la excelente calidad nutricional del forraje de *G. sepium*, con valores promedio de proteína cruda entre 22,9 y 25,7% y de DIVMS entre 65,6 y 69,2%; estos valores son superiores a los reportados para la mayoría de las forrajeras tropicales. Al igual que lo señalado para los constituyentes de la pared celular, dada la magnitud de los cambios observados en el contenido de proteína cruda y DIVMS, no se espera que tengan mayor influencia sobre la utilización del forraje de *G. sepium* como suplemento a rumiantes en el trópico.

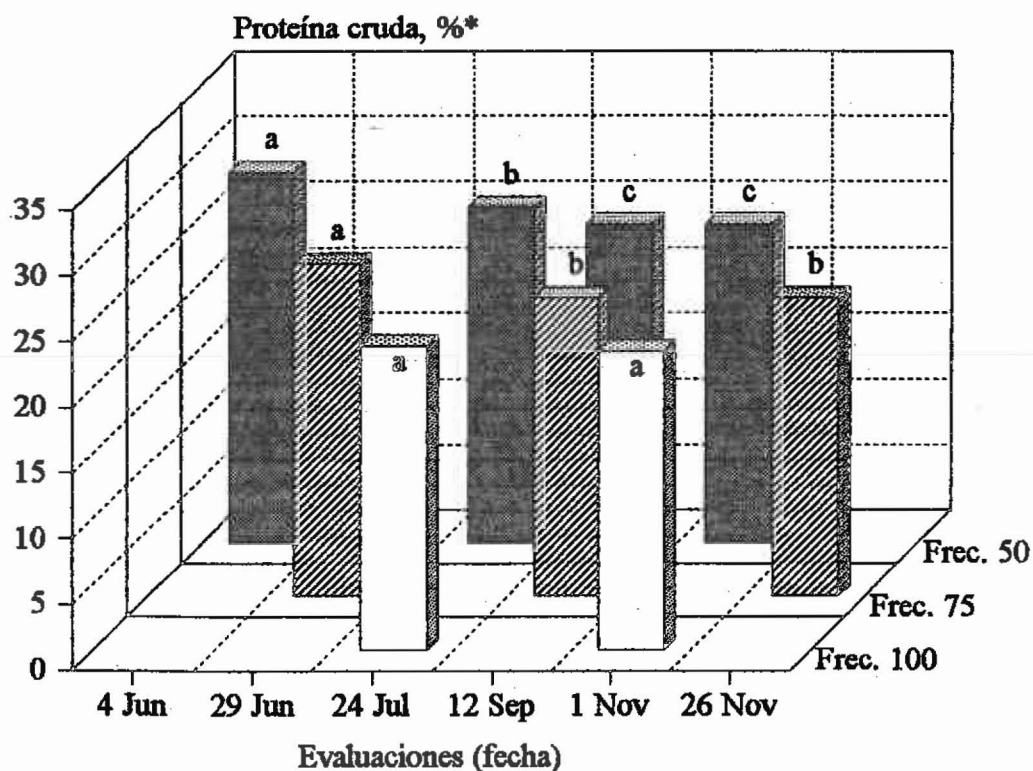


Figura 17. Contenido de proteína cruda en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo las frecuencias de defoliación de 50, 75 y 100 días en el transcurso de las evaluaciones.

* Similar frecuencia con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

4.1.8.3. Compuestos secundarios

La frecuencia de defoliación del *G. sepium* tuvo un efecto significativo (Cuadro 24A) sobre el contenido de proantocianidinas, pero no en el de cumarinas. Por otro lado, la intensidad de defoliación no influyó en la concentración de ambos compuestos.

El contenido de proantocianidinas (taninos condensados) fue mayor ($P<0,05$) en las frecuencias de 50 y 100 días y menor para la frecuencia de 75 días (Figura 18), como también fue observado por Urriola (1994). La diferencia en el contenido de proantocianidinas observada en este ensayo para la frecuencia de 50 días, puede ser debido a cambios en la relación tallos tiernos/hojas en el material analizado, pues los tallos presentan un menor contenido de proantocianidinas que las hojas (López, 1994).

El contenido de cumarinas tendió a ser mayor en la frecuencia de 50 días, que en las de 75 y 100 días (Figura 18). La disminución del contenido de cumarina en la biomasa de *G. sepium* con la madurez de los rebrotes ha sido también reportada por Griffiths (1962) y Urriola (1994). Griffiths (1962) sugiere que esta reducción es debida a la conversión de cumarina a ácido melilótico.

Los contenidos de proantocianidina y cumarinas encontrados en este ensayo son bajos para afectar el consumo de la materia seca por rumiantes o para interferir en la utilización de las proteínas en el rumen. Contenidos similares de estos compuestos en la biomasa comestible de *G. sepium* no afectaron el consumo de este forraje por cabras (Urriola, 1994) y ovejas (Ruiz, 1992).

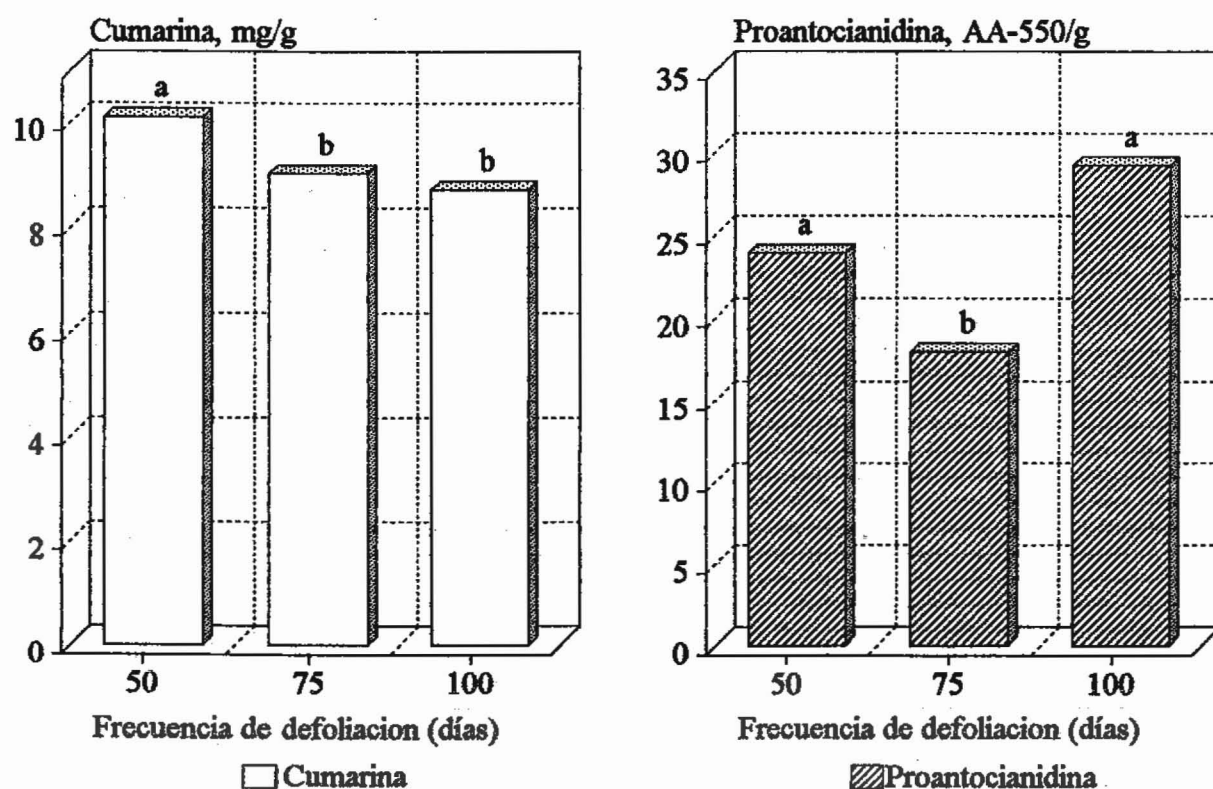


Figura 18. Contenido de cumarina y proantocianidina en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias (50, 75 y 100 días) de defoliación.

* Similar variable con letras iguales no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Duncan.

4.1.9. Correlación entre producción por planta y variables de crecimiento.

La producción de materia seca comestible por tallo estuvo correlacionada positivamente con altura de planta, diámetro de tallo y rama primaria, incremento del diámetro de tallo y rama y con el número de ramas primarias (Cuadro 3).

La correlación entre el diámetro de tallo y producción de materia seca comestible indica que plantaciones jóvenes y de plantas de menor diámetro necesitan invertir más recursos en incremento del diámetro que las plantas de mayor diámetro, para no afectar el potencial productivo de los años subsecuentes.

La correlación positiva entre la producción de biomasa comestible y la producción de tejidos leñosos (incremento de diámetros y altura de planta) encontrada en este ensayo indica que el manejo de la defoliación debe permitir que parte de los recursos sean destinados a estos tejidos, debido a la relación entre estos componentes en la fase de máxima producción de materia seca (Stür *et al*, 1994). Una posibilidad para reducir la producción de tejidos leñosos es el incremento de la densidad de siembra, pues en plantaciones densamente sembradas se puede disminuir el tiempo entre defoliaciones, habiendo menor inversión en tejidos leñosos (Blair *et al*, 1990). Sin embargo, intervalos más cortos entre defoliaciones también pueden tener efectos negativos sobre la producción de biomasa, por lo que es importante estudiar la interacción densidad x frecuencia x intensidad sobre la sostenibilidad productiva del sistema banco de proteína.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre la producción de biomasa comestible por tallo y variables de crecimiento en *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Variables	Producción de MS/planta
Altura	0,6467 (0,0001)*
Diámetro tallo	0,5464 (0,0001)
Incremento del diámetro de tallo	0,5011 (0,0001)
Diámetro de rama primaria	0,5341 (0,0001)
Incremento del diámetro de ramas primarias	0,5240 (0,0001)
Número de ramas primarias	0,3334 (0,0001)
Número de ramas secundarias	0,0200 (0,7030)

* Nivel de significancia.

4.2. Experimento 2: Efecto de la intensidad del pastoreo sobre la producción y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* en el trópico húmedo.

4.2.1. Disponibilidad de biomasa total, en los estratos accesible y no accesible, y residual

La producción de biomasa total (estrato accesible + no accesible) tendió a reducirse ($P=0,0934$) por el incremento de la intensidad de pastoreo (Cuadro 33A), presentando un promedio de disponibilidad en los cuatro ciclos de pastoreo de 1752, 1536 y 1438 kg de MS/ha para las intensidades baja, media y alta, respectivamente (Cuadro 34A). Es muy difícil detectar diferencias significativas entre las intensidades de pastoreo para las variables de este ensayo, por la limitación del diseño experimental, que solamente tuvo 2 grados de libertad en el error (Cuadro 33A). Hubo un efecto significativo ($P<0,01$) de los ciclos de pastoreo sobre la producción de biomasa total (Cuadro 33A), ocurriendo la menor producción en el tercer ciclo (823 kg de MS/ha) y la mayor en el segundo ciclo (2313 kg de MS/ha). El bajo rendimiento obtenido en el tercer ciclo fue debido al efecto del corte de uniformización de las plantas con más de 2 m de altura realizada al finalizar el segundo ciclo de pastoreo. Analizando separadamente cada ciclo se observa que la mayor ($P<0,05$) producción de biomasa total fue para la intensidad baja en el segundo y cuarto ciclos de pastoreo, mientras que el primero y tercer ciclo no presentaron diferencias entre las intensidades alta, media y baja (Figura 19).

La producción en el estrato no accesible (>2 m de altura) fue cíclica, como consecuencia de las podas de uniformización efectuadas antes del primer y al finalizar el segundo ciclo de pastoreo. En el segundo ciclo la disponibilidad de biomasa en el estrato no accesible fue mayor ($P<0,05$) en la intensidad baja (1415 kg de MS/ha), comparada con la intensidad media (415 kg de MS/ha) y alta (288 kg de MS/ha); mientras que en el cuarto ciclo, no hubieron diferencias atribuibles a las intensidades de pastoreo, presentando producciones de 349, 28 y 11 kg/ha de materia seca en el estrato no accesible, para intensidad baja, media y alta, respectivamente (Figura 19).

La disponibilidad media de materia seca comestible en el estrato accesible no fue afectada por las intensidades de pastoreo (Cuadro 29A). En los cuatro ciclos se obtuvo un promedio de 1362, 1425 y 1311 kg/ha de materia seca comestible para las intensidades alta, media y baja, respectivamente (Cuadro 30A).

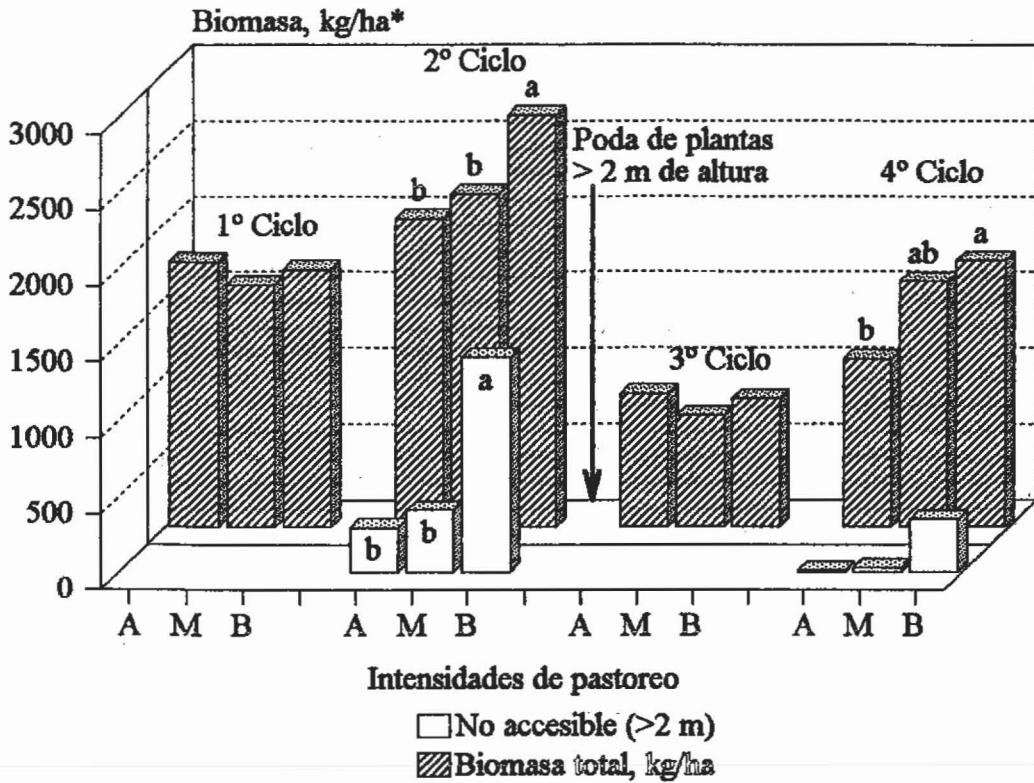


Figura 19. Disponibilidad de biomasa total (estrato accesible + inaccesible) y biomasa en el estrato no accesible a los animales (>2 m de altura) de *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

* Letras iguales para la misma variable y el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

La cantidad de biomasa en oferta tendió a reducirse del primer al tercer ciclo de pastoreo ($P < 0,01$), y se incrementó en el cuarto ciclo de pastoreo. La oferta de biomasa fue de 1675, 1511, 825 y 1393 kg de MS/ha en el primer, segundo, tercer y cuarto ciclo de pastoreo, respectivamente (Cuadro 30A). Dos factores pueden haber influenciado en la baja producción de forraje observada en el tercer ciclo de pastoreo: a) el corte de las ramas primarias con más de 2 m de altura al final del segundo ciclo de pastoreo para mantener la producción de biomasa en el estrato accesible a los animales, y b) la alta precipitación ocurrida en el período del rebrote (Figura 3), que mantuvo encharcado el área experimental.

Analizando la interacción ciclo x intensidad de pastoreo, se verifican diferencias significativas ($P < 0,05$) en la oferta de materia seca en el estrato accesible, para las intensidades dentro del segundo y cuarto ciclos de pastoreo (Figura 20). En el segundo ciclo, la menor disponibilidad de biomasa comestible en el estrato accesible correspondió a la intensidad baja, mientras que en el cuarto ciclo lo fue para la intensidad alta. No hubieron diferencias entre las

intensidades en cuanto a la oferta de materia seca comestible en el primer y tercer ciclos de pastoreo.

Cuando se aplicó la intensidad de pastoreo alta, la oferta de biomasa comestible en el estrato accesible tendió a disminuir a medida progresaron los ciclos de uso (Cuadro 30A). La disponibilidad de materia seca comestible en el primer ciclo fue de 1740 kg de MS/ha y mantuvo este nivel en el segundo ciclo con 1733 kg de MS/ha; pero en el tercer ciclo decayó significativamente ($P < 0,05$) hasta 880 kg de MS/ha y en el cuarto ciclo presentó una producción de 1094 kg de MS/ha. Por otro lado, en la intensidad de pastoreo media en los diferentes ciclos de pastoreo hubo una fluctuación en la oferta de materia seca comestible en el estrato accesible. El tercer ciclo presentó la menor ($P < 0,05$) disponibilidad de biomasa comestible (737 kg de MS/ha), pero la producción se incrementó en el cuarto ciclo (1589 kg de MS/ha) a los mismos niveles del primero (1594 kg de MS/ha) y segundo (1779 kg de MS/ha) ciclos de pastoreos.

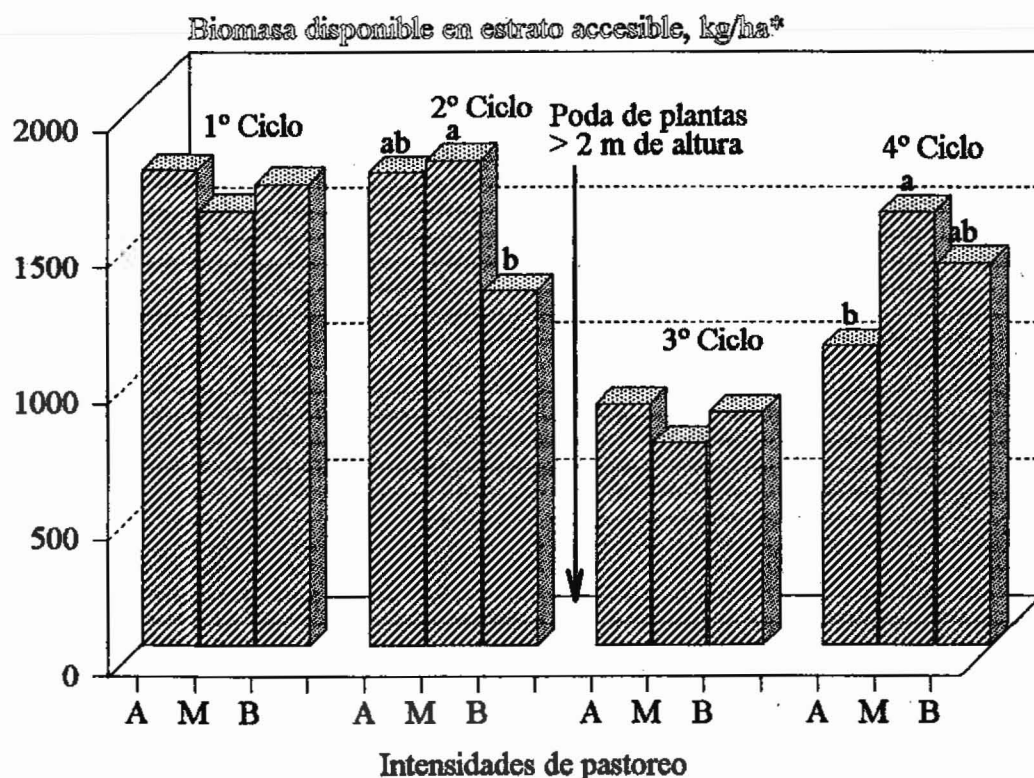


Figura 20. Biomasa comestible disponible en el estrato accesible (≤ 2 m de altura) de *Glycidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

* Letras iguales en el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

La intensidad de pastoreo baja también presentó la tendencia de disminuir la producción de materia seca comestible en el estrato accesible entre el primer y tercer ciclos de pastoreo. La disponibilidad de materia seca comestible en el segundo ciclo (1299 kg de MS/ha) fue menor ($P<0,05$) que lo ofertado en el primer ciclo de pastoreo (1692 kg de MS/ha), debido a que en el segundo ciclo la mayor parte de la biomasa producida estaba en el estrato no accesible (Figura 19). En cambio en el tercer ciclo de pastoreo se presentó la menor ($P<0,05$) oferta de materia seca (850 kg de MS/ha), debido principalmente a la poda de las plantas con más de 2 m de altura que se realizó al final del segundo ciclo. En el cuarto ciclo la disponibilidad de biomasa comestible se incrementó (1402 kg de MS/ha), pero no alcanzó el nivel del primer ciclo, también por la presencia de biomasa en el estrato no accesible (Figura 19).

La cantidad de biomasa residual en el estrato accesible fue mayor ($P<0,05$) en la intensidad baja de pastoreo (562 kg de MS/ha), comparada con las intensidades media y alta (202 y 115 kg de MS/ha, respectivamente), por la mayor presión de pastoreo en las dos últimas. La materia seca residual varió significativamente ($P<0,01$) a través de los ciclos de pastoreo (Cuadro 31A), siendo el tercer ciclo de pastoreo el que presentó la menor ($P<0,05$) biomasa residual, debido a la menor disponibilidad de materia seca antes del pastoreo.

La interacción ciclo x intensidad de pastoreo resultó significativa ($P<0,05$), presentando la intensidad baja mayor biomasa residual en el primer y cuarto ciclos de pastoreo (Figura 21). En el segundo y tercer ciclos de pastoreo no hubieron diferencias significativas en la cantidad de biomasa residual para las tres intensidades de pastoreo bajo estudio, debido a que en la intensidad baja hubo una menor oferta de materia seca en el estrato accesible.

Los niveles de oferta de materia seca comestible en el estrato accesible observados en este ensayo con *G. sepium*, son superiores a los reportados para *L. leucocephala* sembrada en asocio con pastos en el sudeste de Queensland (Australia) y utilizada bajo pastoreo rotacional (Foster y Blight, 1983; Cooksley *et al*, 1988).

La cantidad de biomasa comestible presente en el estrato accesible, que fue potencialmente consumida (estimada en base a la disponibilidad antes del pastoreo menos la biomasa residual) fue de 4,5, 7,3 y 7,5 tm/ha/año para las intensidades baja, media y alta, respectivamente. Estas producciones son inferiores a los rendimientos de materia seca comestible reportados para bancos de proteína de *G. sepium* manejados bajo corte en la región tropical húmeda, donde la mayoría de las producciones citadas están entre 10 y 14 tm/ha/año (CATIE, 1989; Blair *et al*, 1990; Catchpole y Blair, 1990a).

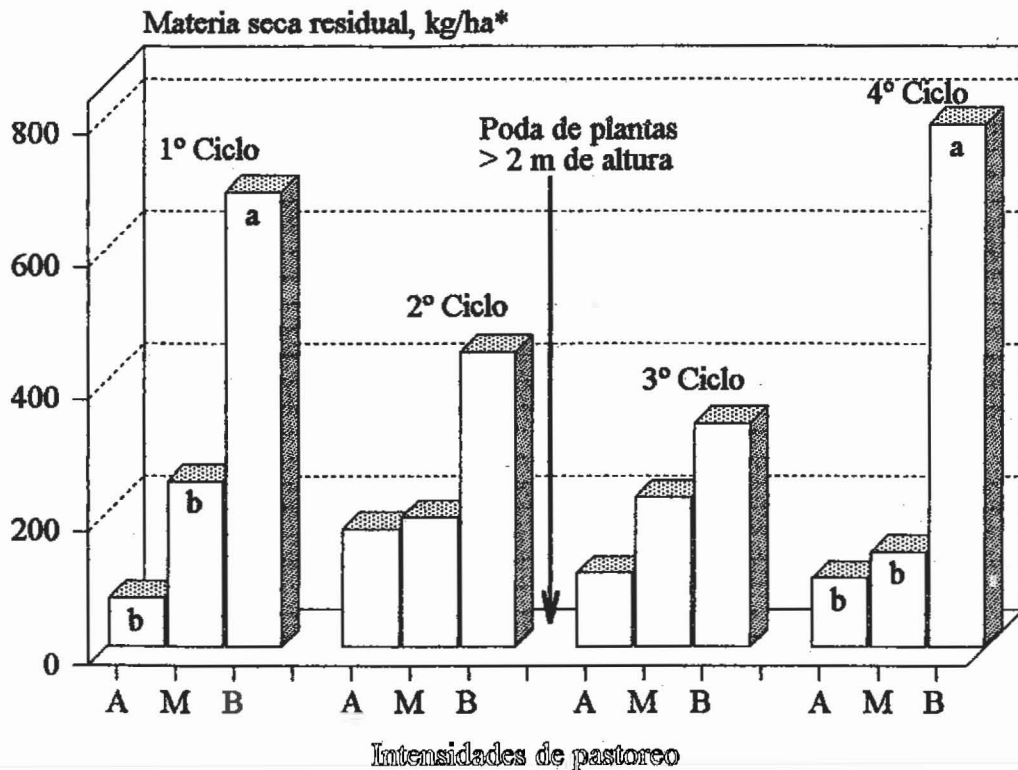


Figura 21. Biomasa comestible residual en el estrato accesible (<2 m de altura) de *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

* Letras iguales en el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

La densidad de siembra de este ensayo, con espaciamento de 1,70 m entre hileras y con apenas 2,2 tallos por metro lineal (≈ 13.000 tallos/ha), puede haber contribuido grandemente para esta baja producción. Para bancos de proteína bajo corte, se utiliza generalmente la densidad de 40.000 plantas por hectárea (NFTA. 1989). Sin embargo, para el ramoneo de árboles en un banco es necesario mantener un espaciamento de por lo menos 1,2 m entre hileras, de manera que permita a los animales caminar entre los árboles (CATIE, 1992).

El arreglo espacial de la siembra, como son el uso de hileras dobles o triples de la leguminosa perenne, e intercalarlas con gramíneas puede mejorar los rendimientos de un banco de proteína con árboles. El pasto *Panicum maximum* cv. Riversdale, sembrado entre hileras de *G. sepium* y manejado bajo corte, presentó una producción de 7,8 tm/ha/año (Ella *et al*, 1991). Catchpoole y Blair (1990a), para la misma asociación, reportan rendimientos de materia seca comestible de 9,36 tm/ha para la gramínea y de 18,22 tm/ha de *G. sepium* en un período de 16 meses. La siembra de una gramínea intercalada con árboles además de incrementar la producción, puede reducir sensiblemente el costo del control de malezas. En este ensayo, fue necesario realizar controles de

malezas cada 60 días, pues el crecimiento de las mismas era favorecido por la gran penetración de luz que ocurría después de cada ciclo de pastoreo.

El mayor residuo foliar del primer y tercer ciclos de pastoreo en las intensidades media y baja de pastoreo incrementaron la producción de biomasa del segundo y cuarto ciclos, respectivamente (Figuras 19 y 21). Sin embargo, parte de esa biomasa estuvo arriba de los 2 m de altura, especialmente para la intensidad baja (Figura 19), debido a que los animales no eliminaron las yemas y hojas apicales en gran parte de las plantas, y por tanto no interrumpieron el crecimiento en altura. De manera similar, Ruiz *et al* (1988) observaron que cuando el pastoreo no eliminaba las hojas y yemas apicales en *L. leucocephala*, el 60% de la biomasa producida estaba en el estrato no accesible. En el ramoneo de árboles forrajeros es deseable que los animales eliminen todas las yemas apicales de las plantas, manteniendo así las plantas con 1 a 1,5 m de altura, promoviendo ramificaciones y garantizando la producción de biomasa en el estrato accesible (Shelton y Brewbaker, 1994; Jones, 1994).

El porcentaje de utilización de la biomasa comestible del forraje de *G. sepium* (% de defoliación) fue de 91,0, 84,1 y 57,1%, para las intensidades alta, media y baja, respectivamente (Figura 22). El porcentaje de utilización en las intensidades alta y media tendió a permanecer constante en los ciclos de pastoreo, pero decreció significativamente en el cuarto ciclo cuando se utilizó la intensidad baja (Cuadro 35A). Esto puede atribuirse a la dificultad de ramoneo de los animales, pues la mayor parte de la biomasa comestible estuvo concentrada en el estrato por encima de 1,5 m de altura. En *L. leucocephala* manejada bajo pastoreo, también se han reportados incrementos en la biomasa residual con el transcurrir de los ciclos de pastoreo, cuando el porcentaje de utilización de la biomasa estuvo por debajo de los 70% (Foster y Blight, 1983; Ruiz *et al*, 1988).

Con la intensidad alta de ramoneo ocurrió una defoliación muy fuerte, que con el paso de los ciclos de pastoreo tuvo efectos negativos sobre la producción de materia seca (Figura 20). También en un banco de proteína de *Erythrina berteroana* utilizado en pastoreo rotacional, en el que se podaban las ramas residuales al final de cada ciclo, la producción de biomasa comestible se redujo en un 30% después de cinco ciclos de pastoreo (CATIE, 1992). Por otro lado, la intensidad baja de pastoreo permitió que gran parte de la biomasa fuera producida en el estrato no accesible (>2 m de altura), no siendo utilizada por los animales (Figura 19). Así, la intensidad media de pastoreo presenta un mejor equilibrio, con una pequeña cantidad de materia seca en el estrato no accesible y producción más estable en el estrato accesible, por la contribución del residuo foliar.

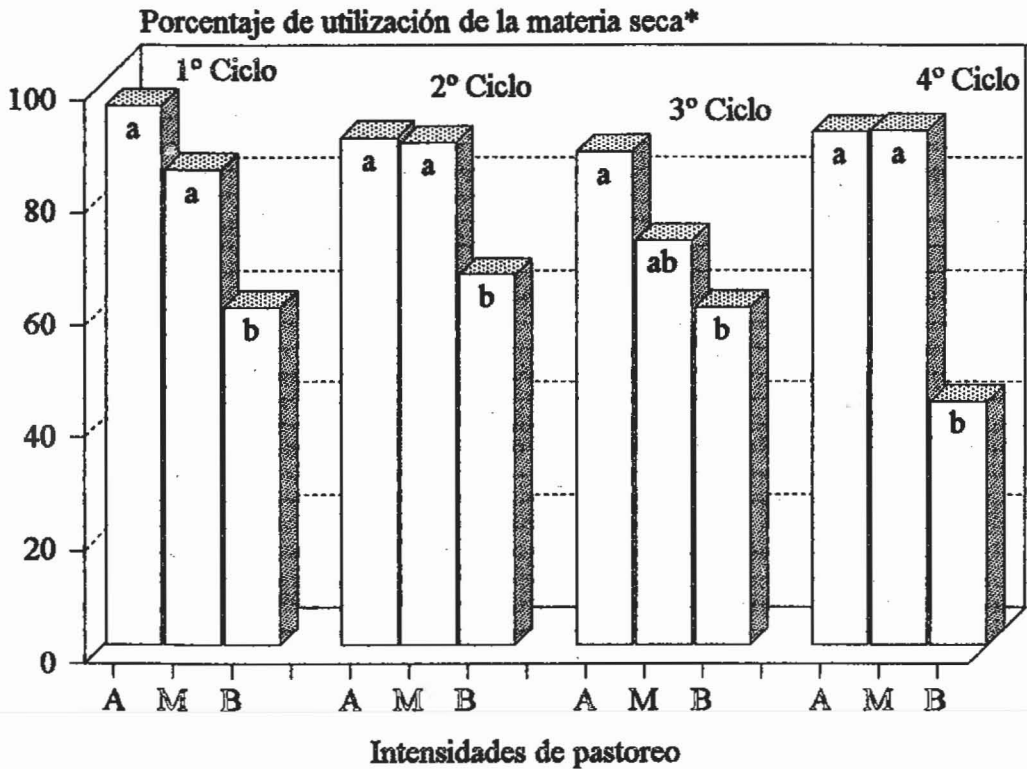


Figura 22. Porcentaje de utilización de la biomasa comestible del estrato accesible (<2 m de altura) de *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

* Letras iguales en el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

4.2.2. Altura de las plantas y porcentaje de plantas podadas

La altura de plantas fue afectada por el ciclo de pastoreo y la interacción ciclo x intensidad (Cuadro 44A). El efecto de la intensidad de pastoreo sobre la altura de las plantas solamente pudo ser observado en el segundo y cuarto ciclo de pastoreo, debido que el tercer ciclo estuvo bajo efecto de la poda de aquellas plantas con más de 2 m de altura. Así, en el segundo ciclo el incremento de la intensidad de pastoreo redujo la altura de plantas ($P < 0,05$), obteniéndose plantas con 2,13, 1,94 y 1,69 m de altura para las intensidades baja, media y alta, respectivamente (Figura 23). La altura de plantas en la intensidad baja de pastoreo se incrementó significativamente ($P < 0,05$) entre el tercer y cuarto ciclo de pastoreo, mientras que para las intensidades alta y media, la altura de plantas permaneció en los mismo niveles (Cuadro 45A).

Con el objetivo de favorecer la producción de biomasa comestible en el estrato accesible, las ramas primarias con más de 2 m de altura fueron podadas a 1 m. Al finalizar el segundo ciclo de pastoreo se podaron 57, 38 y 17% de las plantas y al final el cuarto ciclo se podaron 25, 8 y

12% para las intensidades baja, media y alta, respectivamente (Figura 23). En la intensidad baja de pastoreo las plantas no ramoneadas en un ciclo de pastoreo alcanzaron más de 2 m de altura en el siguiente ciclo. Otro factor que también contribuyó para que las plantas sobrepasaran los 2 m de altura, fue el crecimiento de brotes nuevos en muchas ramas primarias a una altura de aproximadamente 1,5 m. Algunos autores (Jones y Jones, 1979; citado por Ruiz *et al*, 1988) han sugerido que para estimular el crecimiento de nuevos brotes desde la base de las ramas, es deseable que después del pastoreo las plantas tengan una altura inferior a 1 m.

El hecho de que la altura promedio de las plantas haya sido 1,57 m en el primer ciclo de pastoreo, puede haber contribuido a que hubieran plantas con más de 2 m de altura en el segundo ciclo, incluso en el tratamiento de intensidad alta. Ruiz *et al* (1988) reportan un efecto positivo de la altura en el inicio del pastoreo en *L. leucocephala* sobre la altura que alcanzan las plantas en los siguientes ciclos; sugiriendo que la mejor altura para iniciar el pastoreo en dicha especie es de 0,9 a 1,0 m de altura, pues solamente después de 24 meses de iniciado el pastoreo se presentaron plantas con alturas mayores de 2 m.

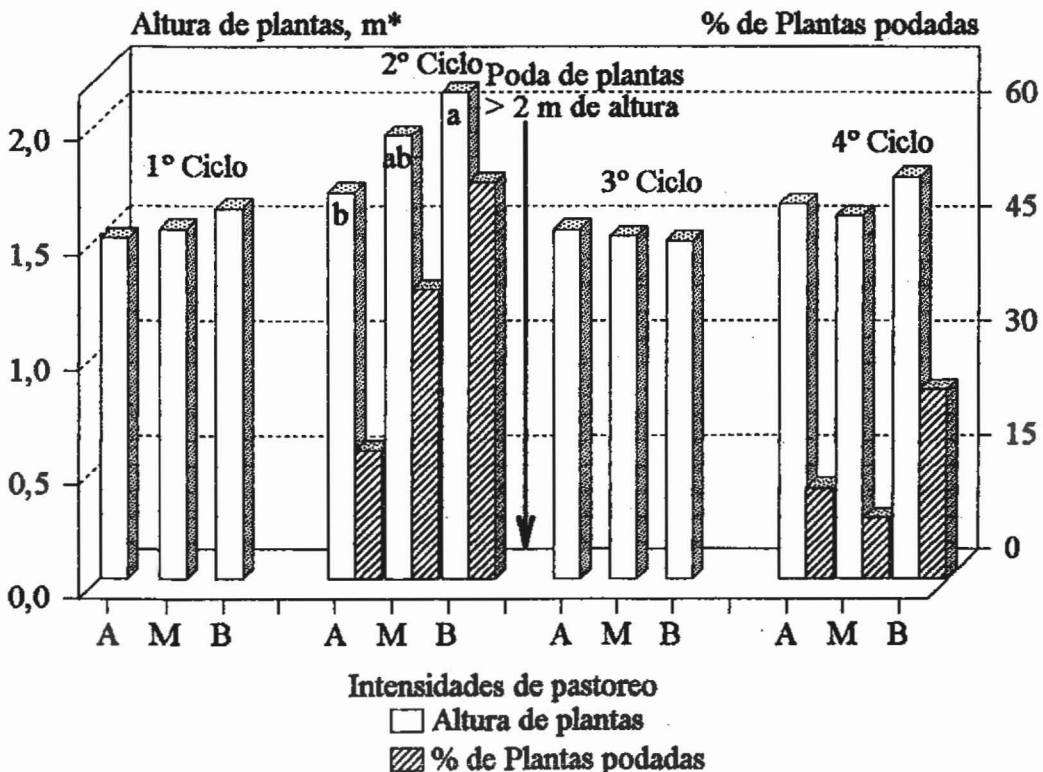


Figura 23. Altura de plantas y porcentaje de plantas podadas de *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

* Letras iguales para la misma variable y el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

4.2.3. Diámetro basal de tallos y ramas primarias

El diámetro basal de los tallos no fue afectado por las intensidades y ciclos de pastoreo (Cuadro 38A). El diámetro de las ramas primarias se incrementó significativamente ($P<0,05$) con el transcurso de los ciclos de pastoreo, presentando un promedio de 14,7 mm en el primer ciclo y 21,4 mm en el cuarto ciclo de pastoreo (Cuadro 38A). En el último ciclo de pastoreo, el diámetro de las ramas primarias fue mayor ($P<0,05$) en la intensidad baja (22,4 mm) que en las intensidades alta (20,1 mm) y media (20,3 mm) (Figura 24). La intensidad baja de pastoreo presentó un incremento significativo ($P<0,05$) del diámetro de ramas primarias durante todos los ciclos de uso, mientras que en las intensidades alta y media el aumento fue significativo solamente en el segundo ciclo de pastoreo, disminuyendo la tasa de crecimiento durante los demás ciclos (Cuadro 40A).

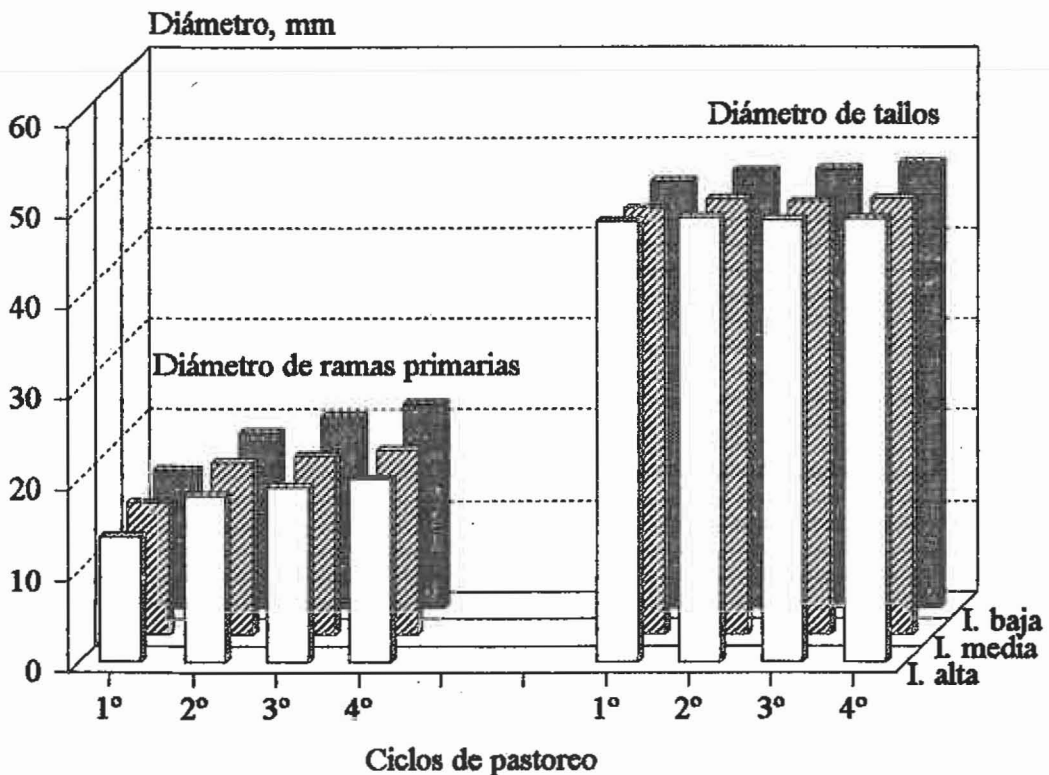


Figura 24. Diámetro de tallos y de ramas primarias de *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

La mayor inversión de los recursos de la planta en tejido leñoso (diámetro y altura de planta) observada en la intensidad baja de pastoreo puede atribuirse al mayor residuo foliar remanente después de cada pastoreo. La distribución de energía de la fotosíntesis dentro de las

leñosas perennes tiene como prioridad la respiración de los tejidos vivos y la producción de raicillas y follaje, mientras que el crecimiento en altura y en diámetro de tallos ocupa una menor prioridad (Galloway, 1994). Cuando el crecimiento del follaje alcanza una intercepción completa de luz (las copas se tocan), es posible que las plantas dispongan de excedentes de energía de la fotosíntesis, y destinen estos recursos para la formación de tejido leñoso, con crecimiento en altura y en diámetro (Stür *et al*, 1994). Debido a la menor área foliar residual de las intensidades alta y media, las plantas priorizaron la formación de hojas, invirtiendo menor cantidad de recursos en la producción de tejidos leñosos.

4.2.4. Ramas primarias vivas, reclutadas, muertas y dañadas por los animales

El número de ramas primarias por tallo tuvo un comportamiento similar para las tres intensidades bajo estudio, reduciéndose significativamente ($P<0,05$) con el transcurrir de los ciclos de pastoreo (Figura 25). En promedio el número de ramas primarias por tallo para el primer, segundo, tercer y cuarto ciclo de pastoreo, fueron 7,5; 6,3; 5,2 y 4,7, respectivamente.

El número de ramas primarias reclutadas fue muy escaso, siendo insuficiente para reemplazar las ramas muertas y por consiguiente mantener la cantidad original de ramas primarias por tallo. El promedio de ramas primarias reclutadas por ciclo de pastoreo para las tres intensidades de este estudio fue de apenas 0,12 nuevas ramas por tallo (Cuadro 47A). Los tallos que emitieron nuevas ramas primarias fueron principalmente los que tuvieron todas sus ramas dañadas por los animales.

La mortalidad promedio de ramas primarias durante los tres últimos ciclos de pastoreo fue de 19,6 %, 13,5% y 13,2% para las intensidades alta, media y baja, respectivamente (Cuadro 43A). Se observó un efecto significativo ($P<0,05$) de la intensidad de pastoreo sobre el porcentaje de ramas muertas en el cuarto ciclo de pastoreo, siendo mayor en la intensidad alta (20,3%), comparada con las intensidades media (6,8%) y baja (7,2%) (Figura 26). La mortalidad de ramas primarias en la intensidad alta de pastoreo se mantuvo constante en los ciclos de pastoreo, con un promedio de 19,6% ramas muertas por ciclo; mientras que las intensidades media y baja presentaron una mortalidad promedio de 14 y 19% en el segundo y tercer ciclos, respectivamente, reduciéndose ($P<0,05$) a 7% en el cuarto ciclo de pastoreo.

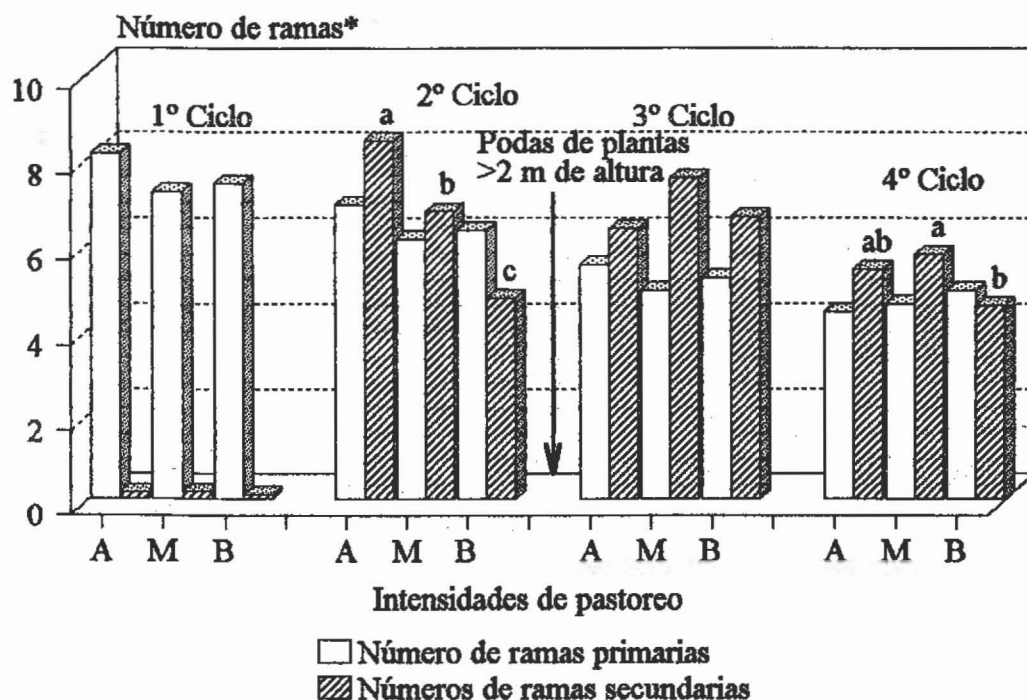


Figura 25. Número de ramas primarias por tallo y de ramas secundarias por rama primaria en *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

* Letras iguales para la misma variable y el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Entre los daños causados por el ramoneo estuvieron la tumba o quiebra de ramas primarias, pero parte de las ramas tumbadas permanecieron activas y produjeron biomasa aérea. Los promedios de ramas primarias dañadas por ciclo de pastoreo fueron de 10,3, 5,5 y 6,5%, para las intensidades alta, media y baja, respectivamente. La intensidad alta de pastoreo en el primer ciclo presentó 18,8% de ramas dañadas, valor significativamente mayor ($P < 0,05$) que los 9,5 y 10,9% observados para las intensidades media y baja, respectivamente (Figura 26); mientras que en los demás ciclos de pastoreo el porcentaje de ramas primarias dañadas se redujo significativamente ($P < 0,05$) y no presentó diferencias entre las tres intensidades bajo estudio.

No se observaron daños a los tallos marcados en las parcelas, como consecuencia del ingreso de animales para ramoneo del banco, sin embargo, hay que considerar que los animales utilizados fueron vacas secas de lechería, que son dóciles y de fácil manejo. Es posible que con el pastoreo por ganado cebuino, que generalmente son animales bravíos, podría ocurrir daños en tallos o plantas, como también mayores daños a las ramificaciones.

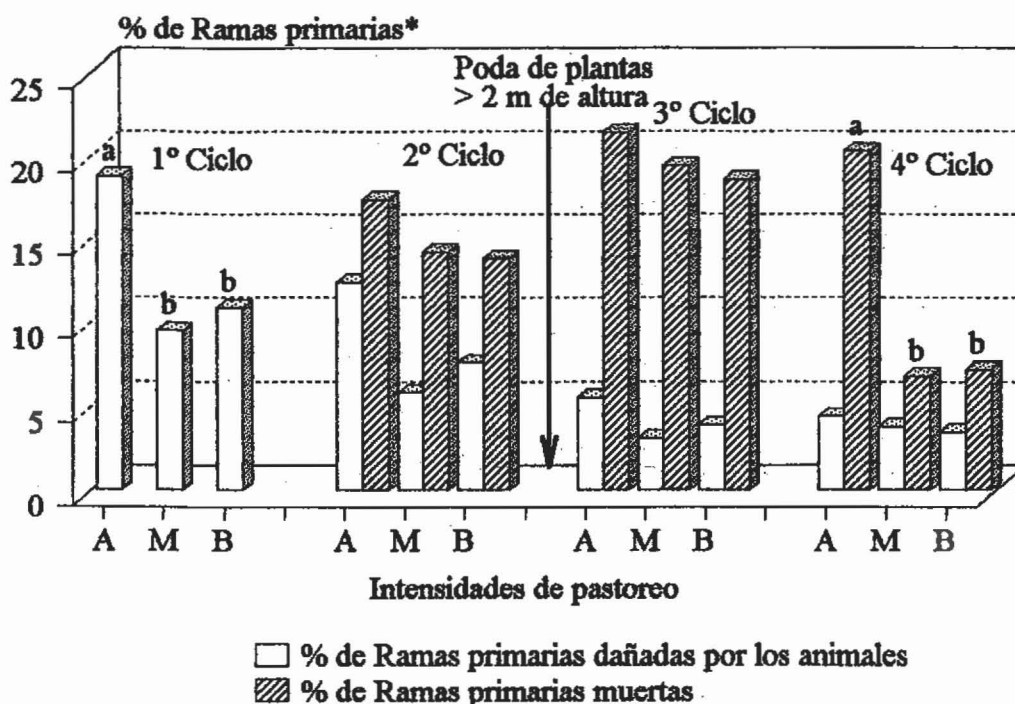


Figura 26. Porcentaje de ramas primarias muertas y dañadas por los animales en *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.

* Letras iguales para la misma variable y el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Las ramas dañadas en el primer ciclo de pastoreo fueron afectadas principalmente por el pisoteo al encontrarse en el paso de los animales. También se observaron tallos que tuvieron todas sus ramas dañadas como consecuencia del tránsito de los animales de una hilera a otra. Así mismo, el rompimiento de ramas con más de 2 m de altura por la acción del ramoneo fue observado principalmente en el segundo y cuarto ciclo de pastoreo. En plantas con más de 2 m de altura el ganado busca bajar el material comestible en la parte superior, y con esto rompe las ramas con el pecho (Paterson *et al*, 1987; Jones, 1994). Sin embargo, no se puede atribuir a las ramas dañadas por los animales los cambios en la producción de biomasa comestible.

Las ramas primarias muertas correspondieron a ramas dañadas por los animales, ramas inferiores ¹suprimidas, ramas podadas y a ramas de plantas agotadas por repetidas defoliaciones. Los mayores daños en las ramas observados en el primer y segundo ciclo de pastoreo, incrementaron la mortalidad de las mismas en los ciclos posteriores (Figura 26). Las ramas inferiores "suprimidas" reducen la tasa de fotosíntesis y mueren; así mismo, algunas ramas podadas

¹ Ramas suprimidas se refiere a las inferiores sombreadas por ramas más desarrolladas y presentan balance negativo de carbón.

al final del segundo ciclo fueron “suprimidas” por sus vecinas no podadas y esto podría ser la causa del incremento en la mortalidad de ramas observada en el tercer ciclo de pastoreo. La alta mortalidad de ramas en la intensidad alta en el cuarto ciclo de pastoreo también podría ser una indicación del agotamiento de las reservas de plantas como consecuencia de defoliaciones intensas y frecuentes. Incluso en las intensidades media y baja se observaron tallos con rebrotes de bajo vigor, debido probablemente a las repetidas defoliaciones totales, ya que no hubo control del ramoneo por planta individual.

La reducción en el número de ramas primarias por tallo parece no haber influenciado en la producción de biomasa forrajera, al menos durante el período cubierto por este ensayo, ya que en gran parte esta disminución fue compensada por la emisión de gran número de rebrotes secundarios. Sin embargo, si se continua reduciendo el número de ramas primarias, en un período más largo podrían ocurrir efectos detrimentales sobre la producción de materia seca.

4.2.5. Ramas secundarias

Las ramas primarias deshojadas poseen yemas muy activas, que después de tres a cinco días de la defoliación ya están emitiendo nuevos rebrotes, mientras que, las yemas de los tallos necesitan de 10 a 15 días. El principal rebrote después del pastoreo son las ramas secundarias. La producción de materia seca comestible obtenida con 60 días de rebrote en el segundo ciclo de pastoreo fue similar a la producción del primer ciclo que tenía 100 días de rebrote después del corte de uniformización, debido a la mayor cantidad de ramificaciones y al rápido rebrote después del primer ciclo de pastoreo.

Dos factores incidieron sobre la emisión de ramificaciones secundarias: la intensidad de ramoneo y las podas de las ramas con más de 2 m de altura, realizada al final del segundo ciclo de pastoreo. La intensidad de pastoreo baja presentó el menor ($P < 0,05$) promedio de ramas secundarias por ciclo de pastoreo, con 3,96 ramas secundarias por rama primaria, mientras que la intensidad alta y media presentaron 5,01 y 4,92 ramas secundarias por rama primaria, respectivamente.

Ramas primarias que no fueron defoliadas, presentaron un número bajo de ramificaciones, como puede ser verificado en el segundo ciclo de pastoreo; cuanto mayor fue la intensidad de pastoreo (o defoliación) mayor ($P < 0,05$) fue la cantidad de ramas secundarias emitidas por rama primaria (Figura 25). La poda a 1 m de las ramas primarias con más de 2 m de altura, indujo la

emisión de rebrotes en las yemas laterales, incrementando el número de ramas secundarias en las intensidades media y baja en el tercer ciclo de pastoreo. En el cuarto ciclo de pastoreo hubo una reducción en el número de ramificaciones secundarias para las tres intensidades bajo estudio, siendo mayor ($P < 0,05$) la disminución en la intensidad baja.

En árboles sometidos al ramoneo, las ramificaciones laterales son la principal fuente de forraje cosechado por los animales. Plantas no pastoreadas producen muy pocas ramificaciones, siguen su crecimiento normal en altura y rápidamente alcanzan tamaños que tornan difícil la cosecha del forraje por los animales, como ocurrió con la intensidad baja de pastoreo. El manejo del ramoneo debe inducir la producción de ramificaciones laterales, reducir el crecimiento en altura de las plantas y favorecer la producción de biomasa en el estrato accesible a los animales (Ruiz *et al*, 1988; Paterson *et al*, 1987; Shelton y Brewbaker, 1994; Jones, 1994); esto puede ser conseguido por la intensidad del pastoreo y por la poda de las plantas no ramoneadas.

4.2.6. Grado de ramoneo

Las evaluaciones de la intensidad de defoliación por planta revelaron diferencias importantes debido a las cargas animales impuestas (Figura 27). Para las intensidades alta, media y baja el 75, 68 y 31% de las plantas fueron fuertemente ramoneadas, el 20, 21 y 30% fueron medianamente ramoneadas, el 5, 8 y 26% fueron moderadamente ramoneadas y el <1, 3 y 12% fueron levemente ramoneadas, respectivamente.

Las diferencias en el grado de ramoneo por planta se reflejaron en la producción de biomasa en el estrato accesible e inaccesible. En las plantas clasificadas como moderadamente y levemente ramoneadas, las hojas y yemas apicales de muchas ramas primarias no fueron cosechadas por los animales y prosiguieron su crecimiento normal en altura, produciendo biomasa en el estrato no accesible a los animales. Este efecto fue observado principalmente en la intensidad baja de pastoreo.

En dicha intensidad, la eficiencia de utilización fue del 57% (Figura 22), pero lo mismo no ocurrió para las plantas individuales (Figura 27), pues para la intensidad baja se observó que un 31% de las plantas fueron fuertemente ramoneadas, mientras que 39% fueron moderada o levemente ramoneadas. Esto creó dos grupos de ramas que compiten entre sí, unas fuertemente

deshojadas y consecuentemente con menores condiciones para competir con las vecinas, poco o no defoliadas; causando efectos depresivos sobre la producción de biomasa en el estrato accesible.

La *G. sepium* presenta cambios pequeños en la calidad nutritiva de la materia seca por efecto de la edad del follaje, especialmente en los primeros 60 días de rebrote, o entre hojas jóvenes y viejas (Espinosa, 1984; Romero *et al*, 1991; Urriola, 1994). Ello, parece provocar que el consumo selectivo del forraje esté más relacionado con la accesibilidad de las ramas o de las plantas en relación al cosechador, que con la calidad nutritiva del forraje. De esta forma, con una carga baja es posible observar plantas totalmente defoliadas y otras que no fueron tocadas por los animales.

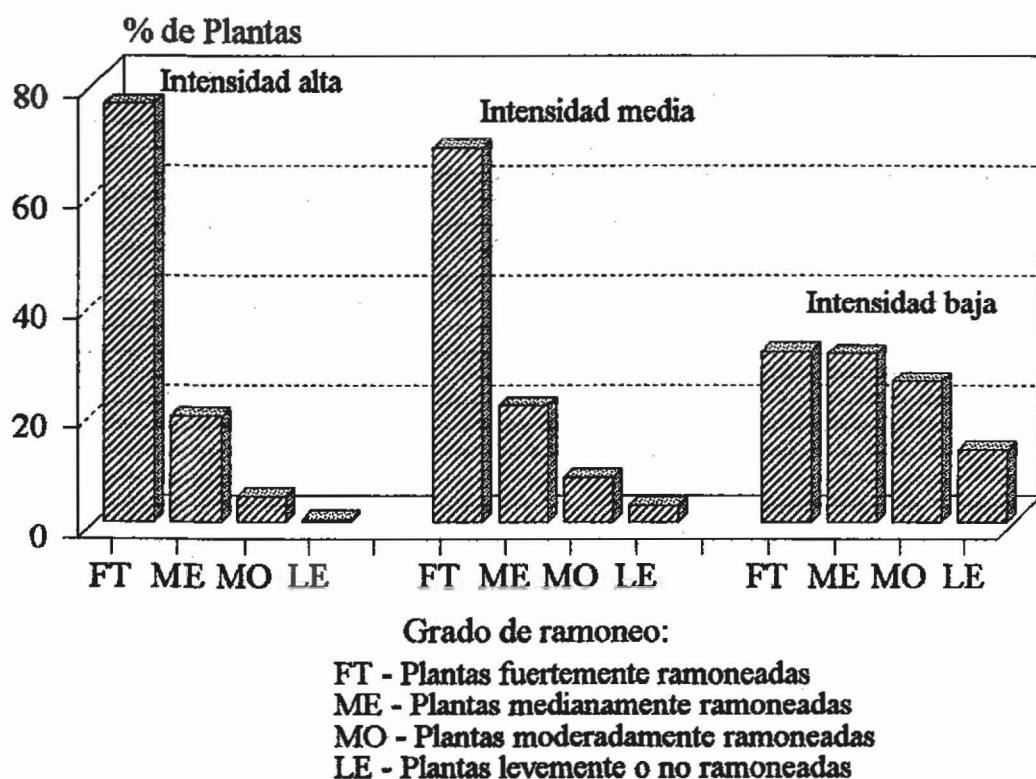


Figura 27. Frecuencia de plantas (%) clasificadas en cuatro grados de ramoneo para las intensidades alta, media y baja de pastoreo en *Gliricidia sepium*.

4.2.7. Proteína cruda y DIVMS de la biomasa de la pastura

El contenido de proteína cruda (PC) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de la pastura donde los animales permanecieron cuando no estaban en el banco de proteína, para los cuatro ciclos de pastoreo son presentados en el Cuadro 4. Los incrementos en los valores de PC y DIVMS observado en el tercer y cuarto ciclo de pastoreo se debieron a la chapea del pasto y a la fertilización nitrogenada realizados al final del segundo ciclo de pastoreo. Si se comparon estos valores con los reportados para otras gramíneas tropicales, puede considerarse esta pastura como de mediana calidad nutricional (Skerman y Riveros, 1992).

Cuadro 4. Proteína cruda y DIVMS de la pastura natural para los cuatros ciclos de pastoreo.

Ciclos de pastoreo	Proteína Cruda (%)	DIVMS (%)
1°	8,7	54,3
2°	8,5	53,2
3°	10,8	58,7
4°	10,4	58,5

4.2.8. Calidad nutritiva de la biomasa comestible de *Gliricidia sepium*

La intensidad de pastoreo no afectó la composición química y la DIVMS del forraje de *G. sepium* en oferta y residual (Cuadro 48A). Los constituyentes de la pared celular (Fibra detergente neutro, Fibra detergente ácido, celulosa, hemicelulosa y lignina) presentaron diferencias significativas entre ciclos de pastoreo, tanto para biomasa en oferta como para el residuo (Cuadro 5), pero las diferencias encontradas son muy pequeñas como para influenciar significativamente el consumo de materia seca.

El contenido de proteína cruda de la biomasa en oferta tendió a declinar ($P < 0,05$) con los ciclos de pastoreo, fue de 28,6% en el primer ciclo y disminuyó hasta 23,4% en el cuarto ciclo de pastoreo. El contenido de proteína cruda de la biomasa residual varió de 20,5 a 24,0%, presentando el menor ($P < 0,05$) valor en el cuarto ciclo de pastoreo. La DIVMS presentó valores entre 65,7 a 70,8% para la biomasa en oferta y de 61,5 a 67,1% para la biomasa residual,

correspondiendo los mayores valores, en ambos casos, al primer y tercer ciclos de pastoreo (Cuadro 5).

Los compuestos secundarios evaluados (cumarina y proantocianidina) presentaron diferencias significativas entre los ciclos de pastoreo, correspondiendo al cuarto ciclo de pastoreo el menor contenido de cumarina libre en la biomasa ofertada y residual. El contenido de proantocianidina en la biomasa en oferta se incrementó con el transcurrir de los ciclos de pastoreo, mientras que en la biomasa residual no se observaron cambios significativos (Cuadro 5). Para las tres intensidades de pastoreo de este estudio, la presencia de cumarinas libre y proantocianidina fueron mayores en la biomasa en oferta (10,2 mg/g; 15,0 AA-550 nm/g, respectivamente), que en la biomasa residual (8,0 mg/g; 12,5 AA-550 nm/g, respectivamente), demostrando que las cantidades encontradas en el genotipo utilizado son pequeñas para influenciar en su consumo. Procedencias de *G. sepium* con contenidos superiores de cumarinas y proantocianidinas no inhibieron el consumo de follaje en cabras (Urriola, 1994) y ovejas (Ruiz, 1992).

Los valores de proteína cruda (23,4% a 28,6%) y DIVMS (65,7% a 70,8%) en el follaje de *G. sepium* encontrados en este ensayo, confirman su alta calidad nutricional, y son superiores a los obtenidos para la mayoría de las leguminosas tropicales (NFTA, 1989).

Las pequeñas diferencias observadas en la composición química y DIVMS entre la biomasa ofertada y residual (Cuadro 5) demuestran el bajo índice de selección del forraje consumido por los animales o que la uniformidad de los componentes evaluados en la fitomasa no permite detectar una posible selectividad. Resultados similares fueron encontrados para diferentes procedencias de *G. sepium*, evaluadas en pruebas de consumo efectuadas con ovinos confinados (Ruiz, 1992).

Cuadro 5. Composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca comestible disponible antes (oferta) y después (rechazo) de cada ciclo de pastoreo en *Gliciridia sepium*.

Componente	Material evaluado	Ciclos de pastoreos				Promedio
		1°	2°	3°	4°	
Fibra detergente neutro (%)	Antes	35,6 ^b	41,5 ^a	35,3 ^b	40,8 ^a	38,3
	Después	40,8 ^{bc}	46,7 ^a	38,6 ^c	43,1 ^b	42,3
Fibra detergente ácido (%)	Antes	24,1 ^{ab}	26,3 ^a	22,6 ^b	24,8 ^{ab}	24,4
	Después	26,0 ^b	28,7 ^a	22,9 ^c	25,0 ^{bc}	25,6
Celulosa (%)	Antes	14,4	14,9	14,5	15,2	14,8
	Después	15,2 ^{ab}	16,3 ^a	13,8 ^b	15,1 ^{ab}	15,1
Hemicelulosa (%)	Antes	11,5 ^c	15,2 ^{ab}	12,7 ^{bc}	16,1 ^a	13,9
	Después	14,9 ^b	18,0 ^a	15,7 ^b	18,1 ^a	16,7
Lignina (%)	Antes	9,0 ^b	10,9 ^a	7,4 ^c	8,9 ^{bc}	9,1
	Después	10,0 ^b	11,7 ^a	8,2 ^c	9,2 ^{bc}	9,8
Cumarina (mg/g)	Antes	9,9 ^{ab}	10,2 ^{ab}	11,5 ^a	9,1 ^b	10,2
	Después	8,9 ^a	8,4 ^a	8,3 ^a	6,1 ^b	8,0
Proantocianidina (AA-550 nm/g)	Antes	9,9 ^c	13,0 ^{bc}	15,4 ^b	21,6 ^a	15,0
	Después	10,6	10,7	14,3	14,6	12,5
Proteína cruda (%)	Antes	28,6 ^a	25,6 ^b	25,8 ^b	23,4 ^b	25,9
	Después	24,0 ^a	23,9 ^a	24,9 ^a	20,5 ^b	23,3
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS (%)	Antes	70,5 ^a	65,7 ^b	70,8 ^a	67,1 ^b	68,5
	Después	67,1 ^a	61,5 ^b	68,3 ^a	64,5 ^{ab}	65,3

Valores con igual letra minúscula en una misma hilera no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

4.2.9. Consumo estimado de materia seca y proteína

El consumo estimado de materia seca (MS) se incrementó a medida que se redujo la intensidad de pastoreo, obteniéndose un promedio por ciclo de 0,42, 0,60 y 0,75 kg de MS/100 kg de peso vivo (PV)/día para las intensidades alta, media y baja de pastoreo, respectivamente (Cuadro 36A). En la intensidad alta de pastoreo el consumo de materia seca tendió a reducirse con el transcurrir de los ciclos de pastoreos, mientras que las intensidades media y baja presentaron los más altos consumos en el primer y segundo ciclo y los más bajos en el tercer ciclo, pero los mismos se incrementaron nuevamente en el cuarto ciclo de pastoreo (Figura 28). Cabe señalar que los consumos observados en este ensayo son similares al conseguido en corral cuando se ofrecía el follaje de *G. sepium* como suplementos en dietas de caña de azúcar y a los observados en *Erythrina cocleata* como suplemento en novillos en pastoreo (Pezo *et al*, 1990; Kass *et al*, 1992).

El consumo de proteína cruda (estimado con base al consumo de materia seca) fue en promedio de 458, 635 y 797 g/animal/día por ciclo de pastoreo para las intensidades alta, media y baja, respectivamente. El consumo de proteína cruda entre ciclos e intensidades de pastoreo varió similarmente a lo descrito para el consumo de materia seca (Figura 28).

El consumo de materia seca observado en este ensayo puede ser considerado alto, y en ningún momento de observaron problemas de no aceptabilidad por los animales del forraje de esta procedencia de *G. sepium*. Además, hay que considerar que la dieta base (pastura natural) presentaba medianos niveles de proteína cruda, lo cual pudo reducir la presión de pastoreo sobre el banco de proteína. En pasturas con alto déficit de proteína, es de esperar que la presión de consumo sobre el banco sea más grande que la observada en este ensayo. Los mayores consumos observados en el primer y segundo ciclos de pastoreo pueden estar relacionado con el menor contenido de proteína cruda del pasto natural en éstos ciclos (Cuadro 4).

Según NRC (1988), una vaca adulta de 400 kg de PV y con una producción de 10 kg de leche por día con 4% de grasa, tiene una necesidad diaria de 1218 g de proteína cruda y 31,25 Mcal de energía metabolizable. Si un animal de esas características ramonea un banco de *G. sepium* con la intensidad media (consumo de 0,6 kg de MS/100 de PV, 635 g de proteína cruda/animal y 7,2 Mcal de energía metabolizable/animal) cubriría el 52% de sus necesidades de proteína cruda y el 23% de sus necesidades de energía. Este ejemplo verifica el concepto de que la *G. sepium* funciona fundamentalmente como suplemento proteico.

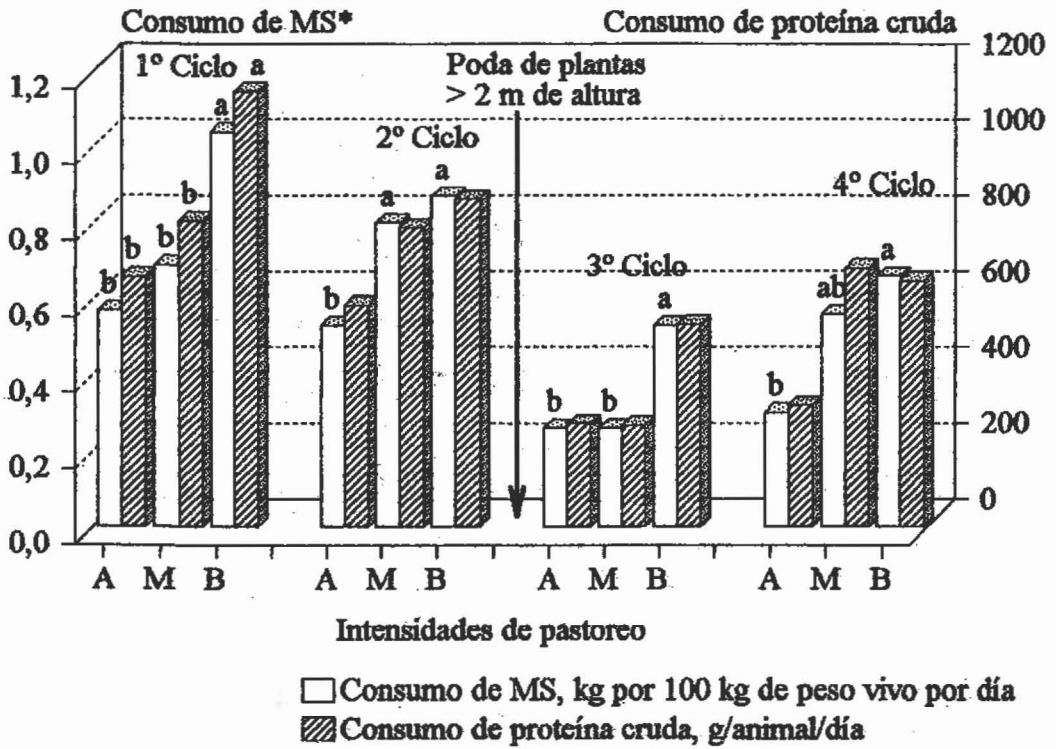


Figura 28. Consumo de materia seca y proteína cruda de *Gliricidia sepium* bajo las intensidades alta (A), media (M) y baja (B) en cuatro ciclos de pastoreo.
 * Letras iguales para la misma variable y el mismo ciclo de pastoreo no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

4.3. Discusión general

El principal objetivo del manejo de la defoliación de árboles forrajeros es asegurar una producción máxima sostenible de materia seca comestible en el estrato accesible. Los resultados de este trabajo, ilustran que dos factores intrínsecos a la planta, contribuyen marcadamente al desarrollo del rebrote después de la defoliación (manual o por ramoneo): la capacidad de fotosíntesis de las hojas remanentes y las reservas de la planta. En contraste, el gran número de rebrotes desarrollados después de cada defoliación indica que la disponibilidad de tejido meristemático activo (yemas) no es un factor limitante para la producción de biomasa, al menos en un período similar al cubierto por los dos experimentos de la presente tesis.

La presencia de área foliar residual y la disponibilidad de yemas activas después de la defoliación favorecen un rápido rebrote e incrementan la producción de materia seca comestible (Figura 5), pero también promueven una inversión de parte de los recursos de la planta en la formación de tejido leñoso, asociado con el crecimiento en altura (Figuras 9) y el incremento del diámetro de tallos y ramas (Figura 10). Así, los tratamientos de corte con defoliación media y liviana en la frecuencia de 100 días o de ramoneo con la intensidad baja, presentaron una alta inversión de recursos en tejido leñoso o la producción de biomasa en el estrato no accesible para los animales, lo cual redundó en efectos negativos sobre la producción de biomasa comestible. Por otro lado, en los tratamientos con defoliación total e intervalos entre cortes de 50 ó 75 días prácticamente no hubo producción de tejido leñoso, pero los rendimientos de biomasa comestible se redujeron drásticamente con el transcurso de las defoliaciones, debido a la falta de un área foliar capaz de sostener el rebrote inicial y al agotamiento de las reservas de la planta. Así mismo, en la intensidad alta de pastoreo, donde el residuo foliar fue de casi un 9% del total de hojas, la producción de materia seca comestible tendió a reducirse con los ciclos de pastoreo.

El manejo de la intensidad y frecuencia de la defoliación debe estar orientado a balancear la producción de materia seca comestible y de tejido leñoso, debido a la estrecha relación de los rendimientos de ambos componentes en la fase de máxima producción de biomasa después de la poda. Stür *et al* (1994) sugieren que el material comestible debe representar el 50 a 60% de la producción total, lo cual se logró en este estudio con una intensidad mediana de defoliación y un intervalo entre podas de 75 días.

La cantidad de área foliar residual capaz de mantener una producción de biomasa estable depende de la frecuencia entre defoliaciones; así un mayor residuo foliar permite defoliaciones más

frecuentes y viceversa (Figura 5). Por lo tanto, la defoliación de intensidad liviana cada 50 días permitió alcanzar producciones similares a la obtenida con intensidad mediana cada 75 días, con rendimientos de 8,9 t/ha de materia seca comestible en un período de 200 días (Figura 4). En intervalos de corte más largos, como defoliaciones cada 100 días, el residuo foliar deja de tener importancia para el mantenimiento de una producción estable, por haber un período suficiente para que las plantas acumulen las reservas que darán el soporte al rebrote (Stür *et al*, 1994).

En los tratamientos con defoliación total los nuevos brotes dependen exclusivamente de las reservas presentes en la planta; por ello en las frecuencias de defoliación de 50 y 75 días las reservas presentes después de la primera evaluación fueron capaces de sostener un rebrote vigoroso, obteniéndose una producción de biomasa similar a la alcanzada en los tratamientos con defoliación parcial, pero estas producciones decayeron drásticamente en las siguientes evaluaciones, indicando que los intervalos entre las defoliaciones fueron insuficientes para que las plantas acumularan reservas para sostener el rebrote (Figura 6 y 7). En la intensidad alta de pastoreo se observaron efectos similares a los de la defoliación total, con una producción en el segundo ciclo similar a la del primer ciclo de pastoreo, pero ésta se redujo significativamente en los siguientes ciclos, debido a que en las plantas fuertemente ramoneadas, la fuente principal de recursos para el rebrote también eran las reservas orgánicas (Figura 20). Las mayores inversiones en tejido leñoso (crecimiento en altura e incremento en diámetro) en la primera evaluación de la defoliación manual (Figuras 9 y 10) y en el segundo ciclo de pastoreo (Figuras 23 y 24) puede indicar una mayor disponibilidad de las reservas de las plantas durante el desarrollo de estos rebrotes.

El rápido crecimiento de *G. sepium* puede ser un problema; por ello, para evitar que las plantas alcancen alturas tales que impidan su pastoreo o dificulten su poda, la defoliación debe eliminar la yema apical de las ramas primarias, interrumpiendo el crecimiento en altura y favoreciendo la emisión de ramificaciones laterales; cuanto mayor sea la intensidad de defoliación menor será el crecimiento en altura (Figuras 9 y 23). Cuando el banco de proteína de *G. sepium* es ramoneado, solamente es posible eliminar todas las yemas apicales de las ramas primarias aplicando intensidades de pastoreo alta o media. En cambio, la presión de pastoreo baja utilizada en este estudio (21 UA·día/ha) debe de ser descartada, debido al crecimiento en altura de las plantas.

Pound y Cairo (1985) y Jones (1994) demostraron que el control de la altura de las plantas mediante el corte de aquellas con más de 2 m de altura, promueve la formación de ramificaciones laterales, favoreciendo la producción de biomasa en el estrato accesible, pero al proseguir la

utilización con una presión de pastoreo baja, rápidamente las plantas alcanzarán nuevamente una altura superior a los 2 m (Figura 20). Por otro lado, cuando se maneja la *G. sepium* bajo corte con defoliaciones parciales, hay un incremento constante en la altura de las plantas, pues en cada poda las plantas alcanzan una altura superior a la anterior (Cuadro 5A), siendo necesario en un momento dado realizar una poda total y empezar de nuevo el ciclo de podas parciales.

El mantener las ramas primarias en plantas de *G. sepium* manejadas bajo corte o ramoneo incrementa la producción de biomasa comestible, debido a la mayor disponibilidad de yemas, capaces de rebrotar con vigor, cuando no hay limitaciones de recursos.

El obtener una defoliación parcial relativamente uniforme con el ramoneo sólo fue posible con cargas alta y media, en las que la eficiencia de utilización de la biomasa comestible fue de al menos 75%; en cambio la carga baja tuvo efectos negativos sobre la producción de biomasa en el estrato accesible, debido a la heterogeneidad de la defoliación de plantas individuales. En esta especie la selectividad parece estar relacionada con la accesibilidad para la cosecha por los animales, por ello, un arreglo espacial a la siembra donde haya una protección parcial de las ramas y hojas de la base, como ocurre con la siembra en hileras dobles, podría crear una barrera natural para controlar la defoliación y los potenciales daños ejercidos por los animales.

Los resultados obtenidos con la defoliación parcial tienen importante aplicación práctica para el manejo bajo corte de esta leñosa perenne, en sistemas tales como los bancos forrajeros, las cercas vivas, los cultivos en callejones y como soporte vivo. En bancos forrajeros, la defoliación del 60% a 70% de la biomasa de hojas podría incrementar la producción de materia seca comestible y reducir por lo menos a 75 días el intervalo entre podas en zonas similares a las que se realizó este trabajo. Actualmente el CATIE (1989 y 1992) recomienda podas totales efectuadas cada 120 días para el manejo de bancos de *G. sepium* en el trópico húmedo. La defoliación parcial en cercas vivas podría permitir una mayor frecuencia de podas sin comprometer el desarrollo de las plantas, sin embargo, en este sistema habría la dificultad para realizar podas parciales, debido a que las estacas deben ser de por lo menos 2 m de altura para evitar los daños de animales.

En los sistemas agroforestales de cultivos anuales combinados con leñosas perennes ya sea en callejones o como soporte vivo, la realización de una poda parcial a mitad del ciclo de cultivo podría reducir la competencia entre el árbol y el cultivo, favoreciendo el desarrollo del cultivo, sin comprometer la sobrevivencia y la producción del árbol; además este manejo permitiría incorporar el follaje podado al suelo como abono verde.

V. CONCLUSIONES

- El residuo foliar en plantas de *G. sepium* favorece un rebrote vigoroso, permitiendo una mayor frecuencia de defoliación, incrementando la producción de biomasa comestible y manteniéndola estable, pero también aumenta el crecimiento en altura y el diámetro de los tallos y ramas primarias.
- La defoliación total y frecuente (cada 50 ó 75 días) causa en *G. sepium* reducciones substanciales en la producción de materia seca e incrementos en la mortalidad de tallos y de ramas primarias, que comprometen la productividad a largo plazo del banco.
- Prolongar el intervalo entre defoliaciones en *G. sepium* resulta en una mayor formación de tejido leñoso, lo cual se refleja en un aumento de la altura de plantas y del diámetro de tallos y ramas primarias.
- El crecimiento en altura de las plantas en la parcela incrementó la mortalidad de las ramas primarias en los estratos inferiores, pero los rendimientos de biomasa comestible no fueron afectados, debido a la mayor producción de ramas laterales.
- La producción de biomasa comestible en *G. sepium* está positivamente correlacionada con la producción de tejido leñoso (incremento en la altura de plantas y del diámetro de tallos y ramas).
- El manejo bajo corte de bancos de proteína de *G. sepium* con una frecuencia de 75 días y una intensidad mediana ($\approx 66\%$ de defoliación) permite que quede un residuo foliar capaz de sostener un rebrote vigoroso y mantener una alta producción de biomasa comestible.
- Cuando los bancos de proteína de *G. sepium* se manejan bajo corte o ramoneo se debe eliminar la yema apical de las plantas para inducir la emisión de ramificaciones laterales y así reducir el crecimiento en altura.
- El ramoneo de bancos de proteína de *G. sepium* provoca mortalidad y daños a las ramas primarias, pero la emisión de ramificaciones laterales ejerce un efecto compensatorio en la producción de fitomasa.

- En *G. sepium* la baja presión de pastoreo ocasiona heterogeneidad en la defoliación, con plantas fuertemente ramoneadas y otras levemente o no ramoneadas, lo cual tiene efectos sobre el crecimiento de las plantas y la producción de biomasa accesible y no accesible para la cosecha animal, lo cual hace necesario que este manejo se combine con podas periódicas.
- *G. sepium* ramoneada con una intensidad alta resulta en una reducción en la producción de biomasa a medida que progresan los ciclos de pastoreo.
- La intensidad de pastoreo media (42 UA·día/ha) en *G. sepium* resulta en producciones más estables de materia seca comestible en el estrato accesible, una pequeña producción de biomasa en el estrato no accesible y un rebrote vigoroso.
- En el manejo del pastoreo de un banco de proteína de *G. sepium* es necesario podar a 1 m las plantas que sobrepasen los 2 m de altura para favorecer ramificaciones laterales y la producción de biomasa en el estrato accesible.
- La composición química y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del forraje de *G. sepium* varían con la frecuencia de defoliación y los ciclos de pastoreo, pero desde el punto de vista nutricional estas diferencias son insignificantes, lo cual flexibiliza el uso del follaje de esta especie como suplemento proteico para rumiantes.
- Los contenidos de cumarinas y proantocianidinas en las procedencias de *G. sepium* utilizadas en este estudio son de una magnitud tal que no deben influir en la aceptabilidad del forraje por rumiantes.
- El consumo estimado de proteína cruda de *G. sepium* durante 2 horas de pastoreo por día indican que puede cubrir aproximadamente la mitad de los requerimientos diarios de proteína cruda para la producción de 10 kg/día de leche por una vaca de 400 kg de peso vivo.

VI. RECOMENDACIONES

6.1. Recomendaciones para posibles estudios con bancos de proteína de *G. sepium*

- Seleccionar procedencias de *G. sepium* que presenten características deseables para su utilización en bancos de proteína, como son: producción de hojas, ramificaciones laterales, altura de planta, capacidad de rebrote y contenido de compuestos secundarios que no limiten la aceptabilidad del follaje por los animales.
- Realizar estudios para determinar la mejor altura de planta a la que debe iniciarse la defoliación o el pastoreo en *G. sepium*.
- Estudiar el arreglo de la siembra (como hileras dobles) y el plantío de una gramínea de piso intercalada, para incrementar la producción de forraje de un banco de *G. sepium* manejado bajo pastoreo.
- Estudiar el efecto de la interacción de la densidad y el arreglo de siembra con la frecuencia e intensidad de defoliación sobre la producción de biomasa comestible en el estrato accesible y el crecimiento en altura de las plantas.
- Analizar el efecto bioeconómico de la suplementación bajo pastoreo de un banco de proteína de *G. sepium* sobre la producción de leche o carne y su producción y persistencia en un período más largo.

6.2. Recomendaciones preliminares para el manejo de *G. sepium* bajo corte

El manejo de la *G. sepium* bajo podas parciales, manteniendo un residuo foliar de un 30-35% de las hojas en la planta, incrementa la producción de biomasa y reduce el intervalo entre cortes a por lo menos 75 días, sin comprometer la persistencia de las plantas. Se recomienda cosechar toda la biomasa disponible (comestible + tallos leñosos) en los dos tercios superiores de la copa de cada planta. Esto mantiene un residuo foliar capaz de soportar el rebrote y elimina una parte leñosa de las ramas, reduciendo el crecimiento en altura de las plantas.

Dependiendo del objetivo de uso de *G. sepium*, se puede tener una estrategia diferente de las podas. Un sistema de cultivo en callejones se podría incluir una poda parcial a la mitad del ciclo del cultivo anual, y una poda total al inicio de cada ciclo del cultivo. Este manejo favorece el desarrollo del cultivo al reducir la competencia entre el cultivo y el árbol, además que permite incorporar un de follaje de alta calidad al suelo, supliendo al cultivo de nitrógeno y otros nutrimentos en la fase de mayor acumulación de biomasa del cultivo. Además, la poda parcial no comprometería la sobrevivencia y la producción del árbol.

En los bancos de proteína manejados bajo podas parciales, la altura de las plantas se incrementa en cada corte, por lo que se hace necesario realizar podas totales cuando las ramas leñosas sobrepasen los 2 m de altura, para facilitar la cosecha del follaje. Es posible realizar ciclos de 4 a 6 podas parciales entre dos podas totales, dependiendo del crecimiento en altura de las plantas. Los intervalos entre podas deben ser de aproximadamente 75 días. En las regiones en que se pretenda obtener forraje de alta calidad durante el período de sequía o por lo menos en el inicio de esta estación, una posibilidad sería la utilización estratégica de podas parciales al final de la estación lluviosa, debido a que de esta forma se necesita un menor tiempo para la acumulación de grandes cantidades de forraje. Se debe recordar que el sistema de corte y acarreo puede ser extremadamente extractor de nutrimentos del suelo, ocasionando reducción en la fertilidad del suelo y en la producción del árbol; a menos que sean adecuadamente fertilizados o que el estiércol, la orina y el forraje rechazado por los animales sean colectados y retornados al terreno de cultivo.

6.3. Recomendaciones preliminares para el manejo de bancos de proteína de *G. sepium* bajo pastoreo

Con base en los resultados obtenidos, las observaciones en el campo y en la literatura consultada, se intenta realizar algunas recomendaciones prácticas para el manejo bajo pastoreo de bancos de proteína de *G. sepium* en el trópico húmedo.

Antes de la siembra se debe certificar si la procedencia a reproducir tiene buena aceptabilidad por los animales, pues hay genotipos de *G. sepium* que presentan problemas de consumo por rumiantes. Para el establecimiento del banco se recomienda sembrar estacas acostadas (como en el caso de la caña) con descortezamiento longitudinal de 2 cm de ancho y en surcos de 10 cm de profundidad (CATIE, 1989). Se propone utilizar el arreglo de hileras dobles, con espaciamento de 0,5 m entre hileras y de 1,2 m entre las hileras dobles; con este sistema de siembra se pretende una mayor densidad de plantas, manteniendo un espaciamento que permita a los animales caminar entre los árboles y creando una protección parcial de las ramas y hojas de la base de la planta para un cierto control de la intensidad de defoliación y de los daños potenciales ejercidos por los animales.

El buen desarrollo inicial de las plantas y la producción en los siguientes años después de la siembra necesita de un período de 8 a 12 meses sin utilizar el banco; solamente después de este tiempo se debe realizar un corte de uniformización a 0,5 m del suelo, de forma tal que el rebrote de este corte sea utilizado en pastoreo por los animales. La siembra de una gramínea de piso intercalada a las hileras después del período de establecimiento de las plantas de *G. sepium* puede reducir el surgimiento de malezas e incrementar la producción de biomasa forrajera del banco. Algunas especies del género *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. brizantha*) presentan características de alta agresividad, buena cobertura del suelo y una altura de plantas que no compiten con el árbol; su siembra debe ser después de que el árbol esté establecido.

Para estimar el área necesaria de banco de proteína, se considera la suplementación durante todo el año de un 50% de las necesidades de proteína cruda de una vaca lechera de 400 kg de peso vivo y con una producción de 10 kg de leche/día, en una región con características climáticas y de suelos similares a las que fueron realizados este trabajo de tesis.

Se recomienda la utilización de una carga media de pastoreo, siendo necesario para cada vaca con estas características un área total de 1400 m², equivalente a la intensidad de 42 UA·día/ha

o a la carga animal de 0,6 UA/ha para el banco de proteína. El pastoreo debe ser rotacional con 7 días de ocupación y 63 días de descanso, así el banco debe ser dividido en 10 potreros con una área de 140 m²/vaca en cada potrero. El pastoreo en el banco de proteína debe ser por 2 horas diarias, preferiblemente después del ordeño de la mañana, y el resto del día los animales permanecerían en potreros de gramíneas. El período de ocupación de cada potrero de apenas 7 días es para evitar daño por los animales a los nuevos brotes, debido a que esta especie después de defoliada presenta un rápido rebrote. El corte de uniformización debe ser escalonado, podándose un potrero cada 7 días, para obtener una altura uniforme al momento del pastoreo. El primer pastoreo después del corte de uniformización debe ser cuando las plantas alcancen como máximo 1,2 m de altura, esto debe ocurrir a los 70 a 80 días después de la uniformización. Considerando la carga animal de 0,83 a 1,14 UA/ha utilizada en el pasto ratana (*I. ciliare*) de la región del trópico húmedo de Costa Rica (Morales, 1992), el área del banco de proteína deberá ser de 12 a 16% del área total de pasturas (pastos de gramíneas + banco de proteína).

Al finalizar el ciclo de pastoreo en cada potrero se propone realizar el corte de las ramas no ramoneadas a 0,8-1,0 m de altura, para eliminar las yemas apicales de las plantas, interrumpir el crecimiento en altura de las plantas, y favorecer la emisión de ramificaciones laterales y evitar la producción de biomasa en el estrato no accesible a los animales. Con la intensidad pastoreo propuesta se espera que apenas un 10% de las plantas no tengan la yema apical eliminada por la cosecha de los animales. Así mismo, las ramas leñosas que sobrepasen los 2 m deben ser podadas a 1 m de altura al final de ciclo de pastoreo. El corte a esta altura es para garantizar la permanencia en las plantas de ramas con yemas activas, que producirán un rebrote rápido y vigoroso. También se debe considerar la necesidad de realizar un corte de uniformización por año en toda el área a 0,5 m de altura, para eliminar las ramas leñosas que se van acumulando por el transcurrir de los ciclos de pastoreo.

La intensidad media de pastoreo (42 UA·día/ha) presenta un residuo foliar y/o la acumulación de reservas en las plantas capaces de sostener un rebrote vigoroso y una producción más estable de biomasa en el estrato accesible a los animales. La eficiencia de utilización debe ser de un 70 a 80 % de la biomasa comestible producida. En caso de un incremento de la producción de biomasa en relación a la obtenida por el ensayo de esta tesis, debido a los cambios propuestos en la densidad y arreglo de la siembra, se pueda aumentar la intensidad de pastoreo para una mejor utilización del forraje y evitar el incremento en el número de plantas podadas.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ADEJUMO, J.O. 1991. Effect of length and girth of vegetative planting material upon forage yield and quality of *Gliricidia sepium*. *Tropical Agriculture (Tri.)* 68(1):63-65.
- ADEJUMO, J.O. 1992. Effect of plant age and harvest date in the dry season on yield and quality of *Gliricidia sepium* in southern Nigeria. *Tropical Grasslands (Australia)* 26(1):21-24.
- ADEJUMO, J.O.; ADEMOSUN, A.A. 1985. Effect of plant age at harvest, and of cutting time, frequency and height on the dry matter yield and nutritive value of *Gliricidia sepium* and *Cajanus cajan*. *Journal of Animal Production Research (Nigeria)* 5(1):1-12.
- ADEMOSUN, A.A.; JANSEN, H.J.; van HOUTERT, V. 1985. Goat management research at the University of Ife. *In* Sheep and goats in Humid West Africa. Ed. by J.E. Sumberg y K. Cassadry. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA. p. 34-37.
- AGUIRRE, A.V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., IICA. 138 p.
- AHN, J.H.; ROBERTSON, B.M.; ELLIOTT, R.; GUTTERIDGE, R.C.; FORD, C.W. 1989. Quality assessment of tropical browse legumes, tannin content and protein degradation. *Animal Feed Science and Technology (Holanda)* 27(1-2):147-156.
- ALPIZAR, L. 1989. Resultados del "experimento central" del CATIE: Asociaciones de pastos y árboles de sombra. *In* Avances en la investigación agroforestal. Ed. by J.W. Beer, H.W. Fassbender, J. Heuveldop. Turrialba, C.R., CATIE. p. 237-243.
- ATTA-KRAH, A.N. 1990. Availability and use of fodder shrubs and trees in tropical Africa. *In* Shrubs and tree fodders for farm animals. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., IDRC. p. 140-162.
- ATTA-KRAH, A.N.; SUMBERG, J.E. 1988. Studies with *Gliricidia sepium* for crop/livestock production systems in West Africa. *Agroforestry Systems (Holanda)* 6(2):97-118.
- BAGGIO, A.J. 1982. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud., en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR-CATIE. 91 p.
- BARRY, I. 1988. Condensed tannins: Their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. *In* The role of protozoa and fungi in ruminant digestion. Ed. by J. Nolan, R. Leng, D. Demeyer. Armidale, Australia, University of New England. p. 153-169.
- BATEMAN, V.J. 1970. Nutrición animal: manual de métodos analíticos. México, D.F., Méx. Herrero. 468 p.
- BELIARD, C. 1984. Producción de biomasa de *Gliricidia sepium* en cercas vivas bajo tres frecuencias de poda. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR-CATIE. 97 p.

- BLAIR, G.; CATCHPOOLE, D.; HORNE, P. 1990. Forage tree legumes, their management and contribution to the nitrogen economy of wet and humid tropical environments. *Advances in Agronomy* (EE.UU.) 44:27-54.
- BRAY, R.A.; PALMER, B.; IBRAHIM, T. 1989. A multisite trial of shrub legumes on acid soils. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* (Hawaii) 7:7-8.
- BRONSTEIN, G.E. 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus* asociada con árboles de *Cordia alliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R.; UCR-CATIE. 110 p.
- BUDOWSKI, G. 1978. Sistemas agrosilvopastoriles en los trópicos húmedos. Turrialba, C.R., CATIE. 28 p.
- BUDOWSKI, G. 1983. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. *In* Plant research and agroforestry. Ed. by P.A. Huxley. Nairobi, Kenya, ICRAF. p. 43-62.
- BUSTAMANTE, J.; ROMERO, F. 1993. Producción ganadera en un contexto agroforestal: sistemas silvopastoriles. *In* Curso internacional desarrollo de sistemas agroforestales. Turrialba, C.R., CATIE. p. 156-163.
- CALLE, J.; RIVERA, A.; JOSEPH-NATHAN, P. 1987. Pinitol from the leaves of *Gliricidia sepium*. *Planta Medica* 53:303.
- CAMACHO, Y.M.H. 1991. Comportamiento de procedencias y familias de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. a los 12 meses de edad en condiciones del trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 95 p.
- CAMERO, L.A. 1994. Poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos en la producción de leche. *Agroforesteria en las Américas* (C.R.) no.1:6-8.
- CARDOSO, E.P. 1986. Performance of young bulls grazing leucaena in Brazil. *Leucaena Research Reports* (Hawaii) 7:26-27.
- CAREW, B.A.R. 1983. *Gliricidia sepium* as a sole feed for small ruminants. *Tropical Grasslands* (Australia) 17(4):181-184.
- CATCHPOOLE, D.W.; BLAIR, G. 1990a. Forage tree legumes: I. Productivity and N economy of *Leucaena*, *Gliricidia*, *Calliandra* and *Sesbania* and Tree/Green Panic Mixtures. *Australian Journal of Agricultural Research* (Australia) 41(3):521-530.
- CATCHPOOLE, D.W.; BLAIR, G. 1990b. Forage tree legumes: II Investigation of nitrogen transfer to an associated grass using a split-root technique. *Australian Journal of Agricultural Research* (Australia) 41(3):531-537.

- CATCHPOOLE, D.W.; BLAIR, G. 1990c. Forage tree legumes: III Release of nitrogen from leaf, faeces and urine derived from *Leucaena* and *Gliricidia* leaf. Australian Journal of Agricultural Research (Australia) 41(3):539-547.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisoras para producción de leña en América Central, resultados de cinco años de investigación. Turrialba, C.R., CATIE. 227 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 86).
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1989. Informe final, Primera fase del proyecto Sistemas silvopastoriles para el tropico humedo bajo. Turrialba, C.R., MAG-IDA- CATIE/CIID. 184 p.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1991. Madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers), especie de árbol de uso multiple en América Central. Turrialba, C.R., CATIE, 72 p. (Serie técnica, Informe técnico no. 180).
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1992. III Informe anual y Final de la fase II del proyecto Sistemas silvopastoriles para el tropico humedo bajo. Turrialba, C.R., MAG-IDA-CATIE/CIID. 47 p
- CHADHOKAR, P.A. 1982. *Gliricidia maculata*, a promising legume forage plant. World Animal Review (Italia) no. 44:36-43.
- CHADHOKAR, P.A. 1983. The effect of *Gliricidia* supplemented dry season forage on the milk yield and composition of mry (Netherland) cows in Sri Lanka. Tropical Grasslands (Australia) 17(1):39-40.
- CHADHOKAR, P.A.; KANTHARAJU, H.R. 1980. Effect of *Gliricidia maculata* on growth and breeding of Bannur ewes. Tropical Grasslands (Australia) 14(2):78-82.
- CHADHOKAR, P.A.; LECAMWASAM, A. 1982. Effect of feeding *Gliricidia maculata* to milking cows, a preliminary report. Tropical Grasslands (Australia) 16(1):46-48.
- CHAPIN III, S.F.; SLACK, M. 1979. Effect of defoliation upon root growth, phosphate absorption and respiration in nutrient-limited tundra graminoids. Oecologia 42:67-79.
- CHEEKE, P.R.; RAHARJO, Y.C. 1987. Evaluation of *Gliricidia sepium* forage and leaf meal as feedstuffs for rabbits and chickens. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker . Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 193-198.
- CLEMENT, C.R.; HOPPER, M.J.; JONES, L.H.P.; LEAFE, E.L. 1978. The uptake of nitrate by *Lolium perene* from flowing nutrient solution. II. Effecto of light, defoliation and relationship to CO₂ flux. Journal of Experimental Botany 29(112):1173-1183.

- COBBINA, J.; ATTA-KRAH, A.N. 1992. Forage productivity of *Gliricidia* accessions on a tropical alfisol soil in Nigeria. *Tropical Grasslands (Australia)* 26(4):248-254.
- COBBINA, J.; ATTA-KRAH, A.N.; MEREGINI, A.O.; DUGUMA, B. 1990. Productivity of some browse plants on acid soils of southeastern Nigeria. *Tropical Grasslands (Australia)* 24(1):41-45.
- COOKSLEY, D.G.; PRINSEN, J.H.; PATON, C.J. 1988. *Leucaena leucocephala* production in subcoastal south-east Queensland. *Tropical Grasslands (Australia)* 22(1):21-26.
- DAVIDSON, J.L.; MILTHORPE, F.L. 1966. Effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. *Annals of Botany* 30(118):185-198.
- DE LA FUENTE, B. 1990. Estudio de aditivos y cinetica del ensilaje de madero negro (*Gliricidia sepium*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 97 p.
- DEVENDRA, C. 1992. Nutritional potential of fodder trees and shrubs as protein sources in ruminant nutrition. In *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Ed. by A. Speedy y P.C. Pugliese. Roma, Italia, FAO. p. 95-113.
- DIAS FILHO, M.B.; SERRÃO, E.A.S. 1982. Recuperação, melhoramento e manejo de pastagens na região de Paragominas, Pará. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Umido (Bra.). Documentos no. 5. 24 p.
- DICKO, M.S.; SIKENA, L.K. 1992. Feeding behaviour, quantitative and qualitative intake of browse by domestic ruminants. In *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. Ed. by A. Speedy y P.C. Pugliese. Roma, Italia, FAO. p. 129-143.
- DIEROLF, T.S.; YOST, R.S. 1989. Survival rates of three tree species in a four-year-old alley cropping trial. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii)* 7:12-13.
- ELLA, A.; STÜR, W.W.; BLAIR, G.J.; JACOBSEN, C.N. 1991. Effect of plant density and cutting frequency on the yield of four tree legumes and interplanted *Panicum maximum* cv. Riversdale. *Tropical Grasslands (Australia)* 25:281-286.
- ELLA, A.; BLAIR, G.J. 1989. Effect of tree density and cutting frequency on the production of four tree legumes and understory grass. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii)* 7:14-16.
- ELLA, A.; JACOBSEN, C.; STÜR, W.W.; BLAIR, G. 1989. Effect of plant density and cutting frequency on the productivity of four tree legumes. *Tropical Grasslands (Australia)* 23(1):28-34.
- ERDMANN, T.K.; NAIR, P.K.R.; KANG, B.T. 1993. Effects of cutting frequency and cutting height on reserve carbohydrates in *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. *Forest Ecology and Management (Holanda)* 57(1-4):45-60.

- ESPINOZA, J.E.B. 1984. Caracterización nutritiva de la fracción nitrogenada del forraje de madero negro *Gliricidia sepium* y poró *Erythrina poeppigiana*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 90 p.
- EZENWA, I.V.; ATTA-KRAH, A.N.; MULONGOY, K. 1990. Effects of diferents pruning frequencies on dry matter productivity, nodulation and root development of *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium*. *Leucaena Research Reports (Hawaii)* 11:102-103.
- FALVEY, J.L. 1982. *Gliricidia maculata*, a review. *The International Tree Crops Journal (G.B.)* 2(1):1-14.
- FINEGAN, B. 1992. Competencia. *In* Notas de clase del curso Bases ecologicas de la producción sostenible. Turrialba, C.R., CATIE/Escuela de postgrado. p. irr. (mimeo.).
- FOSTER, A.H.; BLIGHT, G.W. 1983. Use of *Leucaena leucocephala* to supplement yearling and two year old cattle grazing speargrass in south-east Queensland. *Tropical Grasslands (Australia)* 17(4):170-178.
- GALLOWAY, G. 1994. Dinámica de rodales. *In* Notas de clase del curso Silvicultura de Plantaciones Forestales. Turrialba, C.R., CATIE/Escuela de postgrado. 9 p. (mimeo.).
- GASTO, J. 1983. Dinámica de la descarga de la pastura y su arquitectura. *In* Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: metodologías de evaluación. Ed. by O. Paladines y C. Lascano. Cali, Col., CIAT. p. 81-106.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis. U.S. Department of agriculture. *Agriculture Handbook no. 379*. 20 p.
- GOLD, W.G.; CALDWELL, M.M. 1989. The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass. II. Canopy gas exchange. *Oecologia* 81:437-442.
- GRAY, S.G. 1970. The place of trees and shrubs as sources of forage in tropical and subtropical pastures. *Tropical Grasslands (Australia)* 4(1):57-62.
- GRIFFITHS, L.A. 1962. On the co-occurrence of coumarin, O-coumarin acid and melilotic acid in *Gliricidia sepium* and *Dipteryx odorata*. *Journal of Experimental Botany (G.B.)* 13(38):169-175.
- GUEVARRA, A.B.; WHITNEY, A.S.; THOMPSON, J.R. 1978. Influence of intra-row spacing and cutting regimes on the growth and yield of leucaena. *Agronomy Journal* 70:1033-1037.
- GUTTERIDGE, R.C.; MacARTHUR, S. 1988. Productivity of *Gliricidia sepium* in a sub-tropical environment. *Tropical Agriculture (Tri.)* 65(3):275-276.
- GUTTERIDGE, R.C.; SHELTON, H.M. 1993. The scope and potential of tree legumes in Agroforestry. *Agroforestry Systems (Holanda)* 23(2-3):177-194.

- GUTTERIDGE, R.C.; SHELTON, H.M. 1994. The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. *In* Forage tree legumes in tropical agriculture. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, G.B., CAB International. p. 3-11.
- HERNANDEZ, M.; BENAVIDES, J. 1994. Podas estratégicas en cercos vivos de Piñon Cubano (*Gliricidia sepium*) para la producción de forraje en la época seca. *In* Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Ed. by J.E. Benavides. Turrialba, C.R., CATIE. p. 559-582.
- HILBERT, D.W.; SWIFT, D.M.; DETLING, J.K.; DYER, M.I. 1981. Relative growth rates and the grazing optimization hypothesis. *Oecologia* 51:14-18.
- HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, C.R. IICA. 106 p.
- HOLDRIDGE, L.R.; POVEDA, L.J. 1975. Arboles de Costa Rica. San José, C.R., Centro Científico Tropical. v. 1., p. 372.
- HOLMANN, F.; ROMERO, F.; MONTENEGRO, J.; CHANA, C.; OVIEDO, E.; BAÑOS, A. 1992. Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica, primera aproximación. *Turrialba (C.R.)* 42(1):79-89.
- HUGHES, C.E. 1987. Biological considerations in designing a seed collection strategy for *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Leguminosae). *Commonwealth Forestry Review (G.B.)* 66(1):31-48.
- IVORY, D.A. 1990. Major characteristics, agronomic features, and nutritional value of shrubs and tree fodders. *In* Shrubs and tree fodders for farm animals. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., IDRC. p. 22-38.
- JABBAR, M.A.; COBBINA, J.; REYNOLDS, L. 1992. Optimum fodder-mulch allocation of tree foliage under alley farming in southwest Nigeria. *Agroforestry Systems (Holanda)* 20(2):187-198.
- JARVIS, S.C.; MACDUFF, J.H.. 1989. Nitrate nutrition of grasses from steady-state supplies in flowing solution culture following nitrate deprivation and/or defoliation. I. Recovery of uptake and growth and their interactions. *Journal of Experimental Botany (G.B)* 40(218):965-975.
- JIMENEZ, J.M.; VIQUEZ, E.; KASS, D.L.; CHAVARRIA, R. 1992. Uso de *Erythrina berteroana* y *Gliricidia sepium* como soporte vivo de fiame alado (*Dioscorea alata* L. c.v. 6322). *El Chasqui (C.R.)* no. 29:6-11.
- JOLIN, D.; TORQUEBLAU, W. 1992. Large cuttings, a jump start for tree planting. *Agroforestry Today (Kenya)* 4(4):15-16.
- JONES, R.J.; JONES, R.M. 1982. Observations on the persistence and potencial for beef production of pastures based on *Trifolium semipilosum* and *Leucaena leucocephala* in subtropical coastal Queensland. *Tropical Grasslands (Australia)* 16(1):24-29.

- JONES, R.M. 1994. The role of leucaena in improving the productivity of grazing cattle. In Forage tree legumes in tropical agriculture. Ed. by R.C: Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, UK, CAB Internacional. p. 232-244.
- JONES, R.M.; HARRISON, R.E. 1980. Note on the survival of individual plants of *Leucaena leucocephala* in grazed stands. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 57(3):265-266.
- JONES, W., BROADHURST, R.; LITTLETON, J. 1976. The condensed tannins of pasture legume species. *Phytochemistry (G.B.)* 15:1407-1409.
- KANG, B.T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A.N. 1990. Alley farming. *Advances in Agronomy (EE.UU.)* 43:315-359.
- KASS, D.L.; ARAYA, J.F. 1987. Alley cropping with *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. on farmers fields in Costa Rica. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker . Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 50-58.
- KASS, M.; BENAVIDES, J.; ROMERO, F.; PEZO, D. 1992. Lessons from main feeding experiments conducted at CATIE using fodder trees as part of the N-ration. In Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Ed. by A. Speedy, P. Pugliese. Roma, Italia, FAO. p. 161-175.
- KASS, M.; RODRIGUES, G. 1987a. Manual de evaluación nutricional de pastos y forraje. Turrialba, C. R., CATIE-Departamento de Producción Animal. 48 p. (mimeografiado).
- KASS, M.; RODRIGUES, G. 1987b. Preliminary studies on silage making from *Gliricidia sepium* (Madero Negro). In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker . Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 201-204.
- KASS, M. 1992. Utilización del follaje de árboles leguminosos como suplemento proteico para ruminantes: la experiencia del CATIE. *El Chasqui (C.R.)* no. 29:4-5.
- LADHA, J.K.; PEOPLES, M.B.; GARRITY, D.P.; CAPUNO, V.T.; DART, P.J. 1993. Estimating dinitrogen fixation of hedgerow vegetation using nitrogen-15 natural abundance method. *Soil Science Society of America Journal (EE.UU.)* 57(3):732-737.
- LARBI, A.; OSAKWE, I.I.; LAMBOURNE, J.W. 1993. Variation in relative palatability to sheep among *Gliricidia sepium* provenances. *Agroforestry Systems (Holanda)* 22(3):221-224.
- LASCANO, C.E., 1983. Limitaciones nutritivas de especies forrajeras tropicales. In Curso de manejo y utilización de pastos tropicales. Cali, Colombia, CIAT. 13 p. (mimeo.).
- LASCANO, C.E.; MAASS, B.; KELLER-GREIN, G. 1994. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. In Taller Internacional sobre Arboles Fijadores de Nitrógeno para Suelos Acidos. Turrialba, C.R., NFTA-CATIE. (in press)

- LAVIN, M. 1987. A cladistic of the tribe Robinicae. *In* *Advances in Legume Systematics*. Ed. by C.H. Stirton. Londres, G.B., Royal Botanic Gardens, v. 3, p. 31-64.
- LAVIN, M.; MATHEWS, S.; HUGHES, C. 1991. Chloroplast DNA variation in *Gliricidia sepium* (*Leguminosae*), intraspecific phylogeny and tokogeny. *American Journal of Botany* (EE.UU.) 78(11):1576-1585.
- LITTLE Jr., E.L.; WADSWORTH, F.H.; MARRERO, J. 1967. *Arboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes*. Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico. 827 p.
- LITZOW, D.R.; SHELTON, H.M. 1992. Establishment of *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* from the stem cuttings. *Leucaena Research Reports* (Hawaii) 12:3-6.
- LIYANAGE, L.V.K. 1987. Traditional uses of gliricidia in Sri Lanka. *In* *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker. Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 92-94.
- LOPEZ, S. 1994. Determinación de taninos y cumarina en dos procedencias de *Gliricidia sepium*. Turrialba, C.R., CATIE. Tópico especial, prof. consejero M. Kass. s.p. (mimeo.).
- LUDLOW, M.M.; CHARLES-EDWARDS, D.A. 1980. Analysis of the regrowth of a tropical grass/legume sward subjected to different frequencies and intensities of defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research* 31:673-692.
- MANGUIAT, I.J.; MENDOZA, D.M.; PEREZ, A.M.; PADILLA, V.M. 1989. Influence of rhizobial inoculation and phosphorus pelleting on the growth and biomass production of *Gliricidia* in a degraded grassland area. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* (Hawaii) 7:97-100.
- MANGUIAT, I.J.; PADILLA, V.M.; MENDOZA, D.M.; PEREZ, A.M. 1990. Rhizobia-mycorrhiza inoculation and N-P fertilization of *Gliricidia* in a degraded upland area. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* (Hawaii) 8:140-142.
- MANIDOOOL, C. 1985. Utilization of tree legumes with crop residues as animal feeds in Thailand. *In* *Relevance of crop residues as animal feeds in developing countries*. Khon Kaen, Thailand. p. 249-269.
- MENDIETA, M.L. 1989. Caracterización de la composición química de procedencias y familias de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. de México, América Central y Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 75 p.
- MIAH, Md. G.; GARRITY, D.P.; ARAGON, M.L. 1993. Weight loss, nitrogen content changes, and nitrogen release during decomposition of legume tree leaves on and in the soil. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* (Hawaii) 11:43-50.
- MORA, H.E. 1983. Introducción al estudio de la variabilidad fenotípica de "madero negro" *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. Turrialba, C.R. CATIE. 50 p.

- MORALES, J.L. 1992. Distribución del pasto ratana (*I. ciliare*) en las tierras de pastoreo de Costa Rica. In Seminario taller El pasto ratana (*I. ciliare*) en Costa Rica. ¿Alternativa a problemática en nuestra ganadería? Cooperativa de productores de leche R.L., San José, C.R. p. irr. (Cidade Quesada, C.R., abril, 1992).
- MUSCHLER, R.G.; NAIR, P.K.R.; MELENDEZ, L. 1993. Crown development and biomass production of pollarded *Erythrina berteroana*, *E. fusca* y *Gliricidia sepium* in the tropical lowlands of Costa Rica. *Agroforestry Systems* (Holanda) 24(2):123-143.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Firewood crops: shrubs and tree species for energy production. Washington, D.C., EE.UU., NAS. 344 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1988. Nutrients requirements of dairy cattle. 6. rev. ed. Washington, D.C., EE.UU. National Academy of Sciences. 157 p.
- NEIL, P.E. 1990. *Gliricidia sepium* provenance testing in Nepal. *Banko Janakari* (Nepal) 2(4):299-402.
- NTIS, I.M. 1987. Production systems based on tree cropping. In Small ruminant production systems in south and southeast Asia. Ed. by Devendra. Ottawa, Can., IDRC. p. 101-117.
- NTIS, I.M.; PUGER, W.; SUARNA, M.; SUKANTEN, W.; LANA, K. 1993. Effect of *Gliricidia* on the yield of soybean and cassava in an alley-cropping system. In Proceedings of the 17th. International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand, New Zealand Grassland Association. v.3. p. 2189.
- NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. 1989. *Gliricidia* production and uses. Ed. by N. Glover. Waimanalo, Hawaii. NFTA. 44 p.
- NORTON, B.W. 1994a. The nutritive value of tree legumes. In Forage tree legumes in tropical agriculture. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, G.B., CAB International. p. 177-191.
- NORTON, B.W. 1994b. Anti-nutritive and toxic factors in forage tree legumes. In Forage tree legumes in tropical agriculture. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, G.B., CAB International. p. 202-215.
- NORTON, B.W. 1994c. Tree legumes as dietary supplements for ruminants. In Forage tree legumes in tropical agriculture. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, G.B., CAB International. p. 192-201.
- OGLESBY, K.A.; FOWNES, J.H. 1992. Effects of chemical composition on nitrogen mineralization from green manures of seven tropical leguminous trees. *Plant and Soil* (Holanda) 143(1):127-132.
- OKALI, C.; SUMBERG, J.E. 1985. Sheep and goats, men and women, household relations and small ruminant development in Southwest Nigeria. *Agricultural Systems* (G.B.) 18(1):39-59.

- ONWUKA, C.F.I. 1992. Tannin and saponin contents of some tropical browse species fed to goats. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 69(2):176-180.
- PALADINES, O.; LASCANO, C. 1983. Recomendaciones para evaluar germoplasma bajo pastoreo en pequeños potreros. *In* Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: metodologías de evaluación. Ed. by O. Paladines y C. Lascano. Cali, Col., CIAT. p. 165-183.
- PARSONS, A.J.; LEAFE, E.L.; COLLETT, B.; STILES, W. 1983. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristics of leaf and canopy photosynthesis of continuously-grazed swards. *Journal of Applied Ecology* 20:117-126.
- PATERSON, R.T.; PROVERBS, G.A.; KEOGHAN, J.M. 1987. The management and use of forage banks. St. Augustine, Trinidad, Caribbean Agricultural Research and Development Institute. 20 p.
- PERTCHIK, B.; PERTCHIK, H., 1951. Flowering trees of the Caribbean. New York, EE.UU., Rinehart & Company. 125 p.
- PEZO, D. 1981. La calidad nutritiva de los forrajes. *In* Producción y utilización de forrajes en el trópico. Turrialba, C.R., CATIE. p. 70-103.
- PEZO, D.; KASS, M.; BENAVIDES, J.; ROMERO, F.; CHAVES, C. 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. *In* Shrubs and tree fodders for farm animals. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., IDRC. p. 163-175.
- PIMENTEL GOMES, F. 1984. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. Piracicaba, Bra., POTAFOS. 160 p.
- PIMENTEL GOMES, F. 1985. Curso de estatística experimental. Piracicaba, Bra., Livraria Nobel S.A. 466 p.
- POUND, B.; MARTINEZ CAIRO, L. 1985. Leucaena, su cultivo y utilización. Londres, G.B., Overseas Development Administration. 289p.
- PRESTON, T.R. 1992. The role of multi-purpose trees in integrated farming systems for the wet tropics. *In* Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Ed. by A. Speedy y P.C. Pugliese. Roma, Italia, FAO. p. 95-113.
- PUGER, W.; NITIS, I.M.; LANA, K.; SUARNA, M.; SUKANTEN, W. 1993. Production and growth characteristics of sixteen *Gliricidia* provenances grown in a dryland farming area in Bali. *In* Proceedings of the 17th. International Grassland Congress. Palmerston North, New Zealand, New Zealand Grassland Association. v.3. p. 2121-2122.
- QUIRK, M.F.; BUSHELL, J.J.; JONES, R.J.; MEGARRITY, R.G.; BUTLER, K.L. 1988. Live-weight gains on leucaena and native grass pastures after dosing cattle with rumen bacteria capable of degrading DHP, a ruminal metabolite from leucaena. *Journal of Agricultural Science (G.B.)* 111:165-170.

- QUIRK, M.F.; PATON, C.J.; BUSHELL, J.J. 1990. Increasing the amount of leucaena on offer gives faster growth rates of grazing cattle in south east Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture (Australia)* 30:51-54.
- RAHARJO, Y.C.; CHEEKE, P.R. 1985. Palatability of tropical tree legume forage to rabbits. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii)* 3:31-32.
- RANGKUTI, M.; SIREGAR, M.E.; ROESYAT, A. 1990. Availability and use of shrubs and tree fodders in Indonesia. *In Shrubs and tree fodders for farm animals*. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., IDRC. p. 266-278.
- RATHERT, G.; WERASOPON, O. 1992. Nutrient value of nitrogen fixing tree species for upland rice in Thailand. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii)* 10:81-84.
- REED, J.D.; HORVATH, P.J.; ALLEN, M.S.; VAN SOEST, P.J. 1985. Gravimetric determination of soluble phenolics including tannins from leaves by precipitation with trivalent ytterbium. *Journal Science Food and Agriculture (EE.UU.)* 36:255-261.
- REED, J.D.; SOLLER, H.; WOODWARD, A. 1990. Fodder tree and straw diets for sheep, intake, growth, digestibility and the effects of phenolics on nitrogen utilisation. *Animal Feed Science and Technology (Holanda)* 30:39-50.
- RICHARDS, J.H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. *In Proceedings of the 17th. International Grassland Congress*. Palmerston North, New Zealand, New Zealand Grassland Association. v.1. p. 85-93.
- ROMERO, F.; CHANA, C.; MONTENEGRO, J.; SANCHEZ, L.A.; GUEVARA, G. 1991. Productividad de *Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana* en cercas vivas manejadas bajo tres frecuencias de podas en la zona Atlántica de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (C.R.). *Agroforesteria* no. 6. 4 p.
- ROSECRANCE, R.C.; ROGERS, S.; TOFINGA, M. 1992. Effects of alley cropped *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* hedges on weed growth, soil properties, and taro yields in Western Samoa. *Agroforestry Systems (Holanda)* 19:57-66.
- ROSKOSKI, J.P.; MONTANO, J.; van KESSEL, C.; CASTILLEJA, G. 1982. Nitrogen fixation by tropical woody legumes, potential source of soil enrichment. *In Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture*. Ed. by P.H. Graham y S.C. Harris. Cali, Col., CIAT. p. 447-454.
- RUIZ, C.J.F. 1992. Aceptabilidad por ovinos de la biomasa comestible, de procedencias, familias e individuos de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Guapiles, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 99 p.
- RUIZ, M.E. 1983. Avances en la investigación en sistemas silvopastoriles. *In Curso corto intensivo sobre prácticas agroforestales con énfasis en la medición y evaluación de parámetros biológicos y socio-económicos*. Contribuciones de los participantes. Comp. por L. Babbar. Turrialba, C.R., CATIE. p. irr. (mimeo.).

- RUIZ, T.E.; FEBLES, G.; COBARRUBIA, O.; DIAZ, L.E.; BERNAL, G. 1988. La altura de la planta como criterio para comenzar a pastar *Leucaena leucocephala* después de la siembra. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas (Cuba)* 22:201-207.
- RYLE, G.J.A.; POWELL, C.E. 1975. Defoliation and regrowth in the graminaceous plant: the role of current assimilate. *Annals of Botany* 39:297-310.
- RYLE, G.J.A.; POWELL, C.E.; GORDON, A.J. 1985. Short-term changes in CO₂ evolution associated with nitrogenase activity in white clover in response to defoliation and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 36:634-643.
- SALAZAR, R. 1984. Producción de leña en árboles de *Gliricidia sepium* usados como sombra en cafetales en Costa Rica. *Silvoenergía (C.R.)* no.2:1-4.
- SALAZAR, R. 1986. Genetic variation in seeds and seedlings of ten provenances of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. *Forest Ecology and Management (Holanda)* 16(1-4):391-401.
- SANCHEZ, G.A.; PAYNE, L. 1987. Survey of the cultural practices and use of *Gliricidia sepium* by farmers in Costa Rica. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker. Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 8-13.
- SAS INSTITUTE INC. 1985. SAS user's guide: Statistics. Cary, EE.UU., SAS Institute Inc. 629 p.
- SEIBERT, B. 1987a. Management of plantation cocoa under gliricidia. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker. Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 102-110.
- SEIBERT, B. 1987b. Pepper on living poles of *Gliricidia sepium* and *Erythrina lithospermum* in East Kalimantan. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker. Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 111-118.
- SERRÃO, E.A.S.; FALESI, I.C.; VEIGA, J.B. da; TEIXEIRA NETO, J.F. 1979. Productividad de praderas cultivadas en suelos de baja fertilidad de la Amazonia del Brasil. In *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Ed. by L.E. Tergas, P.A. Sanchez. Cali, Col., CIAT. p. 211-243.
- SHELTON, H.M. 1994. Establishment of forage tree legumes. In *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, G.B., CAB International. p. 132-142.
- SHELTON, H.M.; BREWBAKER, J.L. 1994. *Leucaena leucocephala*, the most widely used forage tree legume. In *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, G.B., CAB International. p. 15-29.

- SIMONS A.J.; STEWART, J.L. 1994. *Gliricidia sepium*, a multipurpose forage tree legume. In Forage tree legumes in tropical agriculture. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, G.B., CAB International. p. 30-48.
- SKERMAN, P.J.; CAMERON, D.G.; RIVEROS, F. 1991. Tropical forage legumes. Roma, Italia, FAO. 2. ed. 707 p. (FAO Plant Production and Protection Series no. 2).
- SKERMAN, P.J.; RIVEROS, F. 1992. Gramíneas tropicales. Roma, Italia, FAO. 849 p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal no. 23).
- SMITH, O.B.; HOUTERT, M.F.J. 1987. Valor forrajero de *Gliricidia sepium*, reseña. Revista Mundial de Zootecnia (Italia) no. 62:57-62.
- SPAIN, J.M.; GUALDRON, R. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. In Establecimiento y renovación de pasturas. Ed. by C.E. Lascano, J.M. Spain. Cali, Col., CIAT. p. 269-283.
- SRISKANDARAJAH, N. 1985. Evaluation of *Gliricidia sepium* as forage for small ruminants in Papua New Guinea. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii) 3:37-38.
- SRISKANDARAJAH, N. 1987. Forage yield from *Gliricidia sepium* in Papua New Guinea. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii) 5:49-50.
- STANDLEY, P.C.; STEYERMARK, J.A. 1946. Flora of Guatemala, leguminosae. Fieldiana Botany 24 Part V, p. 264-266.
- STEEL, R.D.G.; TORRIE, J.C. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2da. ed. Trad. por Ricardo Martínez. México, McGraw-Hill. 622 p.
- STEWART, J.L.; DUNSDON, A.J.; HELLIN, J.J.; HUGHES, C.E. 1992. Wood biomass of Central American dry zone species. Oxford Forestry Institute (G.B.). Tropical Forestry Papers no. 26. 83 p.
- STÜR, W.W.; SHELTON, H.M.; GUTTERIDGE, R.C. 1994. Defoliation management of forage tree legumes. In Forage tree legumes in tropical agriculture. Ed. by R.C. Gutteridge, H.M. Shelton. Wallingford, UK, CAB International. p. 158-167.
- SUÁREZ, S.; RUBIO, J.; FRANCO, C.; VERA, R.; PIZARRO, E.A.; AMEZQUITA, M.C. 1987. *Leucaena leucocephala*: producción y composición de leche y selección de ecotipos con animales en pastoreo. Pastura Tropicales (Col.) 9(2):11-17.
- SUMBERG, J.E.; McINTIRE, J.; OKALI, C.; ATTA-KRAH, A. 1987. Economic analysis of alley farming with small ruminants. ILCA Bulletin (Ethiopia) no. 28:2-6.
- SUMBERG, J.E.; OKALI, C.; CAREW, B.A.R. 1986. A role for small ruminants in sustainable farming systems in southwest Nigeria. In Land clearing and development in the tropics. Ed. by R. Lal, P.A. Sanchez, R.W. Cummings, J.R. Balkema. Rotterdam, Holanda, p. 395-399.

- SZOTT, L.T.; PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. 1991. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. *Advances in Agronomy* (EE.UU.) 45:275-301.
- TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B.T. 1993. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions, effects on soil fauna. *Soil Biology & Biochemistry* (G.B.) 25(6):731-737.
- TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of The British Grassland Society* (G.B.) 18:104-111.
- TOLEDO, J.M.; SERRÃO, E.A.S. 1982. Producción de pastos y ganado en la Amazonia. *In* Amazonia, Investigación sobre agricultura y uso de tierras. Ed. by S.B. Hecht. Cali, Col., CIAT. p. 297-323.
- TORRES, M.M.I. 1995. Características físicas, químicas y biológicas en suelos bajo pasturas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú sola y en asocio con *Arachis pintoi* cv. Maní Mejorador en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 92 p.
- TRUNG, L.T. 1990. Availability and use of shrubs and tree fodders in the Philippines. *In* Shrubs and tree fodders for farm animals. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., IDRC. p. 279-294.
- URRIOLA, D.M. 1994. Efecto de la edad de rebrote sobre la composición química y digestibilidad *in vitro* de cinco procedencia de *Gliricidia sepium* y su aceptabilidad por cabras adultas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 73 p.
- VAN EYS, J.E.; MATHIUS, I.W.; PONGSAPAN, P.; JOHNSON, W.L. 1986. Foliage of the tree legumes *gliricidia*, *leucaena*, and *sesbania* as supplement to napier grass diets for growing goats. *Journal of Agriculture Science* (G.B.) 107(2):227-233
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutricional ecology of the ruminant. Corvallis, EE.UU., O & B Books. 374 p.
- VAN SOEST, P.J.; GINER-CHAVEZ, B.I. 1994. Nutritive value of fibrous feeds. *In* Seminario sistemas de produccion de carne y cria, 27 mayo, 1994. Atenas, C.R., EARTH-MAG. 10 p. (mimeografiado).
- VARGAS, B.; HUGO, E.; PABLO, G.; ELVIRA, S. 1987. Composicion química, digestibilidad y consumo de *leucaena* (*Leucaena leucocephala*), madre de cacao (*Gliricidia* sp.) y caulote (*Guazuma ulmifolia*). *In* *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., Management and improvement. Ed. by D. Withington, N. Glover, J.L. Brewbaker. Waimanalo, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 217-222.
- WEINMANN, H. 1957. Carbohydrate reserve in grasses.. *In* Proceedings of the 6th. International Grassland Congress. p. 655-660.
- WHITEMAN, P.C.; OKA, G.M.; MARMIM, S.; GUTTERIDGE, R.C. 1986. Studies on germination, growth and winter survival of *Gliricidia maculata* in south-eastern Queensland. *The International Tree Crops Journal* (G.B.) 3(3):245-255.
- WONG, C.C.; SHARUDIN, M.A.M. 1986. Forage productivity of three fodder shrubs in Malaysia. *MARDI Research Bulletin* (Malaysia) 14(2):178-188.

VIII. ANEXOS

Cuadro 1A. Análisis de variancia para la producción total de materia seca en el período de 200 días (kg/ha) y tasa de producción diaria (kg/ha/día) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>F	CV
Producción total de materia seca en el período de 200 días (kg/ha).				
Tratamiento	8	13074687	0,0004**	
Bloque	2	14717609	0,0034**	
Error	16	1780404		19,9
Tasa de producción diaria (kg/ha/día)				
Intensidad	2	2287,06	0,0002**	
Int. total dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	2963,76	0,0003**	
Efecto cuadrático	1	1,89	0,9103ns	
Int. mediana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	0,47	0,9552ns	
Efecto cuadrático	1	247,74	0,2078ns	
Int. liviana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	1439,17	0,0060**	
Efecto cuadrático	1	94,24	0,4300ns	
Bloque	2	1064,31	0,0053**	
Error (A)	16	143,78		36,1
Evaluación(Frecuencia)	6	655,81	0,0001**	
Evaluación(Intensidad)	6	385,18	0,0001**	
Evaluación(Intens*Frec)	6	112,50	0,0004**	
Error experimental	36	20,35		13,5

Cuadro 2A. Producción de materia seca (kg/ha) en la defoliación inicial, en las evaluaciones y total de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Total en
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	200 días
50	Total	2632	2105		353	74	0		2532D
50	Mediana	1630	2720		2040	1436	1619		7815AB
50	Liviana	1248	2438		2240	1989	2235		8901A
75	Total	2679		3363		1388		983	5098C
75	Mediana	1673		3189		3053		3810	8935A
75	Liviana	1071		2201		2276		2644	6330BC
100	Total	2937			3873		4020		7893AB
100	Mediana	1572			3320		4112		7433ABC
100	Liviana	1161			2504		2874		5378BC

Valores con letras iguales no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan

Cuadro 3A. Tasa de producción diaria (kg/ha/día) en la defoliación inicial, en las evaluaciones y promedio de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	26,3	42,1 ^a		7,1 ^b	1,5 ^b	0 ^b		12,7D
50	Mediana	16,3	54,4 ^a		40,8 ^b	28,7 ^c	32,4 ^c		39,1ABC
50	Liviana	12,5	48,8		44,8	39,8	44,6		44,5A
75	Total	26,8		44,8 ^a		18,5 ^b		13,9 ^b	25,5C
75	Mediana	16,7		42,5 ^{ab}		40,7 ^b		50,8 ^a	44,7A
75	Liviana	10,7		29,3		30,3		35,3	31,7ABC
100	Total	29,4			38,7		40,2		39,5AB
100	Mediana	15,7			33,2 ^b		41,1 ^a		37,2ABC
100	Liviana	11,6			25,0		28,7		26,9BC

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 4A. Análisis de variancia para la altura de plantas (m) al final del experimento y altura de plantas (m) en las evaluaciones para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>f	CV
Altura de plantas al final del experimento (m)				
Intensidad	2	1,8421	0,0008ns	
Efecto lineal	1	4,2217	0,0001**	
Efecto cuadrático	1	0,4361	0,1082ns	
Frecuencia	2	2,2081	0,0003**	
Efecto lineal	1	3,8898	0,0002**	
Efecto cuadrático	1	0,0244	0,6911ns	
Intensidad*Frecuencia	4	0,0831	0,6944ns	
Bloque	2	0,4048	0,0995ns	
Error	14	0,1481		15,59
Altura de plantas en las evaluaciones (m)				
Intensidad	2	3,6137	0,0001**	
Frecuencia	2	4,5465	0,0001**	
Intensidad*Frecuencia	4	0,1663	0,4735ns	
Bloque	2	0,8683	0,0228 *	
Error (A)	16	0,1797		19,71
Evaluación(Frecuencia)	6	0,2889	0,0001**	
Evaluación(Intensidad)	6	0,1305	0,0003**	
Evaluación(Intens*Frec)	6	0,0294	0,2839ns	
Error experimental	34	0,0227		7,0

Cuadro 5A. Altura inicial de plantas, en las evaluaciones y altura final (m) de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Altura	Evaluaciones						Altura
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	Final
50	Total	1,54	1,57 ^a		1,47 ^{ab}	1,50 ^a	1,15 ^b		1,15 ^D
50	Mediana	1,57	1,78		1,77	1,77	1,89		1,89 ^{CD}
50	Liviana	1,54	1,94 ^b		2,01 ^b	2,14 ^{ab}	2,40 ^a		2,40 ^{BC}
75	Total	1,44		1,67		1,65		1,67	1,67 ^{CD}
75	Mediana	1,64		2,22 ^b		2,50 ^{ab}		2,80 ^a	2,80 ^{AB}
75	Liviana	1,52		2,24 ^b		2,59 ^a		2,76 ^a	2,76 ^{AB}
100	Total	1,47			2,10		2,33		2,33 ^{BC}
100	Mediana	1,61			2,58 ^b		2,98 ^a		2,98 ^{AB}
100	Liviana	1,68			2,57 ^b		3,36 ^a		3,36 ^A

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 6A. Análisis de variancia para el incremento total del diámetro de tallos (mm) e incremento del diámetro de tallos (mm) por evaluación para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>f	CV
Incremento total del diámetro de tallos (mm)				
Intensidad	2	117,329	0,0001**	
Efecto lineal	1	217,653	0,0001**	
Efecto cuadrático	1	17,006	0,0145 *	
Frecuencia	2	36,433	0,0001**	
Efecto lineal	1	72,481	0,0001**	
Efecto cuadrático	1	0,386	0,6851ns	
Intensidad*Frecuencia	4	4,679	0,1326ns	
Bloque	2	6,914		
Error	16	2,261		36,3
Incremento del diámetro de tallos por evaluación (mm)				
Intensidad	2	39,1274	0,0001**	
Frecuencia	2	38,1835	0,0001**	
Intensidad*Frecuencia	4	5,3840	0,0037**	
Bloque	2	2,3056	0,1061ns	
Error (A)	16	0,8903		68,3
Evaluación(Frecuencia)	6	0,7454	0,1224ns	
Evaluación(Intensidad)	6	0,4918	0,3278ns	
Evaluación(Intens*Frec)	6	0,1864	0,8362ns	
Error experimental	36	0,4092		46,3

Cuadro 7A. Diámetro inicial de tallos (mm), incremento por evaluación y total del diámetro de tallos (mm) de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Diametro	Evaluaciones						Incremento
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	Total
50	Total	40,4	0,20		-0,63	-0,38	-0,08		-0,88 C
50	Mediana	39,9	0,73		0,42	0,45	0,14		1,74 C
50	Liviana	41,0	2,02		1,06	0,42	1,80		5,30 B
75	Total	41,5		0,43		-0,16		0,04	0,31 C
75	Mediana	41,0		1,66		1,75		2,25	5,67 B
75	Liviana	40,4		2,30		2,24		2,43	6,97 AB
100	Total	41,0			0,58		0,32		0,90 C
100	Mediana	36,5			4,16		4,23		8,39 A
100	Liviana	38,2			4,80		4,11		8,91 A

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 8A. Análisis de variancia para el incremento total del diámetro de ramas (mm) e incremento del diámetro de ramas por evaluación (mm) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>f	CV
Incremento total del diámetro de ramas (mm)				
Intensidad	2	237,666	0,0001**	
Efecto lineal	1	406,695	0.0001**	
Efecto cuadrático	1	68,637	0,0453 *	
Frecuencia	2	52,001	0,0522ns	
Efecto lineal	1	103,776	0,0168 *	
Efecto cuadrático	1	0,227	0,9022ns	
Intensidad*Frecuencia	4	32,256	0,1133ns	
Bloque	2	48,556	0,0616ns	
Error	16	14,560		39,44
Incremento del diámetro de ramas por evaluación (mm)				
Intensidad	2	79,223	0,0001**	
Frecuencia	2	107,677	0,0001**	
Intensidad*Frecuencia	4	8,406	0,0001**	
Bloque	2	16,186	0,0001**	
Error (A)	16	7,130		82,8
Evaluación(Frecuencia)	6	34,238	0,0001**	
Evaluación(Intensidad)	6	3,073	0,0052**	
Evaluación(Intens*Frec)	6	0,762	0,4826ns	
Error experimental	36	0,815		28,0

Cuadro 9A. Diámetro inicial de ramas primarias (mm), incremento por evaluación y total del diámetro (mm) de ramas primarias de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Incremento
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	Total
50	Total	13,3	0,93		0,05	-0,05	0,03		0,97 ^C
50	Mediana	13,6	3,69 ^a		1,27 ^b	0,69 ^b	0,69 ^b		6,33 ^{BC}
50	Liviana	14,0	6,73 ^a		3,60 ^b	2,16 ^b	2,22 ^b		14,71 ^A
75	Total	13,2		2,46 ^a		0,28 ^b		-0,12 ^b	2,62 ^C
75	Mediana	14,0		7,36 ^a		5,15 ^b		1,97 ^c	14,47 ^A
75	Liviana	13,9		6,59 ^a		3,51 ^b		1,44 ^c	11,54 ^{AB}
100	Total	13,2			5,75 ^a		2,05 ^b		7,79 ^{ABC}
100	Mediana	14,3			9,70 ^a		5,28 ^b		14,98 ^A
100	Liviana	14,1			8,70 ^a		4,95 ^b		13,65 ^A

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 10A. Análisis de variancia para la mortalidad total de tallos (%) y mortalidad de tallos por evaluación (%) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>f	CV
Mortalidad total de tallos (%)				
Intensidad	2	3249,789	0,0002**	
Int. total dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	7292,015	0,0001**	
Efecto cuadrático	1	313,083	0,2404ns	
Int. mediana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	155,550	0,4028ns	
Efecto cuadrático	1	226,774	0,3149ns	
Int. liviana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	5,358	0,8753ns	
Efecto cuadrático	1	278,086	0,2674ns	
Bloque	2	538,034	0,1090ns	
Error	16	210,625		44,82
Mortalidad de tallos por evaluación (%)				
Intensidad	2	3077,057	0,0002**	
Frecuencia	2	148,107	0,4860ns	
Intensidad*Frecuencia	4	859,584	0,0139 *	
Bloque	2	222,698	0,3459ns	
Error (A)	16	196,141		101,9
Evaluación(Frecuencia)	6	1013,427	0,0001**	
Evaluación(Intensidad)	6	1549,125	0,0001**	
Evaluación(Intens*Frec)	6	475,761	0,0091**	
Error experimental	36	139,616		85,6

Cuadro 11A. Número inicial de tallos por parcela y mortalidad de tallos por evaluación y total (%) de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Número	Evaluaciones						Mortalidad
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	Total
50	Total	6,7	0,0 ^c		4,2 ^c	54,3 ^b	91,7 ^a		93,3 ^A
50	Mediana	9,0	0,0		7,9	4,8	0,0		12,0 ^C
50	Liviana	9,3	0,0		12,2	5,6	9,5		25,1 ^{BC}
75	Total	9,3		17,4		25,0		16,7	46,0 ^B
75	Mediana	8,0		16,7		4,2		9,5	27,8 ^{BC}
75	Liviana	6,7		4,8		0,0		9,5	14,3 ^C
100	Total	9,0			16,7		9,3		23,6 ^{BC}
100	Mediana	9,3			11,1		13,7		22,2 ^{BC}
100	Liviana	8,3			17,0		11,1		27,0 ^{BC}

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 12A. Análisis de variancia para el número de ramas primarias por tallo en la evaluación final y número de ramas primarias por tallo en cada evaluación para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>f	CV
Número de ramas primarias por tallo en la evaluación final				
Intensidad	2	2,0459	0,0973ns	
Int. total dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	12,9067	0,0008**	
Efecto cuadrático	1	7,4756	0,0063**	
Int. mediana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	2,9400	0,0662ns	
Efecto cuadrático	1	0,6422	0,3705ns	
Int. liviana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	4,5067	0,0267 *	
Efecto cuadrático	1	0,4356	0,4590ns	
Bloque	2	0,5615	0,4917ns	
Error	16	0,7565		26,7
Número de ramas primarias por tallo en cada evaluación				
Intensidad	2	3,8074	0,1424ns	
Frecuencia	2	7,8942	0,0268 *	
Intensidad*Frecuencia	4	8,9323	0,0072**	
Bloque	2	0,4834	0,7593ns	
Error (A)	16	1,7252		28,5
Evaluación(Frecuencia)	6	21,7178	0,0001**	
Evaluación(Intensidad)	6	2,2868	0,0001**	
Evaluación(Intens*Frec)	6	0,9274	0,0003**	
Error experimental	36	0,1648		8,8

Cuadro 13A. Número de ramas primarias por tallo en la defoliación inicial, en las evaluaciones y final de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Número
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	Final
50	Total	7,5	7,1 ^a		4,9 ^b	2,0 ^c	0,6 ^d		0,6 ^C
50	Mediana	7,2	6,9 ^a		5,9 ^b	5,1 ^{bc}	4,5 ^c		4,5 ^A
50	Liviana	8,0	7,7 ^a		6,8 ^b	4,9 ^c	4,2 ^c		4,2 ^A
75	Total	7,2		6,0 ^a		4,1 ^b		4,0 ^b	4,0 ^{AB}
75	Mediana	7,1		5,0 ^a		3,9 ^b		3,2 ^b	3,2 ^{AB}
75	Liviana	7,3		6,2 ^a		4,2 ^b		3,8 ^b	3,8 ^{AB}
100	Total	7,6			5,8 ^a		3,5 ^b		3,5 ^{AB}
100	Mediana	6,5			4,3 ^a		3,1 ^b		3,1 ^{AB}
100	Liviana	6,7			4,5 ^a		2,5 ^b		2,5 ^B

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 14A. Análisis de variancia para la mortalidad total de ramas primarias (%) y mortalidad de ramas primarias por evaluación (%) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>f	CV
Mortalidad total de ramas primarias (%)				
Intensidad	2	930,151	0,0025**	
Int. total dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	2715,158	0,0001**	
Efecto cuadrático	1	1048,148	0,0059**	
Int. mediana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	169,771	0,2193ns	
Efecto cuadrático	1	284,046	0,1176ns	
Int. liviana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	283,319	0,1181ns	
Efecto cuadrático	1	246,642	0,1428ns	
Bloque	2	20,866	0,8200ns	
Error	16	103,844		18,3
Mortalidad de ramas primarias por evaluación (%)				
Intensidad	2	1650,409	0,0001**	
Frecuencia	2	1029,246	0,0015**	
Intensidad*Frecuencia	4	1415,644	0,0001**	
Bloque	2	82,163	0,4649ns	
Error (A)	16	102,228		40,5
Evaluación(Frecuencia)	6	1306,286	0,0001**	
Evaluación(Intensidad)	6	904,136	0,0001**	
Evaluación(Intens*Frec)	6	225,924	0,0241 *	
Error experimental	36	80,489		35,9

Cuadro 15A. Número inicial de ramas primarias por tallo y mortalidad de ramas primarias en las evaluaciones y total (%) de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Número	Evaluaciones						Mortalidad
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	Total
50	Total	7,5	4,4 ^d		31,1 ^c	62,7 ^b	84,2 ^a		96,0 ^A
50	Mediana	7,2	4,1		15,4	12,4	12,7		38,2 ^C
50	Liviana	8,0	3,3		12,1	27,6	15,8		49,4 ^{BC}
75	Total	7,2		16,1 ^{ab}		32,5 ^a		11,4 ^b	51,8 ^{BC}
75	Mediana	7,1		28,4		22,3		15,5	55,5 ^{BC}
75	Liviana	7,3		14,5 ^{ab}		32,3 ^a		11,3 ^b	45,2 ^{BC}
100	Total	7,6			23,5 ^b		38,9 ^a		53,5 ^{BC}
100	Mediana	6,5			34,1		27,5		48,9 ^{BC}
100	Liviana	6,7			33,6		46,5		63,2 ^B

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 16A. Análisis de variancia para el número de ramas secundarias en la primera evaluación de cada tratamiento y número de ramas secundarias en cada evaluación para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de variación	GL	CM	P>f	CV
Número de ramas secundarias en la primera evaluación de cada tratamiento				
Intensidad	2	21,197	0,0001**	
Int. total dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	37,500	0,0001**	
Efecto cuadrático	1	6,722	0,0105 *	
Int. mediana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	5,606	0,0177 *	
Efecto cuadrático	1	0,002	0,9587ns	
Int. liviana dentro de Frec.				
Efecto lineal	1	4,167	0,0367 *	
Efecto cuadrático	1	0,109	0,7173ns	
Bloque	2	3,521	0,0301 *	
Error	16	0,801		12,3
Número de ramas secundarias en cada evaluación				
Intensidad	2	18,565	0,0132 *	
Frecuencia	2	39,355	0,0006**	
Intensidad*Frecuencia	4	1,654	0,7284ns	
Bloque	2	3,047	0,4106ns	
Error (A)	16	3,235		31,6
Evaluación(Frecuencia)	6	22,744	0,0001**	
Evaluación(Intensidad)	6	3,211	0,1255ns	
Evaluación(Intens*Frec)	6	1,668	0,4776ns	
Error experimental	34	1,769		23,4

Cuadro 17A. Número de ramas secundarias por rama primaria en la defoliación inicial, en las evaluaciones y en la primera evaluación de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación			Evaluaciones				Primera
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	Evaluacion
50	Total	1,1	11,9a		7,6b	6,7b	3,0c		11,9A
50	Mediana	1,0	8,1a		7,3ab	6,5ab	5,1b		8,1B
50	Liviana	1,8	6,7		6,1	5,4	4,8		6,7BCDE
75	Total	1,3		7,6a		3,7b		4,7b	7,6BC
75	Mediana	2,1		7,2a		5,1ab		3,7b	7,2BCD
75	Liviana	1,2		5,6		3,5		3,1	5,6DE
100	Total	1,6			6,9a		3,7b		6,9BCD
100	Mediana	1,7			6,2a		3,6b		6,2CDE
100	Liviana	1,3			5,0		3,0		5,0E

Valores con letras minúsculas iguales en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con letras mayúsculas iguales en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Cuadro 18A. Valor y significancia de la prueba F para los constituyentes de la pared celular (fibra detergente neutro (%), fibra detergente ácido (%), hemicelulosa (%), celulosa (%) y lignina (%)) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de Variación	GL	Variables				
		FDN	FDA	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina
Intensidad	2	3,18ns	3,07ns	1,82ns	2,56ns	1,61ns
Frecuencia	2	17,06**	36,65**	4,56 *	96,12**	2,96ns
Intens*Frec	4	0,53ns	1,02ns	0,37ns	1,76ns	1,51ns
Bloque	2	1,29ns	5,02 *	0,42ns	1,19ns	3,63ns
Error (A)	16					
Evaluación(Frec)	6	10,33**	14,95**	3,75ns	14,03**	27,01**
Evaluación(Intens)	5	3,87**	0,95ns	2,49ns	0,34ns	1,41ns
Eval(Intens*Frec)	6	0,89ns	0,65ns	0,54ns	0,40ns	0,98ns
Error Exp.	77					
CV		4,2	6,2	8,8	4,8	10,3

Cuadro 19A. Contenido de fibra detergente neutro (%) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos	Defoliación	Evaluaciones							Promedio
		Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	38,3	38,4		38,7	37,2	-		38,1
50	Mediana	36,7	38,3		39,9	39,3	41,3		39,7
50	Liviana	32,4	36,3		39,4	38,8	38,3		38,2
75	Total	38,3		44,8		40,0		35,0	39,9
75	Mediana	36,7		44,1		41,3		42,0	42,5
75	Liviana	32,4		43,6		41,6		38,6	41,2
100	Total	38,3			44,8		40,8		42,8
100	Mediana	36,7			43,5		42,1		42,8
100	Liviana	32,4			44,5		43,1		43,8

Cuadro 20A. Contenido de fibra detergente ácido (%) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	24,0	24,2		23,4	22,4	-		23,3
50	Mediana	23,0	24,0		23,7	22,8	25,1		23,9
50	Liviana	22,5	22,9		23,4	23,6	22,8		23,2
75	Total	24,0		27,8		22,8		21,3	24,0
75	Mediana	23,0		28,4		23,5		24,5	25,5
75	Liviana	22,5		28,2		23,3		22,4	24,8
100	Total	24,0			29,0		29,3		27,2
100	Mediana	23,0			27,8		26,0		26,9
100	Liviana	22,5			28,5		25,8		27,2

Cuadro 21A. Contenido de hemicelulosa (%) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	14,4	14,1		15,2	14,8	-		14,7
50	Mediana	13,2	14,2		16,2	16,5	16,2		15,8
50	Liviana	10,0	13,3		16,0	15,2	15,5		15,0
75	Total	14,4		17,0		17,3		13,7	16,0
75	Mediana	13,2		15,7		17,7		17,5	17,0
75	Liviana	10,0		15,0		18,3		16,2	16,5
100	Total	14,4			15,7		15,5		15,6
100	Mediana	13,2			15,7		16,1		15,9
100	Liviana	10,0			16,0		17,4		16,7

Cuadro 22A. Contenido de celulosa (%) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	14,0	13,7		13,8	14,1	-		13,7
50	Mediana	13,5	14,3		14,3	14,3	16,7		14,9
50	Liviana	13,4	14,2		14,5	14,7	16,7		15,0
75	Total	14,0		16,3		14,2		14,4	15,0
75	Mediana	13,5		16,8		15,2		15,5	15,8
75	Liviana	13,4		16,8		14,6		14,6	15,3
100	Total	14,0			17,7		16,8		17,2
100	Mediana	13,5			16,9		17,3		17,1
100	Liviana	13,4			17,0		17,1		17,0

Cuadro 23A. Contenido de lignina (%) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	9,3	9,7		8,5	7,6	-		8,6
50	Mediana	8,5	9,3		8,7	7,7	7,7		8,4
50	Liviana	8,4	8,3		8,3	7,0	5,8		7,4
75	Total	9,3		11,1		8,2		6,4	8,6
75	Mediana	8,5		11,0		7,9		8,7	9,2
75	Liviana	8,4		11,4		8,2		7,1	8,9
100	Total	9,3			10,9		7,9		9,4
100	Mediana	8,5			10,0		7,7		8,8
100	Liviana	8,4			11,1		8,0		9,5

Cuadro 24A. Valor y significancia de la prueba F para contenido de proteína cruda (%), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%), proantocianidina (AA-550/g) y cumarina (mg/g) para el experimento de frecuencia e intensidad de defoliación en *G. sepium*.

Fuentes de Variación	GL	Variables			
		Proteína Cruda	DIVMS	Proantocianina	Cumarina
Intensidad	2	1,14ns	6,32**	2,81ns	2,77ns
Frecuencia	2	21,87**	9,70**	5,82 *	2,78ns
Intens*Frec	4	0,73ns	1,13ns	1,75ns	1,62ns
Bloque	2	3,59ns	3,60ns	7,56**	0,87ns
Error (A)	16				
Evaluación(Frec)	6	18,36**	7,87**	7,71**	31,18**
Evaluación(Intens)	5	1,03ns	0,66ns	2,98 *	2,10ns
Eval(Intens*Frec)	6	0,95ns	2,13ns	1,02ns	2,62 *
Error Exp.	77				
CV		4,6	2,9	34,8	12,4

Cuadro 25A. Contenido de proteína cruda (%) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos	Defoliación	Evaluaciones							Promedio
		Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	27,0	28,1		25,7	24,6	-		26,2
50	Mediana	27,6	28,7		24,8	23,1	23,4		25,0
50	Liviana	28,3	27,9		26,0	24,8	25,0		25,9
75	Total	27,0		26,0		23,9		23,9	24,6
75	Mediana	27,6		24,2		22,4		21,5	22,7
75	Liviana	28,3		25,7		21,8		22,6	23,3
100	Total	27,0			22,6		23,0		22,8
100	Mediana	27,6			23,8		23,0		23,4
100	Liviana	28,3			22,9		22,0		22,4

Cuadro 26A. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca(%) de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	68,8	69,4		64,7	69,6	-		67,9
50	Mediana	72,2	69,1		66,9	69,7	66,3		68,2
50	Liviana	73,0	72,9		69,2	73,0	70,2		71,3
75	Total	68,8		67,3		63,0		67,2	65,8
75	Mediana	72,2		63,7		62,8		66,4	64,3
75	Liviana	73,0		66,1		69,4		69,2	68,4
100	Total	68,8			61,9		66,9		64,4
100	Mediana	72,2			65,5		66,8		66,2
100	Liviana	73,0			64,6		67,5		66,1

Cuadro 27A. Contenido de proantocianidina (AA-550/g) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	12,5	24,2		26,7	12,0	-		21,0
50	Mediana	16,2	24,3		26,1	21,1	24,7		24,0
50	Liviana	17,9	19,2		22,5	22,0	39,7		25,8
75	Total	12,5		20,9		14,1		16,2	17,1
75	Mediana	16,2		22,1		17,8		19,7	19,8
75	Liviana	17,9		14,2		16,1		20,0	16,8
100	Total	12,5			17,0		24,2		20,6
100	Mediana	16,2			20,2		43,4		31,8
100	Liviana	17,9			16,6		53,8		35,2

Cuadro 28A. Contenido de cumarina (mg/g) en la materia seca comestible de *G. sepium* bajo tres frecuencias y tres intensidades de defoliación.

Tratamientos		Defoliación		Evaluaciones					Promedio
Frec	Intens	Inicial	04.06	29.06	24.07	12.09	01.11	26.11	
50	Total	12,5	10,4		7,8	11,5	-		9,9
50	Mediana	12,8	10,6		5,9	13,7	12,4		10,6
50	Liviana	12,0	9,0		5,5	13,4	11,3		9,8
75	Total	12,5		8,6		9,7		7,7	8,7
75	Mediana	12,8		6,7		11,9		8,8	9,1
75	Liviana	12,0		7,8		11,2		9,0	9,3
100	Total	12,5			9,4		9,5		9,5
100	Mediana	12,8			9,2		8,9		9,1
100	Liviana	12,0			8,5		6,4		7,4

Cuadro 29A. Valor y significancia de la prueba F para disponibilidad de materia seca comestible (kg/ha), materia seca residual (kg/ha), y materia seca en estrato no accesible (kg/ha) para el experimento de intensidad de pastoreo en *G. sepium*.

Fuentes de Variación	GL	Variables		
		Oferta de materia seca comestible	Residuo de materia seca comestible	Materia seca no accesible
Intensidad	2	4,42ns	124,40**	11,83ns
Bloque	1	45,65 *	1,81ns	1,69ns
Error (A)	2			
Ciclos de Pastoreo	3	34,59**	4,11**	50,71**
Ciclos*Intensidad	6	3,25**	2,64 *	7,92**
Error experimental	193			
CV		33,5	97,1	158,9

Cuadro 30A. Disponibilidad de materia seca comestible (kg/ha). de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	1740 ^a	1733 ^a AB	880 ^b	1094 ^b B	1362
Media (42 UA/ha)	1594 ^a	1779 ^a A	737 ^b	1589 ^a A	1425
Baja (21 UA/ha)	1692 ^a	1299 ^b B	850 ^c	1402 ^{ab} AB	1311
Promedio de ciclos	1675 ^a	1511 ^{ab}	825 ^c	1393 ^b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 31A. Materia seca residual (kg/ha). de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	72 B	175	110	102 B	115B
Media (42 UA/ha)	248 B	193	224	142 B	202B
Baja (21 UA/ha)	684 ab A	443 b	335 b	787 a A	562A
Promedio de ciclos	449a	324 ab	261 b	482a	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Cuadro 32A. Materia seca en el estrato no accesible (kg/ha). de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	0	298 B	0	11	77
Media (42 UA/ha)	0	415 B	0	28	111
Baja (21 UA/ha)	0c	1415 a A	0c	349b	441
Promedio de ciclos	0b	931 a	0b	197b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Cuadro 33A. Valor y significancia de la prueba F para producción de materia seca total (kg/ha), porcentaje de utilización de la materia seca (% de defoliación), consumo de materia (kg de MS/100 kg de PV) y consumo de proteína cruda (g/animal/día) para el experimento de intensidad de pastoreo en *G. sepium*.

Fuentes de Variación	GL	Variables			
		Materia seca total	% de utilización de la mat. seca	Consumo de materia seca	Consumo de proteína cruda
Intensidad	2	9,71ns	23,19 *	20,06 *	10,69ns
Bloque	1	33,25 *	0,06ns	7,29ns	5,50ns
Error (A)	2				
Ciclos de Pastoreo	3	58,58**	2,10ns	44,78**	32,33**
Ciclos*Intensidad	6	2,63ns	3,01 *	4,81 *	2,25ns
Error experimental	9				
CV		12,5	8,7	12,3	15,4

Cuadro 34A. Producción de materia seca total (kg/ha) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	1740a	2031 a B	880b	1105b B	1438
Media (42 UA/ha)	1594a	2194 a B	737b	1617a A	1536
Baja (21 UA/ha)	1692b	2714 a A	850c	1751b A	1752
Promedio de ciclos	1676b	2313 a	823 c	1492b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 35A. Porcentaje de utilización de la materia seca comestible en el estrato accesible (% de defoliación) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	95,6 A	89,9 A	87,5 A	91,0 A	91,0A
Media (42 UA/ha)	84,3 A	89,1 A	71,7 AB	91,3 A	84,1AB
Baja (21 UA/ha)	59,9ab B	65,6a B	59,9ab B	43,0b B	57,1B
Promedio de ciclos	79,8	81,5	73,0	75,1	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 36A. Consumo de materia seca (kg de MS/100 kg de peso vivo) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	0,57a B	0,53a B	0,26b B	0,30b B	0,42B
Media (42 UA/ha)	0,69ab B	0,80a A	0,26c B	0,66b A	0,60AB
Baja (21 UA/ha)	1,04a A	0,87ab A	0,53c A	0,56bc A	0,75A
Promedio de ciclos	0,77a	0,73a	0,35c	0,51b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 37A. Consumo de proteína cruda (g/animal/día) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	659a B	583ab	271c	318bc	458
Media (42 UA/ha)	805a B	787a	267b	681a	635
Baja (21 UA/ha)	1147a A	862ab	533c	647bc	797
Promedio de ciclos	870a	744a	357c	549b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 38A. Valor y significancia de la prueba F para diámetro de tallos (mm) diámetro de ramas primarias (mm), número de ramas primarias por tallo, mortalidad de ramas primarias (%) y número de ramas secundarias por rama primaria para el experimento de intensidad de pastoreo en *G. sepium*.

Fuentes de Variación	Variables					Variable	
	GL	Diámetro de tallos	Diámetro de ramas prim.	Nº de ramas primarias	Nº ramas secundarias.	GL	Mortalid ramas prim.
Intensidad	2	1,23ns	5,87ns	0,27ns	45,91 *	2	3,41ns
Bloque	1	39,32 *	2,46ns	4,84ns	5,85ns	1	0,00ns
Error (A)	2					2	
Ciclos de Pastoreo	3	0,59ns	121,25**	55,25**	854,80**	2	20,14**
Ciclos*Intensidad	6	0,06ns	0,54ns	0,84ns	13,59**	4	2,67 *
Error experimental	1305					976	
CV		31,0	25,8	23,9	26,2		

Cuadro 39A. Diámetro de tallos (mm) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1º	2º	3º	4º	
Alta (63 UA/ha)	48,4	48,9	48,7	48,8	48,7
Media (42 UA/ha)	46,9	47,7	47,6	48,0	47,6
Baja (21 UA/ha)	46,9	48,1	48,3	49,0	48,1
Promedio de ciclos	47,2	48,2	48,2	48,7	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 40A. Diámetro de ramas primarias (mm) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	13,7 ^b	18,3 ^a	19,2 ^a	20,1 ^a B	17,8
Media (42 UA/ha)	14,5 ^b	18,9 ^a	19,6 ^a	20,3 ^a B	18,3
Baja (21 UA/ha)	15,1 ^c	20,0 ^b	21,0 ^b	22,4 ^a A	19,6
Promedio de ciclos	14,7 ^c	19,4 ^b	20,3 ^b	21,4 ^a	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 41A. Número de ramas primarias por tallo de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	8,1 ^a	6,9 ^{ab}	5,5 ^{bc}	4,4 ^c	6,2
Media (42 UA/ha)	7,2 ^a	6,1 ^a	4,9 ^b	4,6 ^b	5,7
Baja (21 UA/ha)	7,4 ^a	6,3 ^b	5,2 ^c	4,9 ^c	5,9
Promedio de ciclos	7,5 ^a	6,3 ^b	5,2 ^c	4,7 ^c	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

* Análisis de variancia hecha con datos transformados por $\sqrt{x + 0,5}$.

Cuadro 42A. Número de ramas secundarias por rama primaria de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	0,15 ^c	8,41 ^a A	6,34 ^b	5,40 ^b AB	5,01 ^A
Media (42 UA/ha)	0,10 ^c	6,74 ^{ab} B	7,52 ^a	5,74 ^b A	4,92 ^A
Baja (21 UA/ha)	0,18 ^c	4,73 ^b C	6,63 ^a	4,54 ^b B	3,96 ^B
Promedio de ciclos	0,15 ^d	5,93 ^b	6,83 ^a	5,02 ^c	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

* Análisis de variancia hecha con datos transformados por $\sqrt{X+0,5}$.

Cuadro 43A. Mortalidad de ramas primarias (%) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo			Promedio
	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	17,4 ^a	21,7 ^a	20,3 ^a A	19,8
Media (42 UA/ha)	14,2 ^a	19,4 ^a	6,8 ^b B	13,5
Baja (21 UA/ha)	13,8 ^b	18,6 ^a	7,2 ^c B	13,2
Promedio de ciclos	14,5 ^b	19,4 ^a	9,5 ^c	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

* Análisis de variancia hecha con datos transformados por arco sen $\sqrt{X/100}$

Cuadro 44A. Valor y significancia de la prueba F para altura de plantas (m), número de ramas primarias reclutadas por tallo y porcentaje de ramas primarias dañadas por los animales para el experimento de intensidad de pastoreo en *G. sepium*.

Fuentes de Variación	Variables			Variables	
	GL	Altura de plantas	% Ramas primarias dañadas	GL	Ramas primarias reclutadas
Intensidad	2	5,44ns	1,85ns	2	1,59ns
Bloque	1	0,37ns	0,57ns	1	0,23ns
Error (A)	2			2	
Ciclos de Pastoreo	3	33,01**	92,98**	2	5,07ns
Ciclos*Intensidad	6	3,70 *	3,52 *	4	0,62ns
Error experimental	9			6	
Error muestreo	1288			989	
CV		31,7	116,4		23,4

Cuadro 45A. Altura de plantas (m) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	1,49	1,69 B	1,53	1,64	1,58
Media (42 UA/ha)	1,53b	1,94 a AB	1,50b	1,59b	1,64
Baja (21 UA/ha)	1,62bc	2,13 a A	1,48c	1,76b	1,75
Promedio de ciclos	1,57bc	2,00 a	1,49c	1,69b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 46A. Porcentaje de ramas primarias dañadas (ramas quebradas + tumbadas) de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	18,8 ^a A	12,4 ^b	5,5 ^c	4,4 ^c	10,3
Media (42 UA/ha)	9,5 ^a B	5,8 ^b	3,1 ^b	3,8 ^b	5,5
Baja (21 UA/ha)	10,9 ^a B	7,6 ^b	3,9 ^c	3,5 ^c	6,5
Promedio de ciclos	11,9 ^a	8,0 ^b	3,9 ^c	3,8 ^c	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

* Analisis de variancia hecha con datos transformados por arco sen $\sqrt{x/100}$

Cuadro 47A. Número de ramas reclutadas por tallo de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo			Promedio
	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	0,37 ^a	0,03 ^a	0,18 ^a	0,14
Media (42 UA/ha)	0,17	0,08	0,08	0,08
Baja (21 UA/ha)	0,16	0,03	0,03	0,05
Promedio de ciclos	0,20 ^a	0,04 ^b	0,07 ^{ab}	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.

Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

* Analisis de variancia hecha con datos transformados por $\sqrt{x+0,5}$

Cuadro 48A. Valor y significancia de la prueba F para calidad nutritiva de la materia seca antes y después del pastoreo en el experimento de intensidad de pastoreo en *G. sepium*.

Fuentes de Variación	GL	Variables					
		Fibra deterg. neutro		Fibra deterg. ácido		Celulosa	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Intensidad	2	10,57ns	5,92ns	160,28**	3,37ns	18,21ns	3,37ns
Bloque	1	1,33ns	1,24ns	166,04**	0,49ns	11,78ns	0,49ns
Error (A)	2						
Ciclos de Pastoreo	3	27,43**	26,69**	8,18**	24,02**	2,35ns	4,53 *
Ciclos*Intensidad	6	2,11ns	1,12ns	1,44ns	1,28ns	1,77ns	1,13ns
Error experimental	9						
C.V. (%)		4,1	3,9	5,3	4,7	3,9	7,7

Continuación		Hemicelulosa		Lignina		Proantocianina	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Intensidad	2	0,83ns	3,14ns	1,52ns	0,83ns	0,06ns	0,46ns
Bloque	1	21,16 *	0,10ns	0,80ns	0,28ns	0,75ns	0,31ns
Error (A)	2						
Ciclos de Pastoreo	3	8,26**	16,30**	16,97**	29,22**	46,12**	3,24ns
Ciclos*Intensidad	6	0,76ns	0,88ns	1,09ns	0,54ns	1,56ns	0,53ns
Error experimental	9						
CV (%)		13,1	5,9	9,4	6,9	11,9	24,2

Continuación		Cumarina		Proteína cruda		DIVMS	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Intensidad	2	0,62ns	3,92ns	1,57ns	0,67ns	0,40ns	1,93ns
Bloque	1	0,59ns	0,19ns	0,02ns	0,63ns	0,00ns	2,15ns
Error (A)	2						
Ciclos de Pastoreo	3	3,73 *	14,33**	14,96**	21,78**	19,27**	12,38**
Ciclos*Intensidad	6	0,46ns	2,54ns	0,83ns	3,03ns	0,28ns	1,02ns
Error experimental	9						
C:V: (%)		8,4	15,6	5,3	4,4	2,4	2,8

Cuadro 52A. Contenido de fibra detergente ácido (%) en la materia seca residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	25,5	26,8	21,8	23,0	24,3
Media (42 UA/ha)	27,5	29,9	23,2	27,1	26,9
Baja (21 UA/ha)	24,9	29,2	23,7	24,9	25,7
Promedio de ciclos	26,0 ^b	28,7 ^a	22,9 ^c	25,0 ^{bc}	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 53A. Contenido de celulosa (%) en la materia seca disponible de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	13,9	14,2	15,0	14,9	14,5
Media (42 UA/ha)	14,1	14,5	14,1	15,6	14,5
Baja (21 UA/ha)	15,3	16,0	14,5	15,2	15,4
Promedio de ciclos	14,4	14,9	14,5	15,2	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 54A. Contenido de celulosa (%) en la materia seca residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	14,9	14,7	12,9	13,5	14,0
Media (42 UA/ha)	15,7	17,2	13,5	16,8	15,8
Baja (21 UA/ha)	15,1	17,1	15,1	15,0	15,6
Promedio de ciclos	15,2 ^{ab}	16,3 ^a	13,8 ^b	15,1 ^{ab}	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 55A. Contenido de hemicelulosa (%) en la materia seca disponible de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	11,6	13,9	12,1	17,5	13,8
Media (42 UA/ha)	11,0	16,4	13,6	15,6	13,8
Baja (21 UA/ha)	11,9	15,5	12,5	15,2	14,0
Promedio de ciclos	11,5 ^c	15,2 ^{ab}	12,7 ^{bc}	16,1 ^a	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 56A. Contenido de hemicelulosa (%) en la materia seca residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	15,9	18,7	17,3	18,9	17,7
Media (42 UA/ha)	15,4	18,2	15,5	17,4	16,6
Baja (21 UA/ha)	13,4	17,2	14,3	18,0	15,7
Promedio de ciclos	14,9 ^b	18,0 ^a	15,7 ^b	18,1 ^a	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 57A. Contenido de lignina (%) en la materia seca disponible de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	8,4	10,4	7,8	9,2	9,0
Media (42 UA/ha)	9,4	10,8	7,9	8,8	9,2
Baja (21 UA/ha)	9,1	11,6	6,6	8,6	9,0
Promedio de ciclos	9,0 ^b	10,9 ^a	7,4 ^c	8,9 ^{bc}	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 58A. Contenido de lignina (%) en la materia seca residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	9,9	11,7	8,4	9,1	9,8
Media (42 UA/ha)	10,9	12,2	8,5	9,3	10,2
Baja (21 UA/ha)	9,1	11,4	7,6	9,1	9,3
Promedio de ciclos	10,0 ^b	11,7 ^a	8,2 ^c	9,2 ^{bc}	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 59A. Contenido de proantocianidina (AA-550/g) en la materia seca disponible de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	9,8	12,3	13,9	24,0	15,0
Media (42 UA/ha)	9,7	12,1	15,7	20,5	14,5
Baja (21 UA/ha)	10,3	14,5	16,7	20,3	15,5
Promedio de ciclos	9,9 ^c	13,0 ^{bc}	15,4 ^b	21,6 ^a	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 60A. Contenido de proantocianidina (AA-550) en la materia seca residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	10,7	9,2	12,9	11,9	11,2
Media (42 UA/ha)	10,5	11,8	14,8	13,8	12,7
Baja (21 UA/ha)	10,5	11,1	15,3	18,3	13,8
Promedio de ciclos	10,6	10,7	14,3	14,6	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 61A. Contenido de cumarina (mg/g) en la materia seca disponible de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	10,3	10,1	10,8	8,6	9,8
Media (42 UA/ha)	9,6	10,5	12,0	8,7	10,2
Baja (21 UA/ha)	9,8	10,1	11,8	10,1	10,5
Promedio de ciclos	9,9 ^{ab}	10,2 ^{ab}	11,5 ^a	9,1 ^b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 62A. Contenido de cumarina (mg/g) en la materia seca residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	7,3	7,7	8,1	6,4	7,4
Media (42 UA/ha)	8,1	8,6	7,7	5,5	7,5
Baja (21 UA/ha)	11,3	9,0	9,3	6,6	9,0
Promedio de ciclos	8,9 ^a	8,4 ^a	8,3 ^a	6,1 ^b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 63A. Contenido de proteína cruda (%) en la materia seca disponible de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo	Ciclos de pastoreo				Promedio
	1°	2°	3°	4°	
Alta (63 UA/ha)	29,4	27,8	26,2	23,7	26,8
Media (42 UA/ha)	29,1	24,7	25,7	23,1	25,6
Baja (21 UA/ha)	27,4	24,3	25,6	23,4	25,2
Promedio de ciclos	28,6 ^a	25,6 ^b	25,8 ^b	23,4 ^b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey.
Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P<0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 64A. Contenido de proteína cruda (%) en la materia seca residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo		Ciclos de pastoreo				Promedio
		1°	2°	3°	4°	
Alta	(63 UA/ha)	22,4	25,5	24,5	20,1	23,1
Media	(42 UA/ha)	23,8	23,2	24,9	20,2	23,0
Baja	(21 UA/ha)	25,8	22,9	25,2	21,1	23,8
Promedio de ciclos		24,0 ^a	23,9 ^a	24,9 ^a	20,5 ^b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 65A. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) disponible de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo		Ciclos de pastoreo				Promedio
		1°	2°	3°	4°	
Alta	(63 UA/ha)	71,2	65,9	70,6	67,9	68,9
Media	(42 UA/ha)	70,2	66,0	71,0	66,3	68,4
Baja	(21 UA/ha)	70,0	65,2	70,8	67,2	68,3
Promedio de ciclos		70,5 ^a	65,7 ^b	70,8 ^a	67,1 ^b	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey

Cuadro 66A. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) residual de *G. sepium* bajo tres intensidades y en cuatro ciclos de pastoreo.

Intensidades de pastoreo		Ciclos de pastoreo				Promedio
		1°	2°	3°	4°	
Alta	(63 UA/ha)	66,0	62,8	68,8	67,1	66,2
Media	(42 UA/ha)	66,2	59,1	67,6	63,0	64,0
Baja	(21 UA/ha)	69,0	62,4	68,6	63,4	65,9
Promedio de ciclos		67,1 ^a	61,5 ^b	68,3 ^a	64,5 ^{ab}	

Valores con igual letra minúscula en la horizontal no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey. Valores con igual letra mayúscula en la vertical no difieren significativamente ($P < 0,05$) por la prueba de Tukey