PN-AAP-909/62
ISN-34414

PRODUCTIVIDAD Y TABLAS DE BIOMASA DE *Gliricidia sepium* (JACQ.) STEUD EN BOSQUES NATURALES DE NICARAGUA

Augusto Otárola T.
Luis A. Ugalde A.

Estudio realizado por el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía, IRENA/CATIE/ROCAP No. 596-0089.

Para la reproducción del presente documento se recibió apoyo financiero del Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, DDA, por medio de INFORAT: Información y Documentación Forestal para América Tropical.

7290-5

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica, 1983

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al señor Humberto Bejarano, quien estuvo a cargo de la brigada que realizó las mediciones de campo; así como al personal de IRENA que colaboró en dichas mediciones.. Al Dr. Rodolfo Salazar y al Ing. John Palmer del CATIE por su colaboración en el análisis de los datos y revisión del manuscrito.

OTAROLA, T.A.* y UGALDE, A.L.**. Productividad y tablas de biomasa de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud en bosques naturales de Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 39 p.

RESUMEN

En este trabajo se cuantificó la productividad de un bosque natural de Gliricidia sepium en Nicaragua, en relación a la biomasa aprovechable (peso de fustes, ramas gruesas y delgadas) en peso verde y seco al horno. Se determinó el producto comercial en dos sistemas de aprovechamiento, corte total y corte selectivo, así como el crecimiento inicial de los rebrotes. Se elaboraron tablas de biomasa de doble (DAP y altura) y una entrada (DAP) y se estimó el valor total de la leña extraída.

La biomasa aprovechable en el aprovechamiento total fue de 62,642 kg y en el aprovechamiento selectivo de 46,317 kg por ha en peso verde y de 34.157 y 25.175 kg en peso seco respectivamente. El 86% de ésta biomasa esta representada por el peso de fustes y ramas gruesas. El porcentaje de humedad en las ramas gruesas y delgadas fue similar con un promedio de 58% y para el fuste de 52%. Se obtuvo un 97% de árboles que rebrotaron y un promedio de 5,2 rebrotes por árbol. El valor bruto de la biomasa comercial en el aprovechamiento total fue de 20.446 córdobas por ha.

SUMMARY

This paper reports on the quantification of the yield and exploitable biomass (stem weight and that of the thick and thin branches), both green and ovendry weight, in a natural Gliricidia sepium stand in Nicaragua. The commercial yield was determined using two harvesting systems, clearcut and selective cut, as well as the initial coppice yield regrowth. Both double (DBH and height) and single (DBH) entry biomass tables were prepared and the total volume of harvested fuelwood was determined.

The weight of stems and thick branches represents 86% of the total exploitable biomass, 62.642 kg per ha in the case of clearcut and 46.317 kg for the selective cut (green weight). The dry weight was 34.157 kg and 25.175 kg per ha respectively. The moisture content in the thick and in the thin branches was similar with an average of 58%, but for the stem it was 52%. Of the trees cut, 97% resprouted with an average of 5.2 sprouts per tree. The gross value of the commercial biomass was 20.446 Cordobas per ha for the clearcut.

---

* M.S. Silvicultor, IRENA-CATIE, Managua, Nicaragua

** M.S. Silvicultor, CATIE, Turrialba, Costa Rica

TABLA DE CONTENIDO

		Página
1.	INTRODUCCION	1
2.	REVISION DE LITERATURA	3
	2.1 Ecología, características y usos de la especie	3
	2.2 Importancia de los estudios de biomasa	4
3.	CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO	6
	3.1 Ubicación y características climáticas del sitio	6
	3.2 Suelos y vegetación existente	7
4.	METODOLOGIA EMPLEADA	9
	4.1 Tratamientos y tamaño de parcela utilizada	9
	4.2 Descripción de los sistemas de aprovechamiento	9
	4.3 Medición de variables	10
	4.4 Contenido de humedad	16
	4.5 Medición de rebrotes	16
	4.6 Relación de variables y modelos analizados	17
5.	RESULTADOS	18
	5.1 Densidad de árboles y fustes antes de aplicar los tratamientos	18
	5.2 Arboles y fustes extraídos en los tratamientos	19
	5.3 Variables dasométricas medidas	20
	5.4 Biomasa extraída en peso verde	21
	5.5 Contenido de humedad	23
	5.6 Biomasa extraída en peso seco	24
	5.7 Número de rajas y manojos extraídos	24
	5.8 Capacidad y crecimiento de rebrotes	26
	5.9 Variables seleccionadas y modelos analizados	27
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
7.	LITERATURA CITADA	30
8.	APENDICE A	32
9.	APENDICE B. Tablas de biomasa y número de rajas para una y doble entrada	35

/

PRODUCTIVIDAD Y TABLAS DE BIOMASA DE *Gliricidia sepium* (JACQ.) STEUD EN BOSQUES NATURALES DE NICARAGUA

1. INTRODUCCION

La búsqueda de fuentes de energía, tendientes a lograr una efectiva reducción en el consumo de productos derivados del petróleo, constituye para el caso de Nicaragua, una actividad preferncial. Dentro de éste contexto, especial referencia merece la leña y carbón de diversas especies forestales, los cuales son utilizados como fuente de energía por más de 1.5 millones de nicaragüenses, (el consumo actual es de 1.31 millones de toneladas métricas por año) de acuerdo a datos proporcionados por diversos estudios (6,7).

Una encuesta socio-económica realizada en Nicaragua por el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía (7), determinó que la Gliricidia sepium comunmente denominada "madero negro", es la especie forestal cuya madera utilizada en forma de leña y carbón es la más preferida como combustible doméstico por un gran sector de la población rural, y comparable sólo con Calycophyllum candidissimun (madroño). En efecto el uso de G. sepium ha sido detectado en ocho departamentos de los trece estudiados en el país de donde se deduce que su distribución natural tiene una dimensión casi nacional.

Por sus excelentes cualidades para uso doméstico y en la industria artesanal, esta especie es aprovechada intensivamente en Nicaragua y como tal se halla en algunas zonas confinada a tierras miscelláneas, donde forma bosques secundarios más o menos homogéneos y asociados con otras especies indicadoras de zonas con climas secos y suelos arcillosos compactos.

Por lo general en Nicaragua se le aprovecha en turnos cortos, de 5 a 6 años, razón por la cual los mejores ejemplares se encuentran en bosques residuales conservados por afición de ciertos agricultores y también cuando se le usa como sombra en plantaciones de café.

Gliricidia tiene también sobresalientes características silviculturales como: alta capacidad de rebrote, aún después de la quema; prospera en un amplio espectro de climas y suelos; fácil reproducción vegetativa y regeneración natural; rápido crecimiento en plantaciones muy jóvenes; abundante producción de semilla; multiplicidad de usos, como sombra de café, alimento para ganado, cercos vivos, entre otros, hacen de esta especie una de las preferidas por los agricultores y reforestadores del país.

En la región del pacífico e interior central de Nicaragua existe todo un sistema de comercialización de leña, bastante bien desarrollado, donde el madero negro, es la especie relevante y fuente de ocupación de centenares de leñadores y comerciantes (12). Pese a todo esto son escasos los estudios cuantitativos de la producción y productividad de esta especie en su habitat natural.

Con el propósito de contribuir a presentar datos de interés para leñadores, técnicos e investigadores forestales, oficinas de planificación y sentar bases para manejar y promover el desarrollo de la energía renovable, se ha diseñado este estudio que pretende cumplir los siguientes objetivos:

a- Determinar la biomasa aprovechable (fustes, ramas gruesas y ramas delgadas) por unidad de área en un bosque secundario de Gliricidia sepium, con edad estimada del rodal de 6 años.

b- Determinar el producto comercial bajo dos sistemas de aprovechamiento del bosque: corte total, y corte selectivo.

c- Determinar el contenido de humedad de las diferentes partes de la biomasa aprovechable

d- Elaborar tablas de biomasa de uso práctico en peso verde, que relacionen variables determinantes del crecimiento del árbol con el producto comercial.

e- Observar la capacidad y crecimiento inicial de los rebrotes después de la corta.

f- Estimar el valor de la leña aprovechable por hectárea.

2. REVISION DE LITERATURA

Una breve revisión de literatura de los aspectos más relevantes de Gliricidia nos permitirán relacionar las variables, de manera tal que las inferencias sean más consistentes, conforme es el deseo del presente estudio.

2.1 Ecología, características y usos de la especie

Esta especie tiene un gran número de nombres comunes, por ejemplo, en Filipinas se le denomina Madre de cacao, Mata-ratón Kakawate; en México se le llama lilac, madera negra; en Nicaragua y otros países de Centro América, madero negro, madreado, madre cacao; en Colombia, Venezuela y Perú, se le conoce como matarratón, por citar algunos, (11,13).

Gliricidia sepium, es un árbol pequeño de 10 a 12 m de altura y diámetro de hasta 30 cm. Su madera es dura y pesada, con la albura y el duramen bien definidos; el duramen varía de color desde amarillo a café claro con marcas finas, pálidamente coloreada, que le dan a las superficies planas de la madera aserrada una apariencia decorativa. Tiene una textura moderadamente fina y un grano entrelazado, el cual tiene una dirección tipicamente irregular. Su corteza es clara, presentando protuberancias blancas (16).

Gliricidia ocurre naturalmente desde México hasta la parte norte de América del Sur (5,11), su distribución como exótica trasciende a la parte sur de América del Norte, el sur de Brasil, parte Tropical de Africa, sudeste del Asia y la zona del Caribe (10, 16). Se trata pues de una especie del Trópico y su habitat natural tiene las siguientes características; elevación desde el nivel del mar hasta los 1.500 m de altitud, precipitación entre 1.500 mm hasta más de 3.000 mm; amplio espectro de suelos desde los muy húmedos hasta secos y temperaturas medias entre 22° -

30°C (5, 11). En Nicaragua por ejemplo existen rodales en zonas con una precipitación de 785 mm, lo que significa una alta resistencia a los climas secos.

Muchos autores, coinciden en señalar a Gliricidia, como una especie de uso múltiple, a saber: como cerco vivo en asociaciones agroforestales, caso de la sombra para el cultivo de café; como complemento proteico para animales, como leña y carbón por su alto poder calorífico del orden de 4900 kcal/kg; como postes para cercos, durmientes para ferrocarriles, como planta medicinal; como fertilizante orgánico, para la alimentación humana, para colonizar tierras desgradadas y controlar la erosión, construcción en general y artesanía para señalar a los más relevantes (7,8, 10,11,13,15).

2.2 Importancia de los estudios de la biomasa

Varios reportes recientes, (Nishizawa 1970; Evans 1974; Kalla 1977; Karchesy and Koch 1979; McCarthy 1979; Nautiyal 1979; Purschwitz 1979; Sampson 1979; Bernettii 1980; Temu y Phillip 1981), citados por Gyde Lund (4), han considerado el potencial de biomasa con el fin de abastecer la producción de energía requerida.

Los estudios de biomasa han venido ganando importancia como un recurso renovable potencialmente viable; que ofrece al menos una solución parcial para ayudar a satisfacer las demandas existentes de energía principalmente en los países denominados "subdesarrollados", mayormente dependientes de los derivados del petróleo.

El bosque natural y las plantaciones forestales están teniendo un fuerte apoyo como una vía relativamente eficiente de captación y almacenaje de energía solar.

Las técnicas tradicionales de inventariación para los montes templados y boreales se concentran principalmente en las necesidades industriales (9).

Para las necesidades de madera y carbón vegetal de los países en desarrollo son más útiles los inventarios de la biomasa porque toman en cuenta las ramas. En zonas tropicales y subtropicales (incluidas las zonas de clima monzónico) los árboles jovenes especialmente se caracterizan a menudo porque una gran proporción de su volumen corresponde a la madera de las ramas. Sin embargo en muchos de los inventarios forestales se considera sólo el volumen del tronco limpio de las especies comerciales.

Según Joung, 1979, citado por Kuusela y Nyyssönen (9) sólo alrededor del 55% del peso en verde del árbol completo puede corresponder al tronco y el resto a las ramas, al follaje y al sistema tocón y raíces, los datos fidedignos sobre la biomasa pueden ayudar a concebir el bosque como un proveedor de energía en gran escala. De manera que los inventarios de la biomasa son probablemente más necesarios en las regiones tropicales y subtropicales donde la escasez de leña es sumamente aguda.

La cuantificación de la biomasa (fitomasa) es indispensable para hacer estimaciones reales de todos los componentes (follaje, ramas, fustes, tocón y raíces) y usualmente es expresada en volumen o peso ya sea seco o verde. Según Tyron y Edson 1979, citados por Gyde Lund (4), la biomasa expresada en peso es el común denominador para medir el potencial de energía y fibra así como para expresar la cantidad y producción de leña. La relación entre el peso y las dimensiones físicas de las plantas es más fuerte que el volumen y las dimensiones físicas.

De manera que aunque convencionalmente la madera se mide principalmente en unidades de volumen, cada vez se utilizan más las unidades de peso, que son obligatorias en los inventarios de la biomasa.

Existen varias clasificaciones y terminologías de la biomasa utilizadas para las diferentes partes del árbol, (4). Sin embargo en los inventarios de la biomasa el objetivo principal consiste en medir el árbol completo o todo el árbol a partir del tocón.

En las zonas templadas son más comunes los estudios sobre selección de variables, elaboración de modelos y tablas de volumen y peso para la

cuantificación de la biomasa utilizada para leña, (tal es el caso de Estola y Clendenen 1979; Rhea y McGlothlin 1981, que elaboraron tablas de volumen, y de Bonnor 1979; Hitchcock 1979; Cunia 1979 y Baskerville 1972) citados por Gyde Lund (4) Whisenant y Burzlaff (18), y Felker et. al. (3) que han trabajado con desarrollo de ecuaciones y tablas para biomasa. Sin embargo, los estudios sobre la biomasa aprovechable para leña en bosques naturales en muchas de las zonas tropicales son aún escasos principalmente en el trópico americano.

3. CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

3.1 Ubicacion del sitio

El estudio está ubicado en La Cuesta del Coyol, Municipio Las Maderas, a 57 1/2 km de la ciudad de Managua, carretera Panamericana norte. A una latitud de 12° 30' y longitud de 86° 03' (Fig. 1).

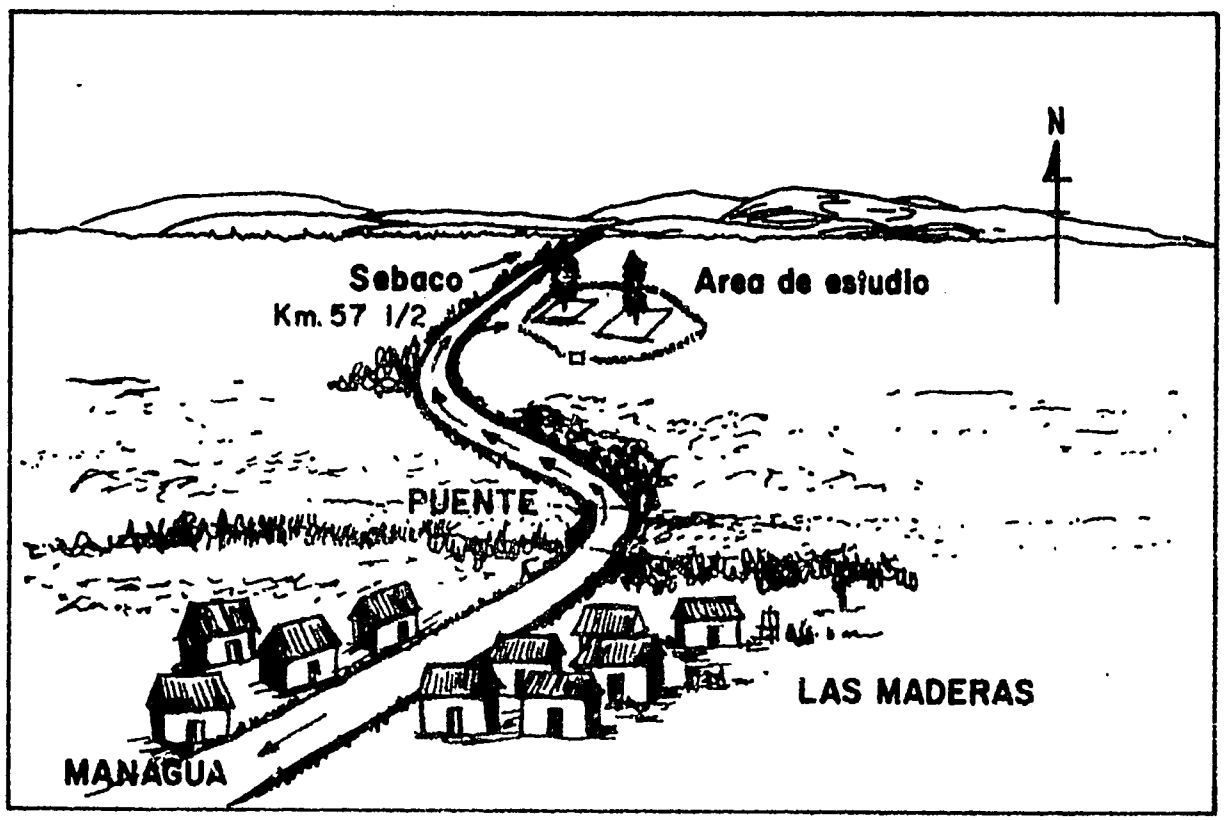


Fig. 1. Ubicación del área de estudio.

Algunos datos climáticos* que caracterizan el sitio son: precipitación total anual 785 mm, con una máxima de 1272 mm y mínima absoluta de 327 mm, período de lluvia 6 meses, mayo-octubre (Figura 2). La temperatura media mensual es de 24,8°C, y una elevación de 250 msnm, con relieve inclinado. De acuerdo al diagrama de zonas de vida de Holdridge (5), el área de estudio corresponde a la zona de vida bosque muy seco tropical (bms-T).

3.2 Suelos** y vegetación existente

Los suelos son vértices; pedregosos, moderadamente bien drenados, con un substrato pesado y una pendiente variable de 10 a 30%, razón por la cual existe riesgo de erosión. La vegetación en estas condiciones es de tipo "matorral" (charral), donde se encuentran asociados ejemplares de Pithecelobium dulce (espino), Acacia costaricensis (cornizuelo), Acacia farnesiana (aromo), Myrospermum frutescens (chiquirín), Byrsonima crassifolia (nancite) y Cassia emarginata (vainillo), sin embargo predomina Gliricidia sepium (madero negro).

Esta asociación edafo-climática determina una cobertura vegetal donde G. sepium se presenta de manera casi homogénea y se hace extensiva en forma análoga a varios miles de hectáreas en diferentes zonas del país, pero mayormente concentrados en los departamentos de Managua, Matagalpa, Boaco y Rivas.

El bosque natural de G. sepium donde se establecieron las parcelas tenía una edad estimada de 6 años, según información de algunos leñadores vecinos al área de estudio (Fig. A).

---

* Monthly precipitation, probabilities, climate and agricultural potential for Nicaragua, Utah State University. 1978.

** Catastro e Inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. 1971.

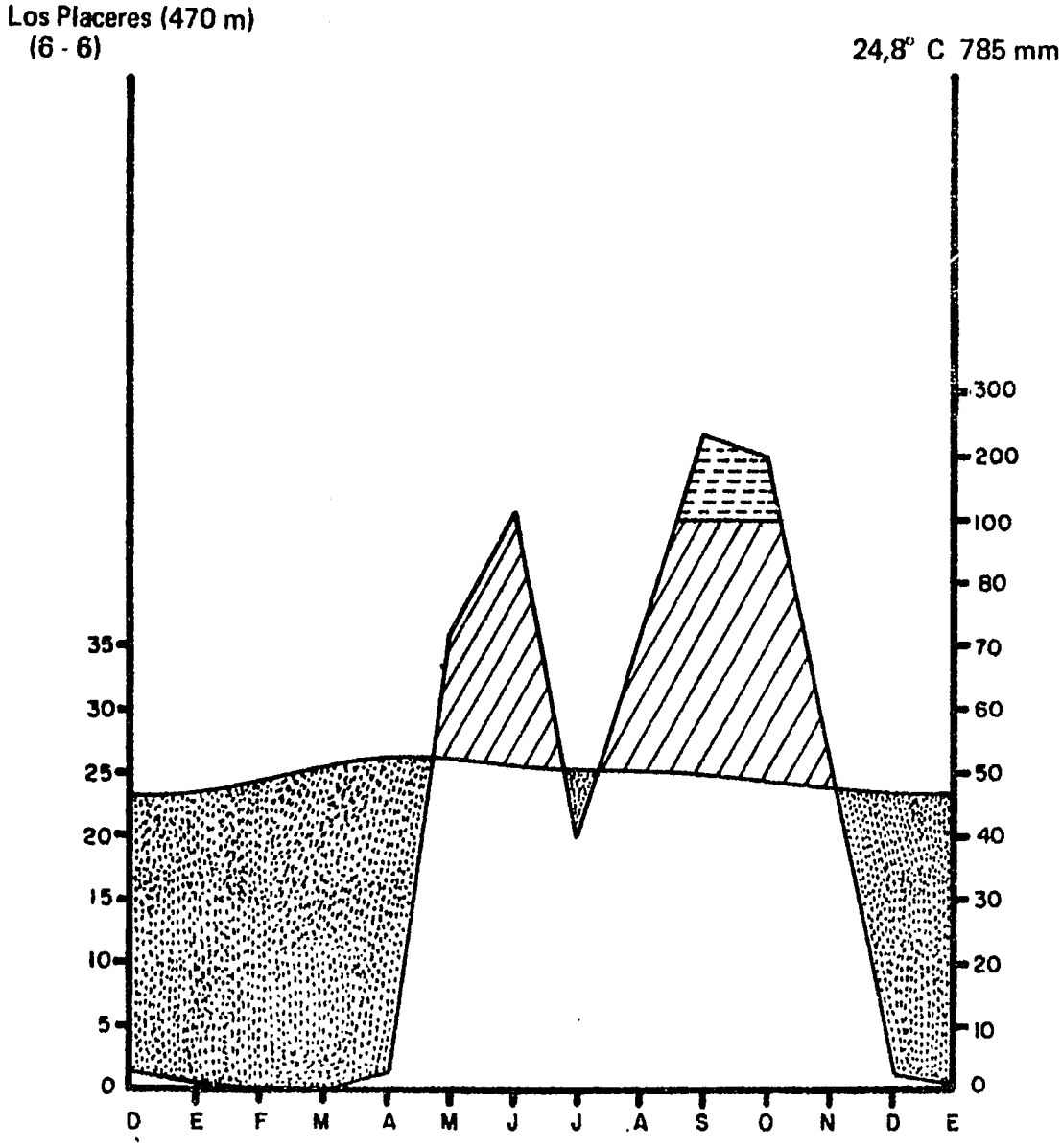


Fig. 2. Climadiagrama según Walter y Lieth (18), del área experimental con datos de la estación meteorológica Los Placeres, para 6 años de observación.

4. METODOLOGIA EMPLEADA

4.1 Tratamiento y tamaño de parcela utilizada

Selección y arreglo de tratamientos

Los tratamientos seleccionados fueron tres con tres repeticiones cada uno de ellos distribuidos en forma al azar (Fig. 3).

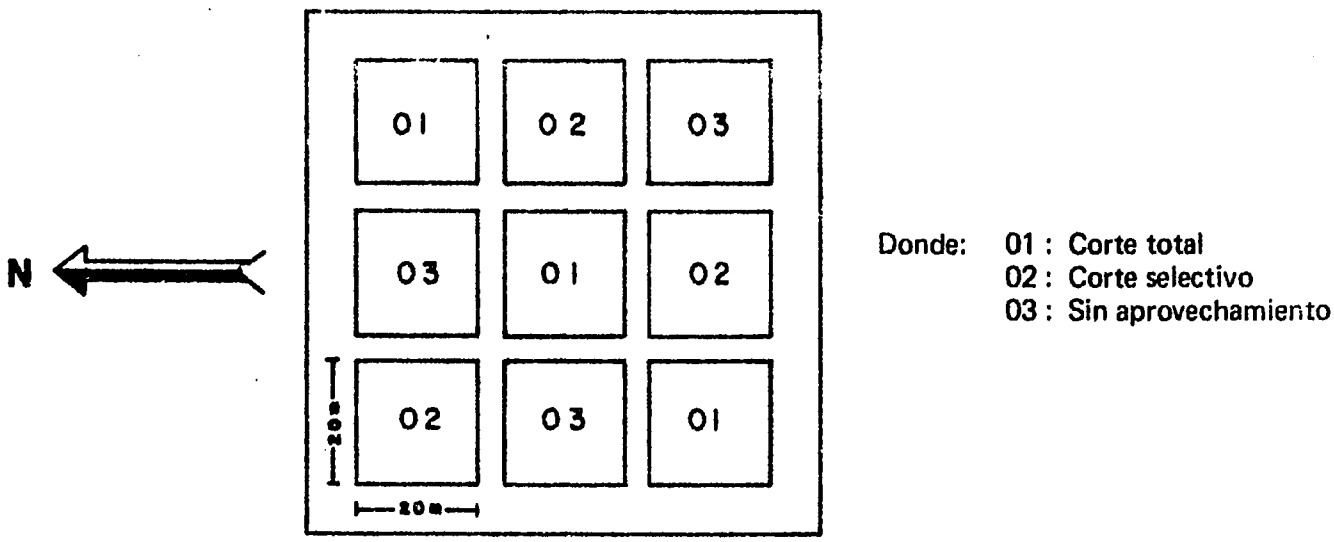


Fig. 3 Distribución de los tratamientos en las parcelas de regeneración natural de *G. sepium*.

Cada parcela ocupó una superficie de 400 m^2 de forma cuadrangular (20 x 20 m), siendo el área total neta de investigación de 3.600 m^2.

4.2 Descripción de los sistemas de aprovechamiento

Antes de aplicar los tratamientos de aprovechamiento se cortaron todos los arbustos de otras especies que estaban en las parcelas, dejando unicamente los árboles de G. sepium (Fig. A).

Aprovechamiento total: Como su nombre lo indica, este método consistió en cortar todos los árboles sin importar su edad, ni dimensiones. Obviamente este método facilitó ciertos trabajos y prácticas de manejo tendientes a calcular la biomasa (Fig. C). La tumba de árboles se hizo mediante el empleo de la motosierra y el desrrame con machete.

Aprovechamiento selectivo: La selección de los árboles a cortarse en cada parcela obedeció al criterio desarrollado por el leñador, que a nuestro entender tiene como base el punto de vista meramente comercial y quizás algún sentido proteccionista. Aquí se talaron sólo los árboles que producen trozas de dimensión tal que pueden ser cortados con el hacha y consecuentemente producir rajas (Fig. B). La unidad comercial de la leña en Nicaragua es por lo general el "manojo" compuesto por cinco rajas de aproximadamente 70-90 cm de largo.

Este sistema de aprovechamiento, parece tener una ventaja sobre el anterior, por cuanto el suelo no queda a la interperie después de la corta y por lo tanto, protege parcialmente los suelos en áreas propensas a la erosión.

Sin aprovechamiento: En estas parcelas no se cortó ningún árbol de *Gliricidia* y se midieron diámetros y alturas de todos los fustes con el fin de que sirvan para establecer grados de comparación con las parcelas sometidas a diferentes regímenes de aprovechamiento. Además serán la fuente de información para conocer mejor la dinámica de la biomasa, por tal motivo, estas parcelas serán medidas periódicamente.

4.3 Medición de variables

La asignación de valores a las variables, fue una labor de equipo; una brigada de 5 personas fue organizada para cumplir el esquema de trabajo siguiente:

- Selección y tumba del árbol con motosierra
- Marcado del árbol (tocón y parte baja del fuste) para identificación posterior
- Trozado de ramas gruesas y delgadas, con hacha, motosierra o machete (Fig. D)
- Medición de la altura total (incluído el tocón) con cinta métrica, marcando la mitad de la altura total
- Medición de la altura comercial en metros, generalmente donde la troza puede rajarse con hacha en dos mitades, esto es un

Fig. A Aspecto general del rodal de *Gliricidia sepium* en la curva del km 57 1/2 carretera Managua-Sébaco

Fig. B Medición de un árbol tumbado de *Gliricidia sepium* en una de las parcelas

Fig. C Vista general de una de las parcelas de *Gliricidia sepium* antes del aprovechamiento total

Fig. D Ramas gruesas y delgadas (burusca) de *Gliricidia sepium*

diámetro medio de 4 a 5 cm

- Medición del DAP y otros diámetros a los 0,5 m; 1,5 m; 2,0 m; 3,5 m; 4,5 m; etc. según el número de trozas de 1 m de longitud, que puedan derivarse del fuste comercial
- Medir la longitud y diámetro medio de la última troza comercial y la última troza del árbol
- Picado de ramas gruesas y delgadas, y pesado de estas por separado en base al diámetro
- Trozado del fuste comercial, rajado y pesado de todas las rajas por fuste (Fig. E, F, G, H).

El árbol como consecuencia fue dividido en las partes que se ilustran en la Fig. 4.

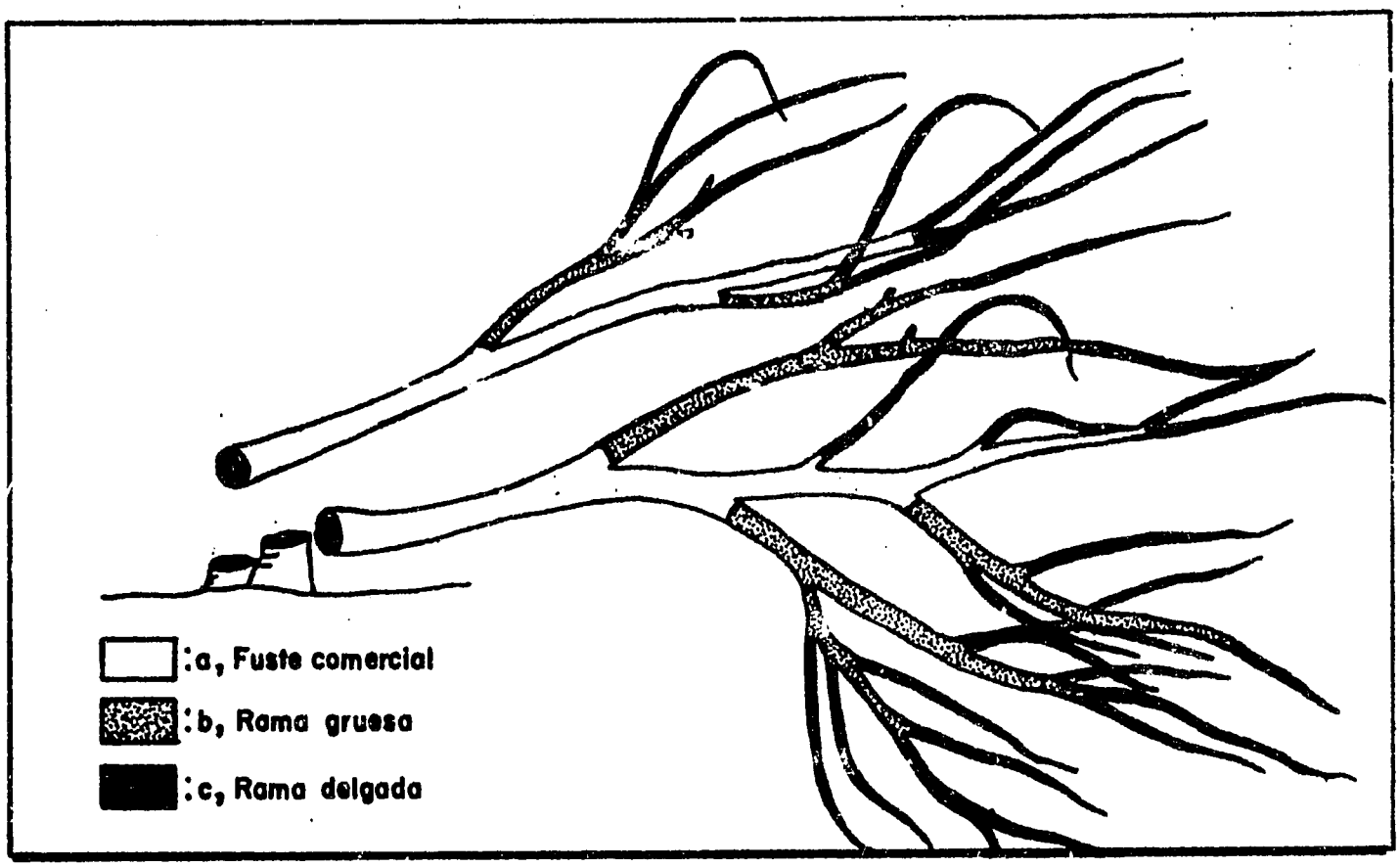


Fig. 4. Partes que se aprovechan y desechan después de la corta de un árbol de *Gliricidia*.

Fig. E Método de preparación de rajas de *Gliricidia sepium*.

Fig. F Acarreo de la leña de *Gliricidia sepium* para ser pesada

Fig. G Pesaje de la leña de *Gliricidia sepium*

Fig. H Leña de *Gliricidia sepium* apilada en una de las parcelas de aprovechamiento selectivo

Donde:

a. Fuste comercial que origina rajas comerciales, primera calidad de leña

b. Ramas gruesas, se comercializa en forma rolliza, dentro de los manojos acompañan a las rajas en una proporción de 1 a 4

c. Ramas delgadas y brote terminal de crecimiento del fuste, normalmente denominados "burusca", pierden sus hojas, y constituyen la parte no comerciable. Sin embargo, cuando la leña no abunda, se le utiliza en muchos hogares del área rural, cercanos al sitio de corte

a + b = producto comercial (biomasa parcial)
a + b + c = biomasa total aprovechable

4.4 Contenido de humedad

Con el propósito de determinar el contenido de humedad de las diferentes partes de la biomasa aprovechable se tomaron un total de 14 muestras en peso verde recién cortadas; 5 muestras de ramas delgadas con un peso promedio de 34 gr; 5 muestras de ramas gruesas con un peso promedio de 72 gr; y 4 muestras de fuste con un peso promedio de 178 gr. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de la Escuela de Ecología de la Universidad Centroamericana (UCA) de Nicaragua.

Las muestras se pesaron y posteriormente se secaron en el horno a una temperatura de 115°C por 24 horas para obtener el peso seco y calcular el contenido de humedad correspondiente.

4.5 Medición de rebrotes

Con el fin de conocer la capacidad y crecimiento de los rebrotes se hizo una medición de número de rebrotes por fuste cortado, diámetro (DAP) y altura total para cada rebrote a los 6 meses de edad. Estas

mediciones se realizaron en una de las parcelas de aprovechamiento total y en otra de aprovechamiento selectivo, para detectar si existe competencia en el crecimiento inicial de los rebrotes en los dos tipos de aprovechamiento.

4.6 Relación de variables y modelos analizados

Se analizaron un total de 20 variables, de las cuales mediante una matriz de correlación total con los 108 árboles extraídos en el aprovechamiento total, se seleccionaron las variables consideradas más importantes, y que podrían tener una relación práctica para la interpretación de los resultados.

Con el objeto de ver la relación y la tendencia de algunas de las variables, se hicieron gráficas de dispersión. Se analizaron los 108 árboles del aprovechamiento total y los 69 árboles del aprovechamiento selectivo utilizando el programa SCATPLOT*, entre las siguientes variables:

Altura comercial - diámetro (DAP)
Peso de fuste - altura comercial
Peso de fuste - rajas total por árbol
Rajas total por árbol - diámetro (DAP)
Rajas por fuste - altura total
Rajas por fuste - altura comercial
Rajas por fuste - diámetro (DAP)
Peso de fuste + rama gruesa por fuste - diámetro (DAP)
Peso de fuste + rama gruesa + rama delgada - diámetro (DAP)

Posteriormente se hicieron análisis de regresión con los modelos que resultaron con mejor ajuste con una muestra de 108 árboles, utilizando el programa TWOVARS*.

---

* Programas desarrollados en el Centro de Computo del CATIE por la Biometrista Heather J. Palmer.

En base a los modelos seleccionados se elaboraron las tablas de biomasa y número de rajas, consideradas de mayor importancia y uso práctico.

5. RESULTADOS

5.1 Densidad de árboles y fustes antes de aplicar los tratamientos

El número de árboles por ha varió entre 750 y 1.800 con un promedio de 1.330 mientras que la densidad de fustes por ha varió entre 1.475 y 3.000 con un promedio de 2.163 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de árboles y fustes promedio por parcela y por ha de *G. sepium* en Nicaragua

Tratamientos	No. de árboles		No. de fustes	
	Por parcela	Por ha.	Por parcela	Por ha.
Aprovechamiento Total	37	925	59	1.475
	41	1.025	76	1.900
	30	750	59	1.475
Promedios	36	900	65	1.616
Aprovechamiento Selectivo	63	1.575	88	2.200
	48	1.200	75	1.875
	72	1.800	101	2.525
Promedios	61	1.525	88	2.200
Sin Aprovechamiento	72	1.800	119	2.975
	71	1.775	120	3.000
	45	1.125	82	2.050
Promedios	63	1.567	107	2.675

Se puede observar que las parcelas correspondientes al tratamiento de aprovechamiento selectivo y sin aprovechamiento tiene una densidad de árboles por ha semejante siendo el promedio de ambos de 1.546 y el promedio de fustes por ha de 2.437 mientras que las parcelas correspondientes al tratamiento de aprovechamiento total presentan una densidad mucho menor, con un promedio de 900 árboles y 1.616 fustes por ha, especialmente dos de las tres parcelas.

5.2 Arboles y fustes extraídos en los tratamientos

Se extrajeron un total de 177 árboles y 314 fustes, lo que representa un promedio de 1,8 fustes por árbol.

En el tratamiento de aprovechamiento total se extrajo el 100% de los árboles y fustes encontrados en las parcelas (Cuadro 1), mientras que en el tratamiento de aprovechamiento selectivo se extrajo un promedio de 575 árboles por ha que representa un 38% del total encontrado y 1.000 fustes que representan un 45% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de árboles y fustes por ha extraídos y remanentes en el tratamiento de aprovechamiento selectivo de *G. sepium* en Nicaragua

	No. de árboles		No. de fustes	
	Cortados	En pie	Cortados	En pie
	400	1.175	500	1.700
	500	700	1.000	875
	825	975	1.500	1.025
Promedios	575	950	1.000	1.200

5.3 Variables dasométricas medidas

Los promedios de diámetros, altura total y altura comercial del material extraído y remanente se presenta en el Cuadro 3. Tanto el promedio del diámetro, la altura total como la altura comercial del material remanente en las parcelas de aprovechamiento selectivo fue menor que el del material extraído.

Los diámetros promedio en las parcelas con aprovechamiento total fueron similares a los de las parcelas sin aprovechamiento, no así para el promedio en altura total. El promedio de la altura comercial tanto en el aprovechamiento total como en el selectivo fueron similares.

Cuadro 3. Diámetro (DAP), altura total y altura comercial promedio por tratamiento del material remanente y extraído de G. sepium en Nicaragua

	Diámetro en cm		Altura total en m		Altura comercial* en m
	Remanente	extraído	Remanente	extraído	extraído
Aprovechamiento total	--	7,3	--	8,3	5,2
Aprovechamiento selectivo	4,8	8,4	5,5	8,6	5,8
Sin aprovechamiento	7,0	--	7,0	--	--
Promedios $\bar{X}$	5,9	7,8	6,2	8,4	5,5

* No se midió la altura comercial del material remanente.

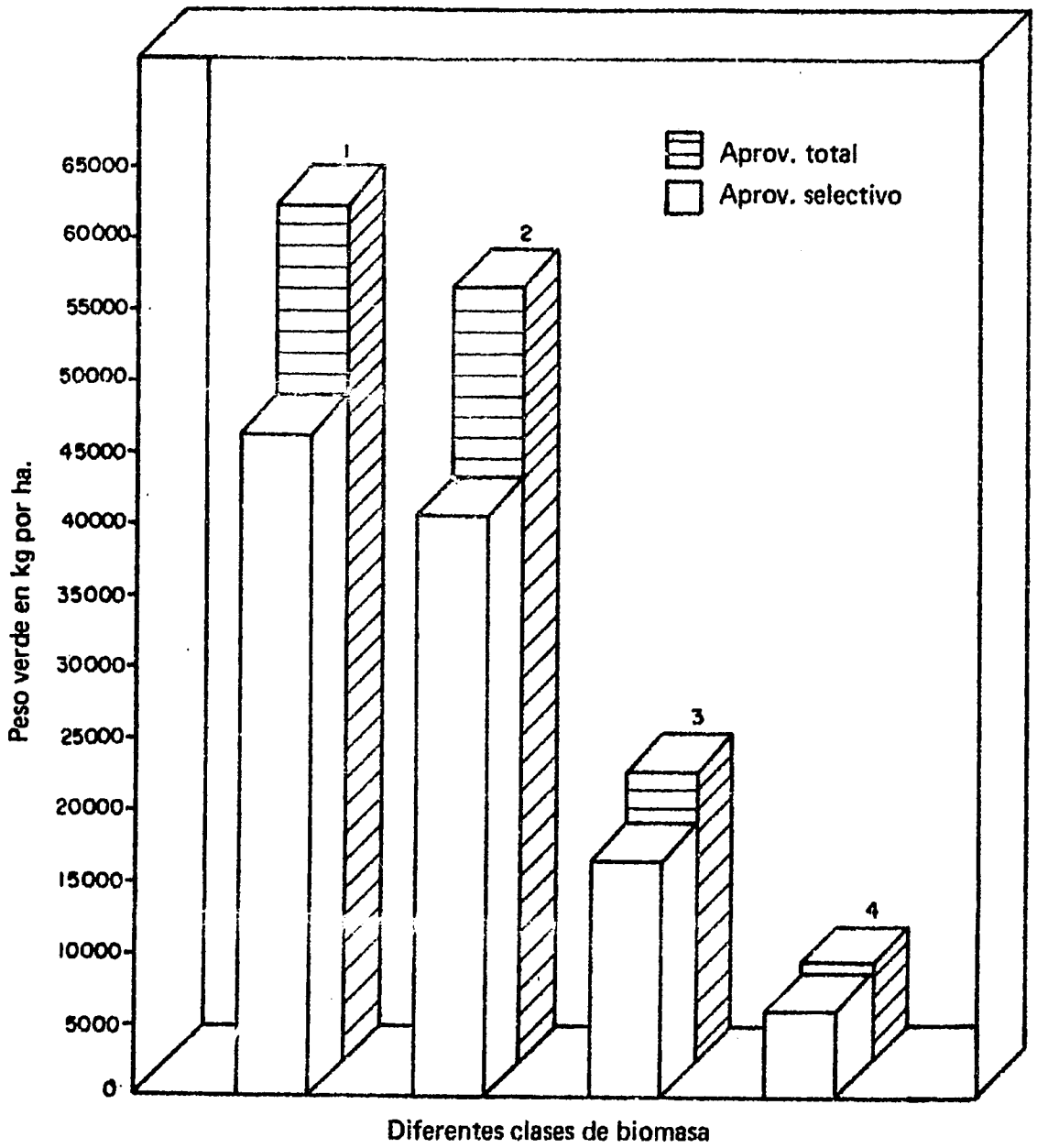
5.4 Biomasa extraída en peso verde

El mayor peso verde de la biomasa extraída fue debido a los fustes (50%) seguido por las ramas gruesas (37%) y las ramas delgadas (13%), Cuadro 4. La Figura 5, muestra la representación gráfica de las diferentes clases de biomasa extraída.

Cuadro 4. Peso verde de biomasa en kg, de fustes, ramas gruesas y ramas delgadas en las dos clases de aprovechamientos de G. sepium en Nicaragua

Clases de aprovechamiento	Peso de fustes por		Peso de ramas gruesas por		Peso de ramas delgadas por		Peso total de fustes, ramas gruesas y delgadas por ha
	ha	%	ha	%	ha	%	
Aprovechamiento total	27.750	43	23.950	37	12.325	19	64.025
	37.500	59	19.925	31	6.475	10	63.900
	27.950	47	24.325	40	7.725	12	60.000
Promedios	31.067	50	22.733	36	8.842	14	62.642
Aprovechamiento selectivo	13.525	45	12.300	41	4.125	14	29.950
	30.775	56	18.125	33	6.200	11	55.100
	28.050	52	19.300	36	6.550	12	53.900
Promedios	24.117	51	16.575	37	6.625	12	46.317
Promedio total	27.592	50	19.654	37	7.233	13	54.480

El promedio de la biomasa total, en peso verde, fue de 54.480 kg/ha. A escepción de una de las parcelas del tratamiento de aprovechamiento selectivo, que resultó ser bajo, las restantes parcelas en cada uno de los tratamientos arrojan pesos de biomasa semejantes en cada uno de los aprovechamientos.



1. Biomasa total: peso de fustes más ramas gruesas más ramas delgadas.
2. Biomasa parcial: peso de fustes más ramas gruesas.
3. Biomasa de ramas gruesas.
4. Biomasa de ramas delgadas.

Fig. 5. Representación gráfica de las diferentes clases de biomasa extraída en el aprovechamiento total y selectivo de *Gliricidia sepium* en Nicaragua.

La biomasa parcial, incluye fustes y ramas gruesas, que es la que mayormente se aprovecha para rajas, alcanzó un promedio de 47.246 kg/ha que representa un 86% de la biomasa total, correspondiéndole el restante (14%) a la leña delgada (Fig. 5).

La biomasa en peso verde por árbol varió entre 79 y 95 kg, con un promedio de 82 kg, mientras que la biomasa por fuste varió entre 39 y 54 kg con un promedio de 46 kg, la diferencia de 36 kg, equivale a un 56%.

La diferencia de biomasa total entre aprovechamiento total y selectivo fue de 16.325 kg que representa un 26%. Esta diferencia hubiera podido ser mayor si se considera que dos de las tres parcelas del aprovechamiento total tenían una densidad de árboles y fustes por ha mucho menor que las parcelas del aprovechamiento selectivo.

5.5 Contenido de humedad

En el Cuadro 5 se presentan los contenidos de humedad de las diferentes clases de biomasa extraída. Las ramas delgadas y gruesas presentan el mismo porcentaje de humedad. y peso seco con un promedio de 58% y 42% respectivamente, mientras que el peso seco de la biomasa de fustes fue superior con un promedio de 48% y un contenido de humedad de 52%. El promedio del contenido de humedad de la biomasa total fue de 56%..

Cuadro 5. Peso húmedo, peso seco y contenido de humedad para las diferentes clases de biomasa extraída; promedios de 14 muestras

Clase de biomasa	Peso húmedo (gr)	Peso seco (gr)	Peso seco* (%)	Contenido de humedad (%)
Ramas delgadas	34,50	14,4	42	58
Ramas gruesas	72,58	30,80	42	58
Fustes	177,73	85,25	48	52

* En relación al peso húmedo

5.6 Biomasa extraída en peso seco

El promedio de la biomasa total en peso seco, incluyendo fustes, ramas gruesas y delgadas fue de 34.157 kg en el aprovechamiento total y de 25.175 kg en el aprovechamiento selectivo con un promedio de 29.666 kg.

La biomasa parcial (peso de fustes y ramas gruesas) alcanzó un total de 29.029 kg (85% de la biomasa total) en el aprovechamiento total y de 21.913 kg (87%) en el aprovechamiento selectivo, con una diferencia de 7.116 kg que representa un 24%. La biomasa de ramas delgadas representa un 14% de la biomasa total extraída (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso seco de biomasa en kg, de fustes, ramas gruesas, ramas delgadas en los dos tipos de aprovechamiento de G. sepium en Nicaragua

Clases de aprovechamiento	Peso de fustes		Peso de ramas gruesas		Peso de ramas delgadas		Peso total de fustes, ramas gruesas y delgadas
	por ha	%	por ha	%	por ha	%	Por ha
Aprovechamiento total	15.844	46	13.185	39	5.128	15	34.157
Aprovechamiento selectivo	12.300	49	9.613	38	3.262	13	25.175
Promedio	14.072	47,5	11.399	38,5	4.195	14	29.666

5.7 Número de rajas y manojos extraídos

La diferencia en número de rajas extraídas en ambos tratamientos fue de 13.991 (12%) mayor en el aprovechamiento total con respecto al aprovechamiento selectivo. En relación al número de manojos la diferencia fue de 2.798 (27%), (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedios de números de rajas, manojos por ha y precio de venta del manojo de G. sepium en Nicaragua

	Número de rajas por ha	Número de manojos*	Valor en córdobas por ha**
	38.325	9.665	19.330
Aprovechamiento total	61.350	12.270	24.540
	43.675	8.735	17.470
Promedios	51.116	10.223	20.446
	22.425	4.485	8.970
Aprovechamiento parcial	46.250	9.250	18.500
	42.700	8.540	17.080
Promedios	37.125	7.425	14.850
Promedio Total	44.120	8.824	17.648

* Un manojo contiene 5 rajas.

** Un manojo se vende en los mercados de Managua a C$2 (Córdobas*), setiembre 1982.

El promedio total de número de manojos por ha fue de 8.824, que a un precio final promedio de C$2,00 que se vende el manojo en mercados y pulperías en Managua, representa C$17.648.00 por ha. La diferencia en valor de la leña que puede ser vendida entre los dos tratamientos fue de C$5.596,00 a favor del aprovechamiento total.

---

* Existen dos cambios oficiales por un dólar de Estados Unidos; tales cambios son 10 y 28 córdobas. (Setiembre 1982).

5.8 Capacidad y crecimiento de rebrotes

Una de las características silviculturales más apreciadas de la G. sepium es su capacidad de rebrotar después de realizar el corte. En el Cuadro 8, ser resumen datos de rebrotes de 6 meses de edad, después que el rodal ha sido sometido a dos métodos de aprovechamiento.

Cuadro 8. Características de los rebrotes a los 6 meses de edad en dos tipos de aprovechamiento

Variables medidas	Aprovechamiento total	Aprovechamiento selectivo
Total de árboles	70	61
Arboles cortados	70	21
Arboles con rebrote (%)	94	100
No. total de rebrotes	345	119
Promedio de rebrotes/árbol	5,2	5,6
Altura total promedio de rebrotes, (dm)	24	34
Rango	15-36	21-71
Altura total promedio del rebrote dominante (dm)	30	45
Rango	13-41	24-96
$\overline{DAP}$ promedio de rebrotes (mm)	19	28
Rango	11-26	18-69
$\overline{DAP}$ promedio del rebrote dominante	24	37
Rango	10-47	19-88

De este cuadro se deduce, que el porcentaje de tocones que rebrotan es alto en ambos tipos de aprovechamiento; en este caso 94% para el corte total (o matarrasa) y 100% para el corte selectivo. La diferencia entre ambos no parece ser significativa a simple vista, pero la ganancia observada en el corte selectivo, puede atribuirse a una mejor selección

del árbol para la corta, lo que supone un grosor del tocón mayor, y posiblemente una mejor formación del sistema radicular, que influye en el futuro rebrote.

Es también notable observar como la altura y diámetro de los rebrotes dominantes del aprovechamiento selectivo aventajan a los rebrotes obtenidos de árboles sometidos al corte total, de donde se infiere que hay diferencias en vigor entre los tocones de ambos aporvechamientos.

5.9 Variables seleccionadas y modelos analizados

Por medio de la matriz de correlación se seleccionaron las variables consideradas más importantes (Cuadro A.1, del apéndice), y con la ayuda de las gráficas de dispersión se decidió hacer análisis de regresión con los modelos lineal y logaritmico, obteniéndose los coeficientes de determinación más altos, coeficientes de variación y desviación estandar más bajos en los 15 modelos logaritmicos analizados (Cuadro A.2 del apéndice).

En base a estos modelos analizados se elaboraron las tablas de biomasa en peso y número de rajas para una entrada (DAP) y para dos entradas (DAP y altura total), las cuales se presentan en el Apéndice B.

De las variables analizadas se desprende que los mejores ajustes para predecir biomasa en peso y número de rajas se obtuvieron con los modelos que relacionan diámetro y altura (dos entradas) o unicamente diámetro (una entrada), con la biomasa parcial (peso del fuste y ramas gruesas) por fuste individual.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología utilizada en el presente estudio resultó útil para la cuantificación, tanto de la biomasa comercial (peso de fustes y ramas gruesas), así como de la biomasa total aprovechable (peso de fustes, ramas gruesas y delgadas).

El 86% de la biomasa total está representada por el peso de fustes y ramas gruesas, siendo ésta en el aprovechamiento total de 62.642 kg y en el aprovechamiento selectivo de 46.317 kg por ha en peso verde y de 34.157 y 25.175 en peso seco respectivamente.

La aplicación de los dos tratamientos de aprovechamiento, selectivo y corta total significó una diferencia promedio a favor de este último de un 38% de los árboles originales y un 45% de los fustes extraídos, que representó una diferencia en biomasa total de 16.325 kg (26%) en peso verde y de 7.116 kg (24%) en peso seco.

Se encontró poca variación en el porcentaje de humedad entre las muestras analizadas con respecto a ramas gruesas y delgadas con un promedio de 58%, mientras que para el fuste alcanzó un promedio de 52%.

A los 6 meses después de la corta el porcentaje de los árboles con rebrote fue similar en ambos tratamientos con un promedio de 97% y un promedio de número de rebrotes por árbol de 5,4.

La altura total promedio de los rebrotes por árbol en ambos tratamientos, a los 6 meses después de la corta fue de 29 dm y la altura promedio de los rebrotes dominantes alcanzó 38 dm. En diámetro el promedio fue de 24 mm y en los rebrotes dominantes de 31 mm.

En las parcelas con tratamiento selectivo se obtuvo menor porcentaje de árboles con rebrote, sin embargo el crecimiento de los mismos a los 6 meses fue ligeramente mayor en diametro y altura, en comparación con el tratamiento de aprovechamiento total.

Además de obtener mayor biomasa aprovechable en el aprovechamiento total con respecto al selectivo se hace necesario mediciones futuras con el fin de conocer mejor el desarrollo de los rebrotes y del material remanente en el aprovechamiento selectivo en comparación con el aprovechamiento total. De manera que se pueda determinar el efecto de ambos tratamientos en la producción de biomasa en cortes futuros.

El mejor ajuste en los modelos probados se obtuvo relacionando diámetro y altura o unicamente diámetro con biomasa parcial (peso de fuste y ramas gruesas) por árbol o fuste individual, de manera que la inclusión de ramas delgadas desfavoreció el ajuste.

La biomasa comercial en el aprovechamiento total, arrojó un valor total de 20.446 Córdobas por ha, como consecuencia de la venta de la leña. Este ingreso bruto permite cifrar esperanzas de que el manejo del recurso energético renovable producto de la vegetación natural merece mayor atención.

Las técnicas de cuantificación para el caso de la energía renovable, deben estar dirigidas a la obtención de la biomasa aprovechable, y la medida obligatoria debe ser el peso. El método practicado en este estudio es una buena alternativa para el propósito que se señala.

Gliricidia sepium es una especie de comprobada utilidad como fuente de energía (al margen de otros usos) por gran parte de la población rural. Como tal amerita ampliar su estudios desde el punto de vista silvicultural, donde es urgente: observaciones fenológicas, regeneración natural, reproducción vegetativa, clases de sitio, asociación con otros cultivos, rebrotes, turnos, crecimiento y rendimiento, por señalar los más relevantes.

7. LITERATURA CITADA

1. BAGGIO, A.J. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. en Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 91 p.

2. FALVEY LINDSAY, J. Gliricidia maculata - a review. The International Tree Crops Journal, 2(1): 1-14. 1982

3. FELKER, P. et. al. Biomass estimation in a young stand of Mesquite (Prosopis spp), tronwood (Olneya tesota), palo verde Cercidium floridium and Parkinsonia aculeata, and Leucaena (Leucaena leucocephala). Journal of Range Management 35(1): 87-89. 1982.

4. GYDE LUND, H. A synthesis of techniques to asses fuelwood volume and production with an emphasis on arid environments. s.l., s.e., 1982. pp. 14-24.

5. HOLDRIDGE, L.R. y POVEDA, L.J. Arboles de Costa Rica. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1975. 546 p.

6. INSTITUTO NICARAGUENSE DE ENERGIA. Balance Energético Nacional, Managua, Nicaragua, 1981. 266 p.

7. JONES, J. y OTAROLA, A. Diagnóstico socio-económico sobre el consumo y la producción de leña en fincas pequeñas de Nicaragua. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica Informe Técnico No. 21, 1981. 69 p.

8. KASMUDJO. Gliricidaea plant in critical area. Duta Rimba 23(4): 24-29. 1978.

9. KUUSELA, K. y NYYSSÖNEN, A. Cuantificación de la energía forestal, métodos de determinación de la biomasa. Unasylva 33(133): 31-34, 1981.

10. LITTLE, E.L. y WADSWORTH, F.H. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Handbook No. 249, 1964. pp. 196-198.

11. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Firewood crops; shrub and tree species for energy production. Washington, D.C., 1980. 237 p.

12. PARK, W., NEWMAN, L.C. y FORD, K. Fuelwood supply for Managua, Nicaragua. Sustainable alternatives for the Las Maderas fuelwood supply region. McLean, Virginia, MITRE, 1982. 144 p.

13. PERINO, J.M. Rehabilitation of a denuded watershed through the introduction of kakawate (Gliricidia sepium Jacq.) Sylvatrop (Philipp. For. Res. J). 4(2): 49-67. 1979.

14. PRAYITNO, T.A. y WIJAYA, M. Comparative growth capacity of Calliandra and Gliricidia in critical soil. Duta Rimba 34(5): 8-11. 1979.

15. SOEKERI. Some influences of the planting depth of Gliricidia slip on the initial period of growth. Duta Rimba 30(5): 24-28. 1979.

16. STANDLEY, P.C. y STEYERMARK, F. Flora of Guatemala. Chicago, Natural History Museum, 1945. v. 24 part v, 502 p.

17. WALTER, H. y LIETH, H., Klimadiagramm-Weltatlas. Jena. Gustav Fischer. 1967. p. irr.

18. WHISENANT, S.G. y BURZLAFF, D.F. Predicting green weight of Mesquite (Prosopis glandulosa Torr.). Journal of Range Management 31(5):396-397. 1978.

8. APENDICE A

LISTA DE VARIABLES ANALIZADAS

1. ARB/parcela : árboles por parcela
2. ALTTOT 1 : altura total del fuste en dm
3. ALTCOM 1 : altura comercial del fuste en dm
4. DIAM 1 : diámetro del fuste en mm
5. PEJE 1 : peso por fuste en kg
6. PESORG 1 : peso de rama gruesa por fuste en kg
7. PESORP 1 : peso de rama delgada por fuste en kg
8. RAJEJE 1 : número de rajas por fuste
9. DIAMTOC 1 : diámetro del tocón por fuste en mm
10. PESO 21 : peso del fuste más rama gruesa por fuste (biomasa parcial por fuste)
11. PESO 31 : peso del fuste más rama gruesa más rama delgada por fuste (biomasa total por fuste)
12. PESO 61 : peso de la rama gruesa más rama delgada por fuste
13. PEJE 2 : peso de todos los fustes por árbol
14. PESORG 2 : Peso de todas las ramas gruesas por árbol
15. PESORP 2 : peso de todas las ramas delgadas por árbol
16. RAJEJE 2 : número total de rajas por árbol
17. PESO 22 : peso de todos los fustes más ramas gruesas por árbol (biomasa parcial por árbol)
18. PESO 32 : peso de todos los fustes más las ramas gruesas más ramas delgadas por árbol (biomasa total por árbol)
19. PESO 62 : Peso de todas las ramas gruesas más ramas delgadas por árbol
20. NUME EJE : número total de fustes por árbol.

Cuadro A.1. Matriz de correlación* de las variables consideradas más importantes

VARIABLES**		2 ALTTO 1	3 ALTOCOM 1	4 DIAM 1	9 DIAMETRO BASAL	17 PESO 22	18 PESO 32
8.	RAJEJE 1	0,60	0,78	0,81			
9.	DIAMTOC 1	--	--	0,57			
10.	PESO 21	0,41	0,48	0,92	0,63		
11.	PESO 31	0,38	0,44	0,92	0,64		
12.	PESO 61	--	--	0,79	0,65		
13.	PEJE 2	0,46	0,50	0,62	--		
14.	PESORG 2	0,31	--	0,72	0,70		
15.	PESORP 2	--	--	0,43	--		
16.	RAJEJE 2	0,46	0,49	0,58	--		
17.	PESO 22	0,40	0,40	0,71	0,62		
18.	PESO 32	0,38	0,38	0,70	0,62	0,98	
19.	PESO 62	--	--	0,70	0,69	0,93	0,95
20.	NUMEEJE	--	--	0,70	--	0,77	0,78

* Todos los coeficientes de correlación son significativos al nivel de 1%.

** Veáse código de las variables en el apéndice A.

Cuadro A.2. Indices de coeficiente de determinación (R^2), coeficiente de variación (CV%) y desviación estándar (σ) para los 15 modelos probados.

VARIABLES Y MODELOS	INDICES R^2	CV%	σ
1. y = rajas/árbol Ln y = -7,206 + 1,351 Ln d + 1.070 Ln h	0,76	6,18	0,204
2. y = rajas/fuste Ln y = -13,705 + 2,043 Ln d + 1,973 Ln h	0,53	14,63	0,55
3. y = peso 22* (biomasa parcial por árbol): Ln y = -12,621 + 2,899 Ln d + 1,082 Ln h	0,64	10,92	0,50
4. y = peso 32* (biomasa total por árbol): Ln y = -11,945 + 2,927 Ln d + 0,935 Ln h	0,61	11,23	0,61
5. y = peso 21* (biomasa parcial por fuste): Ln y = -6,123 + 2,208 Ln d + 0,179 Ln h	0,82	5,15	0,21
6. y = peso 31* (biomasa total por fuste): Ln y = -5,447 + 2,235 Ln d + 0,032 Ln h	0,80	5,34	0,23
7. y = rajas/árbol Ln y = -3,881 + 1,677 Ln d	0,66	7,30	0,25
8. y = rajas/fuste: Ln y = -7,571 + 2,644 Ln d	0,44	15,89	0,60
9. y = Peso 22*: Ln y = -9,258 + 3,230 Ln d	0,61	11,24	0,51
10. y = Peso 32*: Ln y = -9,039 + 3,212 Ln d	0,59	11,43	0,54
11. y = Peso 21*: Ln y = -5,567 + 2,262 Ln d	0,82	5,15	0,21
12. y = Peso 31*: Ln y = -95,746 + 2,379 Ln d	0,84	20,09	16,05
13. y = rajas/fuste: Ln y = 3,111 + 1,416 Ln f	0,80	9,51	0,36
14. y = Peso 22*: Ln y = 3,959 + 1,352 Ln f	0,68	10,26	0,47
15. y = Peso 32*: Ln y = 4,087 + 1,389 Ln f	0,69	9,85	0,46

d = Diámetro a la altura del pecho, (mm); h = altura total, (m); Ln = logaritmo natural en base de e; f = número de fustes.

* Veáse apéndice A.

9. APENDICE B.

Cuadro B.1. Tabla de doble entrada, DAP y altura total para el número total de rajas por árbol*.

DAP (mm)	ALTURA (dcm) 40	50	60	70	80	90	100	110	120
50	4,78	7,43	10,65	14,43	18,78	23,70	29,17	35,21	41,80
60	6,94	10,78	15,45	20,95	27,26	34,39	42,34	51,10	60,67
70	9,51	14,78	21,17	28,70	37,35	47,12	58,01	70,02	83,13
80	12,50	19,41	27,82	37,70	49,07	61,90	76,21	91,98	109,20
90	15,90	24,69	35,38	47,96	62,42	78,75	96,94	116,10	138,91
100	19,72	30,62	43,88	59,48	77,41	97,66	120,22	145,10	172,27
110	23,96	37,21	53,31	72,27	94,05	118,65	146,07	176,29	209,31
120	28,62	44,45	63,69	86,33	112,35	141,74	174,49	210,59	250,03
130	33,70	52,34	75,00	101,66	132,30	166,92	205,48	247,10	294,45
140	39,21	60,90	87,26	118,28	153,93	194,20	239,07	288,54	342,58
150	45,14	70,12	100,47	136,18	177,23	223,60	275,23	332,21	394,43
160	51,51	79,10	114,63	155,38	202,21	255,11	314,06	379,03	450,02

Modelo 1. $\ln y = -7{,}206 + 1{,}351 \ln d + 1.070 \ln h$

*Incluye total de fustes por árbol.

Cuadro B.2. Tabla de doble entrada, DAP y altura total para el número de rajas por fuste individual.

DAP	ALTURA (dcm)								
cm	40	50	60	70	80	90	100	110	120
50	7,55	9,59	11,66	13,75	15,86	17,99	20,14	22,30	24,48
60	9,66	12,27	14,91	17,59	20,29	23,01	25,76	28,53	31,31
70	11,90	15,11	18,36	21,66	24,98	28,34	31,72	35,13	38,55
80	14,25	18,09	21,99	25,93	29,92	33,94	37,99	42,07	46,17
90	16,71	21,21	25,78	30,40	35,07	39,79	44,53	49,32	54,13
100	19,26	24,45	29,72	35,05	40,44	45,87	51,34	56,85	62,40
110	21,91	27,81	33,80	39,87	45,99	52,18	58,39	64,66	70,97
120	24,64	31,28	38,02	44,84	51,72	58,67	65,67	72,72	79,82
130	27,45	34,85	42,36	49,95	57,62	65,36	73,16	81,02	88,92
140	30,33	38,52	46,81	55,21	63,69	72,24	80,86	89,54	98,28
150	33,30	42,28	51,38	60,60	69,90	79,29	88,76	98,28	107,87
160	36,33	46,12	56,06	66,11	76,27	86,51	96,84	107,23	117,70

Modelo 2. $Ln\ y = -13,705 + 2,043\ Ln\ d + 1,973\ Ln\ h$

Cuadro B.3. Tabla de doble entrada, DAP y altura para la biomasa total (peso de fustes, ramas gruesas y delgadas) por árbol* en kg.

DAP	ALTURA (dcm)								
cm	40	50	60	70	80	90	100	110	120
50	8,71	10,71	12,72	14,69	16,65	18,58	20,51	22,42	24,32
60	14,85	18,29	21,69	25,05	28,38	31,69	34,97	38,23	41,47
70	23,31	28,72	34,06	39,34	44,57	49,76	54,91	60,02	65,11
80	34,46	42,45	50,34	58,15	65,88	73,55	81,16	88,73	96,25
90	48,64	59,93	71,07	82,08	93,00	103,83	114,58	125,25	135,87
100	66,21	81,58	96,74	111,74	126,59	141,33	155,96	170,50	184,95
110	87,52	107,82	127,86	147,69	167,33	186,81	206,15	225,36	244,46
120	112,90	139,10	164,95	190,53	215,86	240,99	265,94	290,73	315,37
130	142,71	175,82	208,50	240,83	272,85	304,62	336,15	367,48	398,63
140	177,28	218,41	259,01	299,16	338,95	378,41	417,58	456,50	495,19
150	216,96	267,29	316,97	366,11	414,79	463,09	511,03	558,66	606,01
160	262,07	322,86	382,87	442,23	501,04	559,37	617,28	674,82	732,01

Modelo 4= $\ln Y = -11,945 + 2,927 \ln d + 0,935 \ln h$

* Incluye total de fustes por árbol.

Cuadro B.4. Tabla de doble entrada, DAP y altura para la biomasa total por fuste individual en kg (incluye ramas gruesas y delgadas)

DAP cm	ALTURA (dcm) 40	50	60	70	80	90	100	110	120
50	13,79	13,89	13,97	14,03	14,10	14,15	14,20	14,24	14,28
60	20,72	20,87	20,10	21,10	21,19	21,27	21,34	21,41	21,47
70	29,25	29,46	29,63	29,78	29,91	30,02	30,12	30,21	30,30
80	39,42	39,70	39,94	40,13	40,31	40,46	40,59	40,72	40,83
90	51,29	51,66	51,96	52,22	52,44	52,64	52,82	52,98	53,13
100	64,91	65,38	65,76	66,09	66,37	66,62	66,84	67,05	67,24
110	80,32	80,90	81,37	81,78	82,13	82,44	82,71	82,97	83,20
120	97,57	98,27	98,84	99,33	99,76	100,13	100,47	100,78	101,06
130	116,68	117,52	118,20	118,79	119,30	119,75	120,15	120,52	120,86
140	137,70	138,69	139,50	140,18	140,79	141,32	141,80	142,23	142,63
150	160,66	161,81	162,76	163,56	164,26	164,88	165,44	165,94	166,41
160	185,59	186,92	188,01	188,94	189,75	190,46	191,11	191,69	192,23

Modelo 6. $\ln y = -5,447 + 2,235 \ln d + 0,32 \ln h$

Cuadro B.5. Tabla de una entrada (DAP) para el número de rajas por eje, rajas por árbol, peso parcial y peso total en kg por árbol y por fuste.

Modelos*	8	7	9	15	11	12
DAP (mm)	Rajas por fuste	Rajas por árbol	Peso parcial por árbol	Peso total por árbol	Peso parcial por fuste	Peso total por fuste
50	14,59	15,10	13,31	15,42	12,08	14,07
60	19,81	25,90	23,98	27,70	18,24	21,18
70	25,65	38,94	39,45	45,45	25,86	29,94
80	32,09	55,43	60,72	69,79	34,97	40,41
90	39,10	75,68	88,84	101,88	45,65	52,64
100	46,66	99,99	124,86	142,92	57,94	66,69
110	54,75	128,65	169,87	194,11	71,88	82,60
120	63,35	161,92	224,99	256,69	87,51	100,42
130	72,45	200,09	291,37	331,95	104,88	120,19
140	82,03	243,40	370,17	421,16	124,[illegible]	141,95
150	92,10	292,11	462,58	525,64	144,97	165,73
160	102,62	346,46	569,79	646,72	167,75	191,56

*Veáse Apendice A.2.

Peso parcial: Incluyendo peso de ramas gruesas y delgadas

Peso total: Incluye peso del fuste, ramas gruesas y delgadas