



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIDAD DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**Producción y calidad forrajera del ramón (*Brosimum
aliscastrum Swartz*) con dos sistemas de poda bajo
condiciones de riego**

T E S I S

QUE PRESENTA

ING. PECUARIO. PEDRO RAFAEL PRETEL OLITE

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DE RECURSOS NATURALES TROPICALES
Opción. AGROSILVICULTURA**

ASESORES:

DR. JUAN JOSÉ JIMÉNEZ OSORNIO
M. EN C. HIPÓLITO MENDOZA CASTILLO
DR. FRANCISCO BAUTISTA ZUÑIGA
M EN C. FRANCISCO JAVIER SOLORIO SÁNCHEZ

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO, 2000


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**MAESTRO EN CIENCIAS SOBRE EL MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES TROPICALES**

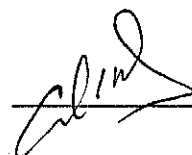
SÍNODO DEL EXAMEN DE TESIS DE GRADO

ALUMNO: PEDRO RAFAEL PRETEL OLITE.

DR. LUIS ORTEGA REYES
INIFAP. Mocochoá, Yuc.



DR. CARLOS SANDOVAL CASTRO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA DE LA U.A.D.Y.
MÉRIDA, YUCATÁN.



DR. LUIS RAMÍREZ Y AVILÉS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA DE LA U.A.D.Y.
MÉRIDA, YUCATÁN



Mérida Yucatán, a 28 de julio del 2000.

DECLARATORIA

El presente trabajo "Diagnóstico agronómico y análisis de la producción y calidad de la materia seca de una plantación de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) bajo condiciones de riego" no ha sido aceptado para el otorgamiento de grado alguno. Es el resultado de las investigaciones del autor excepto donde se indique lo contrario, dándose el reconocimiento a las fuentes de información consultadas. Así mismo, el autor autoriza a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, para que esta tesis se encuentre disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario, siempre y cuando se indique la fuente.

DEDICATORIA

A mi madre, por su constancia y dedicación en mi formación profesional.

A la memoria de mi padre, que siempre ha estado presente.

A la memoria de mi hermana Cary, por su fuerza de voluntad.

A mis hijas Yemma y Arletis, por comenzar a valorar las cosas.

A mi familia por su sentido de responsabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue realizado con una beca otorgada por el Gobierno de México a través de la Secretaría de Relaciones Exteriores.

Agradecemos también su valiosa colaboración

Al Departamento de Manejo y Conservación de Recursos Naturales Tropicales por el apoyo recibido durante la realización de este trabajo a través de los proyectos CONACYT clave 990605 titulado "Establecimiento, Desarrollo y Evaluación de Sistemas Agroforestales en el Municipio de Mérida, Yucatán y Biogeochemical determinants of land cover change and land use in Savanna-Cultivation-Grazing financiado por el Inter-American Institute for Global Change Research.

Al arquitecto David Magaña propietario del rancho Kampepen por permitirnos utilizar sus instalaciones. Gracias y éxitos en el desarrollo de su sistema agroforestal.

Al Dr Juan José Jiménez Osorno por su colaboración y ayuda permanente.

Al M en C Hipólito Mendoza Castillo y familia por toda la ayuda, amistad y atenciones brindadas durante la etapa experimental y en la confección del documento final. Gracias por su paciencia

Al M en C Javier Solorio Sánchez por la ayuda brindada en la elaboración del documento final.

Al Dr Francisco Bautista Zuñiga por sus oportunos señalamientos que permitieron la culminación en tiempo de esta investigación.

A la chiapaneca Elsy Angélica Cabrera Baz por brindarme el aliento y las fuerzas necesarias en las largas y trabajosas jornadas finales. Gracias chamaca por la presentación.

A mis compañeros de posgrado (Federico, Efraín, David, Carmen, Henry, Fito, Adriana, Edmundo, Chavier, Fernando, Rafa, Eusebio, Chelem, Octavio, Raul, Eleazar, Emma, Gaby, Agustín, Rutilio, Pepe, Laura, Luisa, Rafael, Charito y Celina) por brindarme su amistad.

Al Dr Carlos Sandoval por la ayuda prestada para realizar las pruebas de digestibilidad *in vitro*.

A los trabajadores de los corrales de nutrición animal José, Don Chucho, Pedrito, Raul, Gaspar, Eugenio, Wenses, Carlitos y Bartolo, comandados por Rafa por su ayuda valiosa ayuda durante la etapa experimental.

Al colectivo del laboratorio de nutrición animal Raul, Chary, Cinthya, Betty, Conchy y Juanito por su ayuda en el procesamiento de las muestras.

CONTENIDO

	Página
Lista de cuadros	i
Lista de figuras	iv
Resumen	v
Summary	vi
1. Introducción	1
1.1 Hipótesis	3
1.2 Objetivo general	3
1.2.1 Objetivo específico	3
2. Marco teórico	4
2.1 Los sistemas agroforestales	4
2.1.1 Clasificación de los sistemas agroforestales	4
2.1.2 Servicios que ofrecen los sistemas agroforestales	9
2.2 Alimentación animal en regiones con periodos secos prolongados	10
2.3 Importancia de los árboles en los sistemas ganaderos	11
2.3.1 Características del crecimiento de los árboles	11
2.3.2 Manejo de árboles y arbustos en la producción pecuaria	12
2.3.2.1 Altura de la planta al momento de la defoliación	13
2.3.2.2 Efecto del intervalo de corte sobre la producción de materia seca	14
2.3.2.3 Efecto del intervalo de corte sobre la biomasa	16
2.4 Características de la especie en estudio <i>B. alicastrum</i> (Swart)	20
2.4.1 Descripción botánica, distribución y ecología	20
2.4.2 Usos generales y rendimiento	23
2.4.3 Manejo del ramón para la producción de forraje	24
2.4.4 Consumo y valor nutritivo	26

2.5	Resultados en la producción animal	30
3.	Materiales y métodos	32
3.1	Localización y características generales de la zona de estudio	32
3.2	Características generales del sitio de estudio	33
3.2.1	Descripción histórica de la plantación	33
3.3	Manejo de la plantación y unidades experimentales	37
3.3.1	Diseño experimental y análisis estadístico	38
4.3.1	Resultados	42
4.1	Características de la biomasa acumulada en ramón de tres edades	42
4.2	Efecto de los sistemas de poda sobre la biomasa acumulada en ocho meses en ramón de diferentes edades	44
4.3	Tasa de recuperación de los árboles en la poda a ocho meses con respecto al corte inicial	48
5.	Discusión	49
5.1	Características del DAP y de la biomasa en ambas podas a tres edades	49
6.	Conclusiones	55
7.	Sugerencias	56
8.	Bibliografía	59
9.	Anexos	70

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.3.2.3.1 Frecuencia de corte y rendimiento de material comestible y tallos en varios árboles forrajeros	19
Cuadro 2.3.2.3.2 Rendimiento, número y longitud de los brotes y relación hoja: tallo de tres plantaciones diferentes de ramón sometidas a diferentes frecuencias de podas	20
Cuadro 2.4.4.1 Información reportada por diferentes autores sobre la composición química del ramón obtenida en laboratorios.	28
Cuadro 2.4.4.2 Contenido de PC, DIVMS y FDN de tres plantaciones diferentes de ramón sometidas a diferentes frecuencias de podas	29
Cuadro 3.2.2.1 Cantidad de agua aplicada por árbol semanalmente.	37
Cuadro 4.1.1 Características de la biomasa acumulada al corte inicial en ramón de tres edades	43
4.1.2 Composición química y DIVMS de las hojas, TC y BC del corte inicial en ramón de tres edades	44
Cuadro 4.2.1 Características de la biomasa en dos sistemas de poda a ocho meses del corte inicial.	46
Cuadro 4.2.2 Composición químicas y DIVMS de la biomasa de la poda a ocho meses del corte inicial en ramón de tres edades en dos sistemas de poda.	47
Cuadro 4.3.1 Tasa de recuperación (%) del ramón después del corte inicial en dos sistemas de poda en tres edades	48
Cuadro 8.1 Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el rendimiento de MS en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años	70

Cuadro 8.2	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el número de brotes en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años	70
Cuadro 8.3	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el diámetro de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años	71
Cuadro 8.4	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el largo de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años	71
Cuadro 8.5	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para la relación hoja: tallo en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años	72
Cuadro 8.6	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el rendimiento de MS en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años	72
Cuadro 8.7	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el número de brotes en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años	73
Cuadro 8.8	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el diámetro de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años	73
Cuadro 8.9	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el largo de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años	74
Cuadro 8.10	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para la relación hoja: tallo en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años	74
Cuadro 8.11	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el rendimiento de MS en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años	75

Cuadro 8.12	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el número de brotes en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años	75
Cuadro 8.13	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el diámetro de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años	76
Cuadro 8.14	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el largo de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años	76
Cuadro 8.15	Análisis de covarianza entre sistemas de poda para la relación hoja: tallo en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años	77

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.3.1.1 . Modelo típico del crecimiento de las plantas	12
Figura 3.2.1 Mapa de localización del rancho Kampepen	33
Figura 3.3.1 Ramón antes de la poda	39
Figura 3.3.2 Ramón después de la poda	39
Figura 7.1 Diagrama de los beneficios, restricciones y opciones de manejo en la explotación del ramón.	58

RESUMEN

Se evaluó la producción y calidad de la materia seca de *Brosimum alicastrum* a los 4.5, 6.5 y 8.5 años en poda parcial (con un remanente del 22% de la biomasa) y poda total (se cosecho toda la biomasa). El estudio se realizó en el rancho Kampepem localizado en San José Tzal, municipio de Mérida, Yucatán. Se realizaron dos podas, una de homogeneización en julio de 1999 y otra en marzo del 2000. La poda se realizó el mismo día en todos los árboles y los datos se registraron individualmente (biomasa total, número, largo y diámetro de los brotes). Se obtuvo una muestra de hojas, tallos comestibles y ramas por árbol que fueron analizadas en laboratorio, determinando PC, FDN, FDA y DIVMS. La producción de MS de los árboles de 4.5 (4.85 y 2.44 kg MS árbol⁻¹ para poda parcial y total, respectivamente) y 6.5 años (4.97 y 3.84 kg MS árbol⁻¹) es menor que en los de 8.5 años (37.93 y 25.45 kg MS árbol⁻¹), pero los de 4.5 (Δ 3.04% y ∇ 47.41%) y 6.5 años (∇ 15.61% y ∇ 18.12%) responden mejor a la poda acercándose más a la producción inicial que los de 8.5 años (∇ 49.80% y ∇ 61.16%). La producción de MS tuvo mejor respuesta cuando se dejó el 22% de la biomasa que cuando se podó totalmente. La calidad de la biomasa resultó igual para todas las edades y sistemas de poda.

Palabras claves. *B. alicastrum*, edad, podas, composición química.

S U M M A R Y

The effect of two harvesting regimes (total and partial harvesting) on dry matter production and quality was also assessed in established trees of 4.5, 6.5 and 8.5 years. This study was conducted at Kampepem ranch located in the community of San Jose Tzal municipality of Merida, Yucatan. Two harvests were carried out in July 1999 and March 2000. Total biomass yield, length and branch diameter were recorded. The CP, NDF, ADF and IVDMD were determined from representative sub-samples (leaves, edible stem and branches). Dry matter yield (4.85 and 2.44 kg DM tree⁻¹ for partial and total harvesting respectively) in 4.5 and 6.5 years-old trees (4.97 and 3.84 kg DM trees⁻¹) is lower than 8.5 years old trees (37.93 and 25.45 kg DM trees⁻¹). However the 4.5 and 6.5 years-old trees have better regrowth response after harvesting (Δ 3.04%, ∇ 47.41% and ∇ 15.61%, ∇ 18.12% for partial and total harvesting respectively) than the 8.5 years-old trees (∇ 49.80% and ∇ 61.16%). Dry matter yield was greater in partially harvested trees compared with totally harvested trees. Fodder quality was the same for all the trees regardless of age and harvesting regimes.

Key words: *Brosimum alicastrum*, age, harvesting, chemical composition

1. INTRODUCCION

La deforestación esta causando serios problemas de erosión, desertificación, salinización y pérdida de la biodiversidad. El proceso sostenido de desertificación alcanzó en 1996 pérdidas que fluctuaron entre 7.6 y 10 millones de hectáreas de selva, degradándose además unos 10 millones de hectáreas de suelo (Torral et al. 1999). Los sistemas ganaderos en los trópicos, han sido uno de los principales causantes del daño ecológico, convirtiendo los bosques en pasturas a una tasa de 17 Mha año⁻¹ (Cajas-Girón y Sinclair, 1999).

Los sistemas agroforestales pueden reducir el deterioro ambiental y convertirse en una opción sostenible para la agricultura. El éxito de su funcionamiento se condiciona al conocimiento que se logre de las interacciones entre sus componentes y entre estos y el medio ambiente, ya que permite la generación de estrategias de manejo acordes con la ecología del sistema y por lo tanto conduce a mejoras en una u más característica, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales (Mahecha et al. 1999).

Conocido es que el crecimiento de los árboles con cultivos y/o pastos incrementan las funciones del uso de la tierra y su productividad. Los beneficios para los productores incluyen los económicos provenientes de la producción de forraje, frutas, madera, leña, carnes y otros, así como la disminución del riesgos y el mantenimiento de la fertilidad y conservación del suelo (Cajas-Giron y Sinclair, 1999).

Aunado a lo anterior, los pastos tropicales son de baja calidad lo que resulta en índices productivos bajos. En los trópicos estacionales, se presenta el problema de la disponibilidad de forraje durante los seis u ocho meses que dura la sequía, afectando severamente el desarrollo de los animales y la economía de los productores.

La complementación de las dietas para animales en periodos de déficit alimentario es una práctica común entre los ganaderos, que recurren al uso de diferentes fuentes que por lo general solo permiten cubrir las necesidades de

mantenimiento de los animales. Los altos costos de los alimentos proteicos generalmente utilizados como complementos en las dietas (harina de carne, pescado y soya) y la competitividad de estas fuentes con la alimentación de monogástricos, conducen al productor a la búsqueda de opciones más apropiadas y económicas.

En este sentido los árboles forrajeros juegan un papel importante en las estrategias de producción pecuaria que se impulsan en las regiones tropicales, esto se debe, entre otras cosas, a persistencia y producción de biomasa durante la sequía, constituyen un elemento fundamental para mejorar la fertilidad del suelo, producen leña, madera, alimentos para los humanos, estabilizan los ecosistemas y ayudan a mantener un microambiente agradable (Hernández, 1996).

Su importancia es mucho más relevante en zonas con una marcada estación seca, donde el incremento de la producción animal se ve limitado por la baja producción de las gramíneas y la falta de tecnologías adecuadas en la conservación de alimentos para dicha etapa. Muchas plantas arbóreas han sido estudiadas por su valor nutritivo y su capacidad para producir en condiciones limitantes, por el papel benéfico que pueden jugar en los ecosistemas frágiles del trópico y en el caso de Mesoamérica, por estar más adecuadas a la vocación natural de la tierra.

En la península de Yucatán, una de las especies mas utilizadas por los campesinos para la alimentación animal es el ramón, (*Brosimum alicastrum* Swartz), debido a la calidad de su forraje y a su disponibilidad durante la sequía. Los productores por tradición toleran las plantas una vez que se presentan en el solar, pero en general no son sembradas ni cultivadas. Las razones de esta conducta no están muy claras, al parecer están dadas en la falta de conocimiento del manejo agronómico de dicha planta. Esto hace que el ramón comience a ser utilizado después de los diez años y que solo se le dé una poda parcial en el año.

El manejo de la poda del ramón y el momento adecuado para iniciarla, se plantean como las estrategias fundamentales para la producción de forraje. Por su valor nutritivo, capacidad para producir en diferentes técnicas de manejo y por su adaptabilidad a condiciones adversas puede convertirse en una de las opciones adecuadas para la producción en sistemas agrosilvopastoriles. Para ello, se hace

necesario realizar investigaciones en diversas condiciones de suelo, clima y con diferentes opciones de manejo agronómico.

El uso adecuado de la agroforestería, que para la mayor parte de los casos solo es compatible con una agricultura de bajos insumos, exige la implementación de nuevos modelos técnicos – productivos. Es necesario llevar estos modelos a la práctica para que el agricultor los conozca y sepa aplicarlos correctamente, pero para ello es necesario demostrarle que es efectivo lo que se plantea.

1.1 HIPÓTESIS.

1. Con la defoliación parcial se obtiene mayor producción (kg MS árbol^{-1}) y calidad del forraje de ramón que con la defoliación total, a 8 meses de la poda inicial.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar algunos indicadores agronómicos del forraje de ramón con riego, bajo dos sistemas de poda (parcial y total) y a diferentes edades de trasplantados (4.5, 6.5 y 8.5 años).

1.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Evaluar el efecto de los sistemas de poda parcial y total sobre la producción (kg MS árbol^{-1}), calidad y otros atributos agronómicos del forraje del ramón con riego a diferentes edades.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Los sistemas agroforestales

Los conflictos por el uso de la tierra para la agricultura, silvicultura y conservación en las regiones tropicales aun están latentes. Para superarlos es preciso que se logre una visión más exacta de las necesidades y costumbres de los agricultores (CATIE, 1990).

La introducción de los sistemas agroforestales permiten un mejor manejo de los recursos agrícolas y forestales, pero requieren de un gran número de factores para hacerse viables, entre los que podemos citar: prácticas tradicionales de uso de la tierra, políticas de gobierno y preferencias de los campesinos (Snook *et al.* 1999).

La agroforestería se define como una forma de cultivo múltiple que satisface tres condiciones básicas; 1) existen, al menos, dos especies de plantas que interactúan biológicamente, 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne y 3) al menos uno de los componentes es una planta herbácea manejada con fines agrícolas, incluyendo los pastos (Somarriba, 1998).

2.1.1 Clasificación de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son los mismos en cualquier parte que se les practique y los criterios que se siguen para su clasificación se basan en cuatro categorías. Sin embargo, las prácticas agroforestales dentro de cada sistema son específicas del lugar donde se realizan y están caracterizadas por las especies locales de plantas, su arreglo, manejo y funciones socioeconómicas (Ramachandran, 1993).

La clasificación de los sistemas agroforestales en función de las cuatro categorías y las prácticas agroforestales fundamentales que dentro de ellos se realizan se muestran a continuación (CATIE, 1990; Vandenbeldt, 1992; Ramachandran, 1993).

1. Basados en su estructura.

a) Basados en la naturaleza de los componentes

- Sistemas agrosilviculturales: Sistemas de producción agrícola en los que se combinan leñosas con cultivos.
 - Cercas vivas en áreas de cultivos.
 - Cortinas rompevientos en áreas de cultivos.
 - Árboles de valor comercial con cultivos
 - Árboles frutales o de sombra con cultivos.
 - Cultivos intercalados en plantaciones (caucho, palma, cocotero).
 - Huertos familiares
 - Silvicultura de manglares.
 - Taungya.
 - Barbechos mejorados.
 - Cultivo en callejones ("Alley Cropping").
 - Árboles en sistemas de cultivos para la conservación del suelo.
 - Árboles multiestratos en jardines.
- Sistemas silvopastorales: Sistemas de producción agrícola en los que se combinan leñosas y ganadería.
 - Cercas vivas en corte y acarreo.
 - Bancos de proteína y/o energía.
 - Leñosas perennes como barreras vivas en áreas de pendiente, como parte de un sistema de corte y acarreo para la complementación de ganado estabulado.
 - Sistemas de cultivo en callejones ("alley cropping") con leguminosas arbóreas o arbustivas intercaladas con forrajeras herbáceas.
 - Árboles maderables, frutales o de sombra dispersos en potreros
 - Plantaciones de árboles maderables o frutales con forrajeras herbáceas como cobertura.
 - Cortinas rompevientos en fincas ganaderas.

- Plantaciones de árboles forrajeros.
- Otros
- Sistemas agrosilvopastoriles: Sistemas de producción agrícola en los que se combinan leñosas con cultivos y ganadería.
 - Árboles de uso múltiple con cultivos y animales.
 - Cultivos y pastoreo en plantaciones forestales.
 - Sistemas nómadas y semi-nómadas.
 - Cría de cerdos y aves en huertos familiares.
 - Acuacultura con árboles
- b) Basado en el arreglo de los componentes
 - Sistemas agroforestales con arreglo espacial.
 - Sistemas agroforestales mixtos densos: Son utilizados tradicionalmente en zonas tropicales húmedas, pero puede extenderse a todos aquellos lugares donde se aplique riego. Se obtiene de los árboles el máximo rendimiento durante todo el año, aprovechando no sólo sus productos, sino usándolos también como sostén para las parras, setos vivos, etc.
 - Sistemas agroforestales mixtos esparcidos: Los árboles se encuentran esparcidos por toda el área.
 - ⇒ Árboles maderables y/o frutales en potreros.
 - Sistemas agroforestales dispersos. Se caracterizan por tener pocos árboles y estar muy dispersos.
 - Sistemas agroforestales en barreras: Árboles situados como barreras en los linderos de las parcelas que contribuirán no sólo a delimitarlas, sino también a proporcionar alimento para el ganado.
 - ⇒ Árboles en barreras debidamente espaciadas a lo largo de las curvas de igual nivel, para proteger los suelos muy expuestos a la erosión.

⇒ Como rompevientos de poca altura para contener la erosión eólica e incluso detener parte de las partículas arenosas que arrastra el aire.

- Sistemas agroforestales con arreglo en el tiempo.

- Sistemas agroforestales secuenciales: Existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos, es decir que los productos anuales y las plantaciones de árboles se suceden en el tiempo.

- ⇒ Diferentes formas de agricultura migratoria.

- ⇒ Manejo de barbechos.

- ⇒ Sistema Taungya.

- Sistemas agroforestales simultáneos: Consisten en la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes con árboles maderables, frutales o de uso múltiple y/o ganadería.

- ⇒ Asociaciones de árboles con cultivos anuales, perennes y/o anuales.

- ⇒ Huertos caseros mixtos.

- Sistemas agroforestales coincidentes: Cultivo del café bajo sombra de árboles

- Sistemas agroforestales interpolados.

2. Basados en las funciones de los componentes.

a) Sistemas agroforestales con función productiva.

- Alimentos para los hombres y animales.
- Forraje para los animales.
- Leña combustible.
- Otras maderas.
- Otros productos.

b) Sistemas agroforestales con función de protección.

- Cortinas rompevientos.

- Corredores biológicos.
 - Conservación de suelos.
 - Conservación de abonos.
 - Mejoradores de suelo
 - Sombra (cultivos, animal, hombre).
3. Basada en las zonas agroecológicas donde se les practica.
- a) Sistemas agroforestales para tierras bajas en los trópicos húmedos.
 - b) Sistemas agroforestales para tierras altas en los trópicos húmedos (Malasia).
 - c) Sistemas agroforestales para tierras bajas en los trópicos sub-húmedos (zonas de sabanas de África y América del sur).
 - d) Sistemas agroforestales para tierras altas en los trópicos sub-húmedos (Kenya, Etiopía).
4. Basada en los aspectos socioeconómicos y nivel de manejo.
- a) Sistemas agroforestales con nivel de tecnología
 - Bajos insumos.
 - Medios insumos.
 - Altos insumos.
 - b) Sistemas agroforestales de costo/beneficio.
 - Comercial.
 - Intermedio.
 - Subsistencia

Esta clasificación no es universalmente utilizada por la complejidad de las situaciones que se presentan. El análisis de los sistemas se reduce sólo a la parte estructural y funcional, si se tiene en cuenta el manejo de la tierra en todo sistema agroforestal (árboles perennes, plantas herbáceas y animales), es lógico que la clasificación más utilizada sea la basada en la naturaleza de los componentes (Ramachandran, 1993).

2.1.2 Servicios que ofrecen los sistemas agroforestales

La agroforestería bien practicada ofrece amplios servicios que permiten conservar el entorno y lograr adecuados niveles productivos. Entre estos servicios podemos enunciar (Costanza et al. 1997; Muñoz, 1995; Dixon, 1995; Russo, 1994; Ramachandran, 1993):

1. Diversificación de las actividades productivas de la finca.
2. Se reduce el riesgo de catástrofes económicas, elemento esencial de los sistemas del pequeño productor.
3. Se obtiene en los bosques alimentos de origen animal sin sacrificar el área dedicada a cultivos.
4. Beneficios económicos resultantes de los productos obtenidos (leña, postes, madera, forraje, frutos, productos animales, etc.).
5. La ganadería permite la utilización y control de pastos y malezas que compiten con el desarrollo de los árboles. La labor de limpieza que hace el ganado sobre el pastizal facilita la cosecha de los frutos.
6. El pastoreo en la vegetación de cobertura reduce el riesgo de incendios.
7. Las asociaciones de ganadería con cultivos permite que entre el 60% y el 70% de la biomasa vegetal pueda utilizarse en la alimentación del ganado sin causar competencia con la alimentación humana.
8. La utilización de árboles fijadores de nitrógeno contribuyen con la fertilidad del suelo, además de ser un suplemento proteico cuando sus hojas y ramas comestibles son utilizadas como forraje.
9. Reduce la incidencia de insectos dañinos al evitar los monocultivos.
10. Se mejora la escorrentía y la filtración del agua por efecto de las raíces de los árboles.
11. Regulación de los flujos hidrológicos
12. Se reduce la erosión de los suelos contribuyendo al incremento de sedimentos.
13. Formación de suelos.
14. Tratamiento de los desechos, control de la contaminación y desintoxicación.

15. Mejoras en el ambiente y el clima.
16. Regulación de los gases (balance del CO_2 - O_2 y niveles de SO_x).
17. Ayuda en la fijación de dióxido de carbono y en consecuencia a la mitigación del efecto invernadero.
18. Refugio para especies migratorias y locales.
19. Sirve para corredores biológicos entre áreas protegidas.
20. Recursos genéticos: Medicinas, materiales para la ciencia, genes de plantas resistentes a plagas de cultivos.
21. Recreación (ecoturismo, pesca deportiva, etc).
22. Cultural (estético, artístico, educacional, espiritual, etc).

2.2 Alimentación animal en regiones con periodos secos prolongados

En el estado de Yucatán, México y en países como Cuba y otras islas del Caribe, se produce una afectación directa a la calidad nutritiva del pasto por la existencia de dos periodos con diferentes niveles de precipitación: uno lluvioso y otro seco (Pérez-Infante, 1986). Esta situación provoca que en el periodo de seca el crecimiento de los pastos sea lento o nulo, afectando las partes aéreas y convirtiéndose en poco palatables (García-Trujillo, 1977).

En respuesta a esta situación es necesario buscar opciones para alimentar a los animales en el periodo seco. Preston y Leng (1990) recomiendan que cuando las sequías son estacionales u ocurren cada dos años, se debe mantener un área de pasto excluida del sistema de pastoreo durante las lluvias, así como el almacenamiento de residuos de cosecha y subproductos agrícolas e industriales tales como: bagazo, cogollo, melazas, residuos fibrosos de campos, henos, ensilajes y otras, que serán utilizados posteriormente en la alimentación de los animales durante el periodo seco.

Estos mismos autores reconocen que la naturaleza física y química de estos alimentos no permiten una fermentación adecuada y por lo tanto no aportan los nutrimentos necesarios para lograr altos niveles de productividad, siendo la proteína

uno de los elementos más deficientes, de aquí la importancia de producir suplementos proteicos en las fincas.

Los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje rico en nutrimentos esenciales (celulosa/hemicelulosa, micronutrimentos y nitrógeno fácilmente fermentable entre otros). Su selección debe realizarse en términos de su capacidad para proveerlos (Preston y Leng, 1990)

2.3 Importancia de los árboles en los sistemas ganaderos

2.3.1 Características del crecimiento de los árboles

El término crecimiento es utilizado para designar el incremento natural en tamaño de los seres orgánicos. Puede medirse como longitud, grosor o área, pero también en volumen, masa o peso. Cada uno de estos parámetros describe algo diferente y es raro observar en organismos en crecimiento una relación simple entre ellos, pues el crecimiento ocurre en direcciones diferentes a distintas tasas (Bidwell, 1990).

En varias ocasiones se ha intentado describir el crecimiento en términos matemáticos. Muchos no han tenido éxito en varios aspectos, pues han descrito el crecimiento con precisión sólo por un corto tiempo, generalmente cuando no está ocurriendo un cambio importante (Lira, 1994).

No obstante, el análisis matemático de los aspectos simples del crecimiento revelan la naturaleza de algunos de los factores que lo gobiernan. El modelo típico del crecimiento de una planta se representa en su curva de crecimiento (Figura 2.3.1.1), dividiéndose en tres fases (Voisin, 1962; Bidwell, 1990; Lira, 1994).

- a) Fase logarítmica o exponencial: Caracterizada por un incremento continuo de la tasa de crecimiento pues cada célula se divide en dos a intervalos regulares.
- b) Fase lineal: Caracterizada por una tasa de crecimiento constante, pues el crecimiento tiene lugar solamente en sitios discretos y es esencialmente

unidimensional, ocurriendo en uno o más meristemos de tamaño constante. Es decir la tasa de crecimiento es constante y no está en relación con el tamaño del organismo.

- c) Fase de declinación de la tasa de crecimiento: Caracterizada por una declinación de la tasa de crecimiento hasta llegar a cero durante la senilidad.

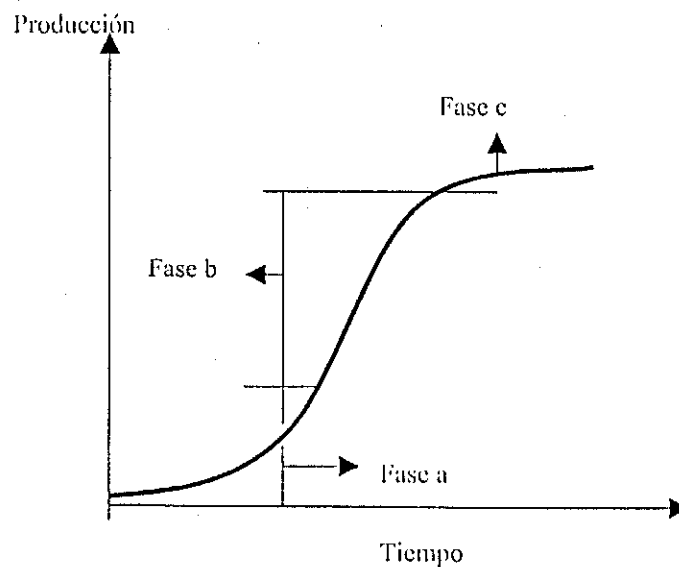


Figura 2.3.1.1- Modelo típico del crecimiento de las plantas

Muchas plantas presentan una curva de crecimiento bastante diferente, una fase u otra puede intensificarse o suprimirse fluctuando la tasa de crecimiento notablemente con el tiempo, presentando mesetas, inflexiones y agudas pendientes. Estas variaciones se deben generalmente a los eventos del desarrollo y resultan difíciles de tratar en términos matemáticos simples (Lira, 1994).

2.3.2 Manejo de árboles y arbustos en la producción pecuaria

Hasta hace muy poco tiempo los árboles fueron subvalorados y su utilización y manejo estaba limitada a las disciplinas forestales y de agronomía de pasturas.

Actualmente, se ha incrementado el interés de los investigadores por los múltiples usos que los distinguen (Gutteridge y Shelton, 1994).

Las especies arbóreas pueden integrarse ventajosamente en los sistemas de producción animal por su follaje y características nutritivas. Estas especies pueden contribuir a satisfacer la demanda de alimento de alta calidad en los periodos secos. Al mismo tiempo, gracias a un sistema radical muy desarrollado, estas plantas pueden constituir un medio para promover el movimiento de nutrimentos desde las capas inferiores del suelo a las capas superiores y a disminuir la pérdida de suelo por erosión (Araya et al. 1994).

Brewbaker (1986) reporta más de 200 especies usadas como forrajeras, cuyo origen puede estar en las regiones tropicales o subtropicales. Las hojas, tallos tiernos y legumbres han formado parte de la dieta de muchas especies de rumiantes y han sido usadas tradicionalmente en Asia, África y el Pacífico (Skerman, 1977).

2.3.2.1 Altura de la planta al momento de la defoliación

La determinación del momento de la defoliación con base a la altura de la planta no está totalmente definida. Sin embargo, Kinch y Ripperton (1952), mencionan que es conveniente cosechar en *Leucaena leucocephala* cuando la planta alcance de 1 a 1.2 metros, para así obtener una mejor calidad del forraje y eficiencia en el manejo de la cosecha. Oakes y Skov, citados por Becerra (1984), sugieren cortar cuando se tenga entre 1 y 1.5 metros de altura.

Según Stür et al. (1994) los árboles pueden podarse en la práctica cuando alcanzan entre 1 y 1.5 metros de altura, periodo que generalmente se logra después del primer año de vida. Un largo periodo de establecimiento puede aportar beneficios al árbol. Los trabajos realizados por Ella et al. citados por Stür et al. (1994), demostraron que la edad de los árboles al primer corte está relacionada positivamente con el rendimiento en siguientes cosechas. Se determinó también que existen variaciones relacionadas con la especie, de modo que el efecto positivo de un periodo largo de establecimiento fue más pronunciado en *L. leucocephala* y

Gliricidia sepium con respecto a *Calliandra calothyrsus*. De esto concluyeron que los árboles viejos manifiestan mayor respuesta a la poda debido a una posible mayor acumulación de reservas en el tallo y sistema radical.

Becerra (1984), al realizar experimentos con *L. leucocephala*, sostiene que los mayores intervalos de defoliación permiten a la planta incrementar la superficie foliar y con ello su capacidad fotosintética para así dar una mayor producción de biomasa. En los resultados que obtuvo se observa una tendencia a incrementar la producción con mayores intervalos de corte. La digestibilidad y el contenido de proteínas del forraje se reducen con la edad del mismo, debido a una mayor concentración de fibra y lignina de las paredes de las células, resultados similares son reportados por Falver (1977) y Pérez (1979) al encontrar mayor contenido de proteína y mejor calidad en el forraje con menor edad.

La altura de la planta previo al primer corte es un indicador importante para determinar el momento de la defoliación, pero la producción y el grado de recuperación que se puede obtener está determinado por otro factor que es la altura de corte, el cual no está claramente definido para las especies leñosas. Es de vital importancia encaminar estudios que permitan, a corto plazo, conocer las alturas óptimas para las podas, ya que estas posibilitan un ahorro económico por contratación de mano de obra en prácticas con leñosas de corte y acarreo, mientras que en leñosas forrajeras son necesarias para que los animales puedan hacer un ramoneo adecuado.

2.3.2.2 Efecto de la intensidad de la defoliación sobre la biomasa

Los árboles forrajeros comúnmente son defoliados a una altura fija, provocando en ocasiones defoliaciones severas. Esto causa retraso en la fase de producción máxima, obligando a las plantas a utilizar los carbohidratos de reservas para emitir nuevas hojas y así formar un área foliar capaz de alcanzar esta fase (Stür et al. 1994).

Pocos estudios se han realizado sobre el manejo de corte de árboles forrajeros; la planta más estudiada es *L. leucocephala*. Takahashi y Ripperton (1949), al estudiar tres alturas de corte (5, 38 y 76 cm), encontraron los mayores rendimientos con la altura más baja. Ferraris (1979) no encontró diferencias entre cortar a 10 o 30 cm. Mientras que Pathak et al. (1980) encontraron pequeñas diferencias al utilizar alturas de 10, 20 y 30 cm.

Contrario a estos resultados, muchos investigadores han reportado que a mayores alturas de corte en *L. leucocephala* se obtienen mayores rendimientos. Herrera (1967), Pathak et al. (1980), Pérez y Meléndez (1980) encontraron los mejores resultados con cortes a los 75 cm. Krishnamurthy y Munegowda (1982 a y b) obtuvieron los mayores resultados a 150 cm, mientras Isarasanee et al. (1985) informaron que los mejores resultados se alcanzaron con cortes a 120 cm y sugirieron que los rebrotes primarios de hojas utilizaban los carbohidratos de reserva del tallo remanente y no los provenientes de la fotosíntesis. Sin embargo, Jama y Nair (1989) no hallaron diferencias al estudiar alturas de 30, 60 y 90 cm.

Los estudios sobre intensidad de defoliación muestran resultados contradictorios y la información detallada es poca, por lo que sólo pueden realizarse comentarios especulativos. Es muy probable que sistemas de defoliación menos severos, en el que se deje parte del área foliar, disminuyan la fase de recuperación de la planta ya que el crecimiento puede ser apoyado por la fotosíntesis producida en el área foliar remanente (Mochiutti, 1995). Por otra parte, no hay estudios publicados que comparen la importancia relativa de las yemas del meristemo, los carbohidratos y otras reservas de la planta con el área foliar residual después de la defoliación de árboles forrajeros (Stür et al. 1994).

Existen diferencias en la resistencia a la defoliación entre las distintas especies. *Sesbania grandiflora* no tolera cortes repetidos en el tallo principal (Horne et al. 1986). En otros árboles como *Parseranthes falcata* y *Acacia cunninghamii*, sucede lo mismo (Gutteridge, 1990). Según observaciones de Stür et al. (1994), *S. grandiflora* no presenta tallos cercanos al suelo y cuando se corta no rebrota profusamente, lo que indica pérdidas de yemas en el tallo principal.

Hernández et al. (1987) plantea que, la capacidad de la *L. leucocephala* para rebrotar con vigor después de la poda en época de sequía es un reflejo de un profundo sistema radical y de una gran cantidad de reservas en la planta.

2.3.2.3 Efecto del intervalo de corte sobre la biomasa

En *L. leucocephala* se ha estudiado la influencia de la frecuencia entre cortes sobre la producción de biomasa total. Hay coincidencia en que el aumento del intervalo entre cortes produce un incremento del rendimiento de biomasa total, atribuido a una mayor cantidad de tallos leñosos (Horne et al. 1986). Osman (1981) comparó intervalos de 30, 60, 90 y 120 días y concluyó que a los 90 días se alcanzaban los rendimientos óptimos. Guevara et al. (1978) obtuvieron que la fracción comestible de *L. leucocephala* varía desde 60% a los 110 días hasta 81% a los 70 días. Otros ejemplos de la proporción de hojas a diferentes intervalos de corte son: Ferraris (1979), 31% a los 120 días y 54 % a los 60 días; Topark-Ngarm (1983), 60% a los 60 días y 69 % a los 40 días.

Sin embargo, los resultados obtenidos al estudiar la influencia de la frecuencia de corte en la producción de hojas o forrajes comestibles de *L. leucocephala* son poco consistentes. Pathak et al. (1980) encontraron los mejores rendimientos con intervalos de corte de 40 días, mientras que Das y Dalvis (1981) reportan los 60 días como el mejor intervalo. Por el contrario, Semali et al. (1983) obtuvieron los mejores resultados con frecuencias de 110 días y Topar-Ngarm (1983) encontró rendimientos de hojas mayores con frecuencias de 60 días que con 40 días.

Observaciones hechas en *L. leucocephala* por Ferraris y Brewbaker et al. citados por Becerra (1984), señalan que con frecuencias de corte muy largas (mayores de 120 días) las ramas inferiores comienzan a tirar sus hojas, ocasionando un incremento en el porcentaje de tallos y con esto una menor calidad de la cosecha. Por otro lado, Falver (1977), menciona que los intervalos largos de corte tienden a incrementar la producción de forraje, pero reducen el contenido de proteína y la calidad de la cosecha.

Por su parte, Keens-Dumas (1983) y Hernández (1996) informan que la productividad del forraje de *L. leucocephala* se incrementa al efectuar las podas al final de la temporada de lluvias, lo que permite retener las hojas a lo largo de la estación seca. Resultados similares han sido obtenidos en otras especies de árboles leguminosos. Sumberg (1985) reportó que en tierras bajas de Costa Rica los árboles podados en agosto y octubre lograron reponer el 75% de sus hojas en el período de sequía, mientras que Hernández y Benavides (1994) encontraron que las podas al final de la época lluviosa impiden la floración de los árboles de *G. sepium* y permiten disponer de forraje en los meses de penuria nutricional.

Guevara et al. (1978) observaron en *L. leucocephala* que al cambiar los periodos de corte de 60 a 120 días la producción de forraje se incrementó de 9.4 a 12 t MS ha⁻¹, pero la fracción del tallo aumentó de 2.6 a 8.8 t ha⁻¹; asimismo Takahashi y Ripperton (1949) encontraron incrementos del 40% en la producción de hojas cuando cambiaron la frecuencia de corte de 120 a 60 días. Por su parte Osman (1981), encontró variaciones de 1.81 y 1.39 en la relación hoja tallo cuando efectuó cortes a 30 y 50 días, respectivamente.

Mas recientemente, Barnes (1995) encontró que la producción de follaje de *L. leucocephala*, *G. sepium*, *Flemingia macrophylla* y *Cajanus cajan* se incrementó marcadamente cuando la frecuencia de corte aumentó de seis a doce semanas, pero el incremento no fue tan marcado cuando la frecuencia de corte se elevó a 18 semanas y en el caso de *C. cajan* disminuyó. Resultados similares fueron obtenidos por Karim et al. (1991) al estudiar *L. leucocephala* con dos frecuencias de corte (uno y tres meses), los rendimientos de materia seca fueron significativamente mayores con la frecuencia de un mes que en la de tres meses.

Estos criterios no están totalmente definidos. Blair et al. (1990) consideran que en las especies arbóreas el estadio ideal para cosechar el follaje es después que la planta ha alcanzado el índice de área foliar máximo, pero antes de empezar la pérdida de las hojas sombreadas. Por su parte, Stür et al. (1994) informan que el intervalo de defoliación para obtener una máxima producción de forraje con *L. leucocephala* y *Calliandra calothyrsus*, en el trópico húmedo, aparentemente, esta

entre los 2 – 4 meses, pero este período puede ser mayor en las regiones con periodos secos prolongados (Gutteridge y MacArthur, 1988).

Algunos estudios (Guevara et al. 1978; Ella et al. 1989; Barnes, 1995), plantean que mientras el rendimiento de biomasa total continua incrementándose con intervalos largos de corte, el rendimiento adicional a partir de cierto intervalo consiste fundamentalmente en tallos.

Comparando los cambios en los rangos de crecimiento semanal de la biomasa con el intervalo de crecimiento semanal del material comestible es posible determinar el mejor intervalo de corte (Stür et al. 1994). Este autor reportó que para *C. calothyrsus* el mejor intervalo de corte está entre 8.5 y 11.5 semanas con una producción de material comestible entre el 50 y 60 % de la biomasa total.

En trabajos conducidos por Stür et al. (1994) se determinó el efecto de la defoliación en tres etapas diferentes sobre *C. calothyrsus*. La primera etapa observada de 0 – 4 semanas tiene un rebrote lento y existe poca área foliar, luego se aprecia un período de máxima productividad (segunda etapa 4 – 10 semanas) cuando la producción de hojas incrementa marcadamente, aquí se produce un alto aprovechamiento de la intersección de la luz y los árboles comienzan una etapa senil (tercera etapa 10 – 24 semanas) donde se incrementa el volumen de los tallos y la madera mientras que las hojas se mantienen constante. Este período puede ser más corto en plantaciones bien establecidas o de alta densidad, el crecimiento de la madera es lento inicialmente, pero la acumulación continua por un período mucho más largo que el de las hojas. Resultados similares han sido apreciados por el propio autor en otros árboles forrajeros como *Leucaena spp.* y *G. sepium*.

Algunos resultados experimentales en el efecto del intervalo de corte reportados en la literatura son resumidos por Stür et al. (1994) (Cuadro 2.3.2.3.1). *G. sepium* tuvo una menor proporción de leña que *L. leucocephala* y *C. calothyrsus*, mientras que el máximo rendimiento comestible del arbusto *Codariocalyx giroides* ocurrió en un intervalo corto de tiempo.

Cuadro 2.3.2.3.1 - Frecuencia de corte y rendimiento de material comestible y tallos en varios árboles forrajeros (Stür et al. 1994).

Especies	Intervalo de cortes (semanas)	Comestible (t MS ha ⁻¹)	No comestible (t MS ha ⁻¹)	Comestible (%)
<i>Leucaena leucocephala</i>	6	8.6	2.0	81
	8	9.2	7.8	54
	11	9.4	2.6	78
	12	10.5	9.2	53
	16	10.3	18.6	36
	18	12.0	8.8	58
	41	11.5	5.4	68
<i>Calliandra calothyrsus</i>	6	7.2	1.6	82
	12	10.3	5.1	67
<i>Gliricidia sepium</i>	6	7.7	1.0	89
	12	8.2	1.7	83
<i>Cadariocalyx gyroides</i>	2	1.6	0.4	80
	6	2.1	1.1	66
	8	1.9	1.2	61
<i>Sesbania sesban</i>	4	2.7	0.3	90
	6	2.8	1.1	72
	8	2.7	1.8	60

El efecto de la frecuencia de corte en *B. alicastrum* no está bien definido, debido a la falta de investigación general sobre este árbol y a la carencia de información sobre la influencia de varios factores como el suelo, clima y manejo que determinan el tiempo de recuperación después de la cosecha.

Tzec (1999), al estudiar la frecuencia de poda en tres plantaciones de ramón con diferentes densidades y edades (2 años y 5 556 árboles ha⁻¹, 4 años y 625 árboles ha⁻¹, y más de 50 años y 278 árboles ha⁻¹), reportó que en la medida que se

incrementó la frecuencia de corte (4, 8, 12 y 16 meses) aumentó la producción de MS, así como la cantidad y el largo de los brotes, pero la relación hoja tallo disminuyó (Cuadro 2.3.2.3.2).

Cuadro 2.3.2.3.2 – Rendimiento, número y longitud de los brotes y relación hoja: tallo de tres plantaciones diferentes de ramón sometidas a diferentes frecuencias de podas (Tzec, 1999).

Edad (años)	Frecuencia (semanas)	Rendimiento g MS árbol ⁻¹	Número de brotes	Largo de los brote (cm)	Relación hoja: tallo
2	4	177.5	25.8	30.0	2.3
	8	593.6	23.2	64.2	1.7
	12	2 125.6	26.0	77.1	1.1
	16	1 599.8	28.8	91.8	0.9
4	4	307.8	99.8	59.3	5.4
	8	890.0	44.0	54.3	No evaluó
	12	2 554.9	34.5	124.9	1.3
	16	3 397.5	31.8	118.3	1.2
> 50	4	1 005.6	No evaluó	36.3	1.1
	8	2 148.3	656.3	43.1	1.1
	12	11 849.5	1 383.5	45.7	1.0
	16	36 118.8	1 402.8	76.0	0.9

2.4 Características de la especie en estudio *B. alicastrum* (Swart)

2.4.1 Descripción botánica, distribución y ecología

Botánicamente el *B. alicastrum* pertenece a la familia Moracea.

Nombres comunes: En la república mexicana se le conoce por varios nombres, los más comunes son: ramón, capomo, ojite y mojo. En Cuba se le llama guaimaro.

Nativo del sureste de México y gran parte de América Central, aunque es originario de bosques húmedos, es extremadamente tolerante a la sequía (Ayala y Sandoval, 1995).

El ramón se puede encontrar en masas puras en todas las selvas tropicales. Habita en altitudes que varían desde menos de 50 hasta 800 msnm, forma parte de la selva alta perennifolia, subperennifolia y subcaducifolia, en ocasiones se puede encontrar en cañadas húmedas de las zonas semiáridas (Niembro, 1986; Duch, 1994).

El ramón es de amplia distribución en México, se encuentra en la vertiente del golfo, desde el sur de Tamaulipas hasta la península de Yucatán, en la vertiente del pacífico, desde el sur de Sinaloa hasta Chiapas, además de algunas localidades de la cuenca del Balsas en Michoacán y Morelos (Pennington y Sarukhan, 1968; López, 1993).

López (1993), menciona que el ramón puede ser o es un componente florístico de zonas con selvas altas o medianas y de perennifolias a decíduas, este tipo de vegetación ocupa una superficie estimada de 12 millones de has, o sea de 6-7 % de la superficie del territorio nacional.

Se adapta a suelos muy arcillosos, profundos e inundables, durante la época de lluvias, así como a suelos someros y altamente pedregosos (Rico-Gray et al. 1985), con un pH de 6.8 hasta más de 8.2 y en regiones con 600 a 4000 mm de precipitación anual (Pérez y Sarukhan, 1970; Martínez y González, 1977). Puede crecer y regenerarse en condiciones de bosque cerrado, presentando una fuerte tolerancia al sombreado (Peters, 1983; Overgaard, 1992).

Puede crecer hasta una altura de 40 metros con un diámetro de hasta 150 cm a la altura del pecho y con un solo tallo recto, con contrafuertes estrechos con ramas ascendentes, de copa piramidal y densa. La corteza es delgada y clara cuando joven y gris leñosa cuando adulto, contiene un látex de color blanco y pegajoso (López, 1993).

Las hojas son abundantes, de color verde oscuro, glabras, simples y alternas, lanceoladas o elípticas, con los apéndices acuminado, haz brillante y envés

blanquecino, con presencia de agallas en el haz. Cada hoja mide de 4 a 15 cm de largo y de 2 a 8 cm de ancho. Las yemas miden hasta un cm, son agudas de color verde, glabras. Tienen una estípula caediza para cada hoja, de hasta un cm de largo (Mendoza, 1996).

Esta especie es monoica y florece en cabezuelas verdosas (que se encuentran en posición axilar entre rama y hoja) con una flor femenina y numerosas flores masculinas, la cabezuela es de un cm de diámetro sobre un pedículo de 0.1 a 0.5 cm de largo, las flores masculinas tienen un perianto rudimentario y un solo estambre. La flor femenina está cercada por flores masculinas, el ovario es inferior y unilocular (López, 1993).

Sarukhan y Pennington (1986) sostienen que debido a su amplia extensión geográfica, la época de floración y fructificación es amplia, pero en forma general se presentan de enero a junio y de abril a septiembre, respectivamente. La maduración del fruto en Veracruz y norte de Oaxaca ocurre de marzo a mayo, mientras que en la Península de Yucatán de agosto a septiembre.

Los frutos son bayas de olor y sabor dulce, constan de pericarpio y mesocarpio poco carnosos, por lo que apenas el fruto cae al suelo se pudre y desaparece, quedando una semilla de 1.2 cm de diámetro, con los cotiledones de color verde montados unos sobre otros fácilmente separable. Los frutos se originan en las axilas de las hojas, son de color amarillo moreno, aunque pueden presentarse rojizos, su diámetro puede variar desde 1.5 a 2.5 cm. Un kilogramo contiene de 300 a 350 semillas, un árbol puede producir 29 kg de semillas secas (Pardo y Sánchez, 1980).

Los mecanismos de polinización se desconocen. Ramos-Zamora (1977) al estudiar el polen de 33 especies de Moráceas sugirió que las especies que producen el polen abundantemente, se polinizan por medio del viento, a excepción del *Ficus*, encontrándose el ramón en posición intermedia entre las especies mexicanas investigadas desde el punto de vista de su evolución.

Peters (1991), trabajando con ramón en vegetación natural en la selva de Papantla, estado de Veracruz, México comprobó que este produce flores femeninas

en sus primeros estadios de vida (diámetros entre 10-15 cm), pero en la medida que se incrementa el diámetro del tallo funciona como hermafrodita produciendo flores masculinas y femeninas. Si su tallo incrementa en diámetro por encima de 70 cm entonces solo produce flores masculinas.

En este estudio Peters (1991) encontró altas producciones de semilla de ramón cuantificadas en $6 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ con densidad de $51 \text{ adultos ha}^{-1}$. Partiendo de la producción de semilla y la sobrevivencia de los árboles jóvenes, desarrolló una matriz que permite determinar el crecimiento de la población y aplicar las condiciones de manejo necesarias.

Los árboles de ramón son generalmente perennifolios pero caducifolios en las partes más secas de su distribución (Sarukhan y Pennington, 1986).

2.4.2 Usos generales y rendimiento

El ramón es uno de los pocos árboles tropicales del que se aprovechan todas sus partes, ya sea como alimento, medicina, madera y forraje (Pardo *et al.* 1976).

Según comentan Pardo y Tejeda, citados por Tzec (1999), se aprovecha el follaje y la semilla para alimentar conejos, ganado porcino, caprino, ovino, bovino y equino. Cuando se encuentra en forma natural en las selvas, lo aprovechan especies silvestres como los puercos salvajes, venados, tepezcuintles, monos y otros. Durante la estación de sequía en algunas regiones de México es casi la única pastura fresca que se puede conseguir.

El látex se ha empleado como sustituto de la leche cuyo gusto y apariencia es muy semejante a esta y es soluble en agua. El follaje, el látex y la semilla fresca han sido considerados como muy buenos galactógenos, recomendándose incluso para humanos. Con la pulpa del fruto se puede hacer mermelada, las semillas asadas se comen a manera de castañas y si están hervidas se consumen como sustituto de papa. Tostadas y molidas sustituyen al café. Es ingrediente de otros platillos y bebidas tanto dulces como salados que constituyen sabrosos manjares (Pardo y Tejeda, citados por Tzec, 1999).

Se le han dado también usos farmacéuticos: En Yucatán se ha vendido un extracto del fruto y en Jalisco una preparación llamada "capomolina", ambos recomendados como galactógenos, el látex se ha utilizado como calmante del asma y para curar enfermedades infecciosas del ojo (Pardo y Tejeda, citados por Tzec 1999).

Las semillas de ramón han sido también usadas en la alimentación de cerdos y aves, para esto puede utilizarse en forma de harina para hacer alimentos balanceados (Lozano, 1979; Monsreal, 1986).

En cuanto a la producción de madera, se ha encontrado que en el bosque de Chiquibul, Belice, el ramón puede producir de 1.19 a 1.73 m³ ha⁻¹ con una densidad de 7.4 árboles ha⁻¹ (Johnson y Chaffey, citados por Chavelas y Devall (1988). En la parte central de Quintana Roo, se hallaron áreas de 90 árboles ha⁻¹ conteniendo 90 m³ de madera en troncos.

La madera se puede utilizar como combustible, en la fabricación de panales, mangos de herramienta, cajas de empaque y muebles baratos en sustitución de la madera "primavera", es sustituto también de la madera del maple que se importa de Estados Unidos y Canadá. En Yucatán en particular los tallos que no son consumidos por los animales se usan como combustible (Chavelas y Devall, 1988).

El ramón es un árbol lozano, frondoso y de hermosa simetría, en Yucatán es también ampliamente usado como planta de ornato y sombra, en el sur de Veracruz como cerca viva y como árbol de sombra en las plantaciones de café (Peters y Pardo-Tejeda, citados por Ayala y Sandoval, 1995).

2.4.3 Manejo del ramón para la producción de forraje

En la península de Yucatán el forraje de los árboles de ramón de los patios, parques y avenidas es cosechado y comercializado para la alimentación del ganado. En la ciudad de Mérida la producción anual de forraje es de mas de 50 000 t, se estima que existen 100 000 árboles de ramón en patios, a lo largo de las calles y en

parques los cuales se cosechan cada año en la estación seca para alimentar el ganado que existe en las afueras de la ciudad (Ayala y Sandoval, 1995).

Existen equipos de obreros cuyo empleo es cosechar, transportar y vender el forraje de ramón. Trepan a los árboles y cortan todas las ramas que alcanzan con sus machetes. Bajo condiciones experimentales un árbol de 10 años de edad produjo entre 35 y 70 kg por año (López, 1993).

La producción de biomasa forrajera en plantaciones de ramón ha sido poco estudiada y los pocos resultados que se reportan han sido realizados en parcelas experimentales. Así Peralta (1979) estudio en el sur del estado de Yucatán la producción de forraje del ramón en diferentes densidades de siembra (44, 22, 13, 8 y 6 mil árboles ha^{-1}) iniciando la cosecha a los 14 meses de edad y defoliando cada 4 – 6 meses en dependencia de la época del año. Los resultados obtenidos (15, 13, 8.1, 6.3 y 6.2 t ha^{-1} año $^{-1}$ de materia verde, respectivamente) indicaron una tendencia al incremento de la producción de biomasa en la medida que se incremento la densidad.

Resultados similares fueron obtenidos por Ayala y Sandoval (1995) al realizar estudios en densidades de 40, 17, 10 y 4.4 mil plantas ha^{-1} y podas a partir de los dos años de edad con frecuencia de 3 a 4 podas por año en la zona norte del estado de Yucatán, reportaron, igualmente, incrementos de la producción de forraje a medida que se incrementó la densidad (4.9, 4.6, 1.7 y 1.7 t forraje verde ha^{-1} , respectivamente).

Los rendimientos obtenidos por estos autores resultan inferiores a los reportados por Tzec (1999), quien observó en tres plantaciones de ramón con diferentes densidades y edades que la mayor producción de materia seca se obtuvo en la mayor frecuencia (16 meses), pero la frecuencia de corte que mejor combinó todas las características de calidad (PC, FDN, DIVMS) fue a los 12 meses, la que además permite sincronizar la poda con la época de mayor demanda de forraje. La plantación de 2 años con densidad de 5600 mil árboles ha^{-1} (1.2 x 1.5 m) mostró los mejores resultados en producción y calidad de la biomasa, alcanzando una producción de 11.8 t MS ha^{-1} año $^{-1}$.

Mendoza (2000) obtuvo producciones de 14 kg MS árbol⁻¹ en la primera poda de ramones de siete años a 2 metros de altura y densidad de 5600 árboles ha⁻¹ (1.2 x 1.5 m) y de 6.16, 11.88, 13.75, 12.65 y 11.88 t MS ha⁻¹ en cinco podas anuales efectuadas a 1.5 m de altura e iniciadas a los 2 años de edad y densidad de 5600 árboles ha⁻¹ (1.2 x 1.5 m).

Los pocos estudios realizados indican que el ramón puede plantarse en grandes densidades, pero que estas tienen un límite en que la competencia influye en los resultados que se obtengan. Las densidades hasta 5600 árboles ha⁻¹ parecen tener mejores resultados productivos que cuando se aumentan por encima de estas (Mendoza, 2000).

2.4.4 Consumo voluntario y valor nutritivo

Pérez y Zapata (1995), estimaron el consumo y la ganancia de peso en ovinos alimentados con follaje de ramón utilizando cuatro tratamientos: 1) pastoreo + ramón, 2) pastoreo + concentrado, 3) ramón + concentrado y 4) ramón solo. La cantidad de concentrado ofrecido fue de 200 g borrego⁻¹ día⁻¹ (gallinaza y pulidura de arroz con un 16% de PC). El área para pastoreo estuvo compuesta en un 60% de zacate Johnson (*Sorghum halapense*), un 30% de zacate estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), y un 10% de guinea (*Panicum máximum*), el follaje del ramón utilizado contenía 14% de PC. Se observaron diferencias significativas en la ganancia de peso de 70.0, 72.0, 77.0 y 46.0 g borrego⁻¹ día⁻¹, para el tratamiento 1, 2, 3 y 4, respectivamente, observándose las mejores ganancias en el tratamiento 3 (concentrado + ramón). El consumo de ramón fue del 3.3, 4.25 y 4.5% del peso vivo de los borregos, (tratamiento 1, 3 y 4, respectivamente), los borregos tenían en promedio un peso de 13 kg al inicio de la prueba.

Valdivia (1996) midió el consumo voluntario de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y fibra detergente neutra (FDN) en ovinos Pelibuey alimentados con una dieta basal de pasto guinea, complementados con ramón en inclusiones de 0, 15, 30 y 45%. Los resultados obtenidos muestran un incremento en el consumo de

MS (35.1, 54.7, 70.2, 84.8 g kg⁻¹ de peso vivo (PV^{0.75}) a medida que se incrementa el porcentaje de ramón en la dieta (0, 15, 30 y 45%, respectivamente). Igualess resultados se obtuvieron para el consumo de MO y FDN con valores de 31.9, 48.8, 65.7 y 76.5 g kg⁻¹ PV^{0.75} para el primero y de 25.1, 35.6, 42.9 y 49.7 g kg⁻¹ P.V^{0.75} para el segundo.

Duch (1994), plantea que el valor nutritivo de los alimentos se refiere a la capacidad de estos para proveer nutrimentos al animal. El valor puede ser determinado mediante un análisis químico, pero deben tomarse en cuenta las pérdidas invariables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo. El elemento para juzgar el valor de los alimentos es la porción que no se absorbe y que es excretada en las heces (Mc Donald et al. 1988).

López (1993), reporta valores de minerales y vitaminas (Vit) en el follaje de ramón de 128.0, 89.0, 2.7, 0.173, 0.04, 0.83, 1.44 y 15.63 mg de Calcio (Ca), Fósforo (P), Hierro (Fe), Caroteno (Vit A), Tiamina (Vit B1), Riboflavina (Vit B2), Niacina (Vit B6) y Ácido Ascórbico (Vit C), respectivamente.

Morales et al. (1998) realizaron estudios bromatológicos del forraje y fruto del ramón comparándolo con cinco especies arbóreas (*Acacia maliciencia*, *Ficus ssp.*, *Guazuma ulmifolia*, *Pithecellobium dulce* y *Ziziphus mexicana*). Para el forraje de ramón reportaron mayor contenido de MS, (47.02% contra 38.26, 32.43, 32.96, 45.32 y 40.66% de las demás especies, respectivamente), porcentaje medios de proteína cruda (13.05% contra 25.74, 10.92, 15.91, 16.45 y 17.98%) y menor contenido de fibra cruda (FC) (15.08% contra 43.26, 19.15, 20.19, 37.19 y 22.47%). Mientras que en el caso de los frutos se reportó un alto contenido de MS (83.70%) superado por el *G. ulmifolia* (94.80%) y la *Z. Mexicana* (97.73%), un contenido de PC del 10.10% superado solamente por la *A. maliciencia* (19.55%) y el menor contenido de FC de las especies en estudio con un 4.99%.

Los estudios bromatológicos más recientes realizados en ramón se, muestran en el Cuadro 2.4.4.1.

Cuadro 2.4.4.1 - Información reportada por diferentes autores sobre la composición química del ramón obtenida en laboratorios.

Componentes	Rodríguez et. (1985)	Figueras al (1994)	Santos Abreu (1995)	Y Pérez al (1995) ***	et Valdivia (1996) ***	Armen- dariz al (1996)	Morales et al (1998)	Ramirez (1998)	Sandoval -Castro et al (1999)
Materia Orgánica (%)	-	93.7	-	91.0	90.4	88.0	-	77.4	86.1
Materia seca (%)	39.1	53.8	88.7	-	35.8	-	47.02	91.1	-
Proteína cruda (%)	17.2	9.9	14.2	14.0	15.8	13.2	13.05	-	12.9
Fibra cruda (%)	-	9.1	-	-	-	-	15.08	41.3	-
FDN (%)	-	-	37.4	-	37.5	43.3	-	28.7	45.8
FDA (%)	-	-	26.0	-	28.5	-	-	-	29.8
Lignina (%)	-	-	6.4	28.0	12.1	-	-	-	-
Extracto etéreo (%)	-	3.4	-	-	-	-	-	-	3.9
Energía Bruta (Mj kg ⁻¹)	-	-	15.9	-	-	-	-	-	9.8

*** Análisis de harina deshidratada; Ppm (partes por millón); Mj (mega joule); Fe (hierro); ELN (extracto libre de nitrógeno); Elem (elementos); Zn (zinc); Mn (manganeso); Cu (cobre)

Tzec (1999), al estudiar tres plantaciones de ramón con diferentes densidades y edades (2 años y 5 556 árboles ha⁻¹, 4 años y 625 árboles ha⁻¹ y más de 50 años y 278 árboles ha⁻¹) sometidas a cuatro frecuencias de corte (4, 8, 12 y 16 meses), encontró que los valores de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) disminuyeron conforme fue mayor la frecuencia de corte (Cuadro 2.4.4.2). Estos resultados los atribuyó a un incremento del nivel de lignificación, en la medida que se incrementa la frecuencia de corte.

Cuadro 2.4.4.2 - Contenido de PC, DIVMS y FDN de tres plantaciones de ramón sometidas a diferentes frecuencias de podas (Tzec, 1999).

Edad (años)	Frecuencia de poda (meses)	PC (%)	DIVMS (%)	FDN (%)
2	4	15.55	85.70	50.52
	8	12.98	76.52	61.65
	12	11.00	71.36	58.60
	16	10.51	72.02	61.87
4	4	16.19	80.78	58.73
	8	-----	-----	-----
	12	12.40	69.10	64.68
	16	10.31	63.86	62.92
> 50	4	15.90	77.49	58.69
	8	13.55	71.26	60.66
	12	15.54	74.28	58.98
	16	12.37	67.00	70.98

DIVMS (digestibilidad *in vitro* de la materia seca), FDN (fibra detergente neutro)

Duch (1994), obtuvo un potencial de degradación de la MS del follaje de ramón del 44.8%. Valdivia (1996), concluye que el forraje del ramón tiene un alto potencial de degradación ruminal (86.9%), lo que permite que sea utilizado como complemento en forrajes de baja calidad. Su inclusión en las dietas incrementa el

consumo total y la digestibilidad aparente de los nutrimentos, mejora el balance y el reciclaje de nitrógeno, aumenta el potencial de degradación de la proteína cruda, pero no afecta el potencial de degradación de la materia seca, materia orgánica y fibra detergente neutro de la dieta basal. Resultado similar obtuvo Ramírez (1998), quien reporta 88.3%

2.5 Resultados en la producción animal

El valor del ramón como forraje se puede deber en mayor medida al contenido de proteína cruda en hojas y semillas. La presencia de aminoácidos esenciales puede darle el potencial de ser incluido en dietas para monogástricos (Pardo y Sánchez, citados por Duch, 1994).

Aves. En Veracruz Lozano (1979), trabajando con pollos de engorda de 1 a 5 semanas de edad, sustituyó el sorgo del alimento tradicional por harina de semilla de ramón. Los niveles de sustitución del sorgo fueron 50 y 100% en dietas con 23% de proteína cruda. Cuando sustituyó el 50%, el aumento de peso, la conversión alimenticia y el consumo voluntario no variaron ($P>0.01$), pero al sustituir el 100% del sorgo hubo variación desfavorable para el aumento de peso y para la conversión alimenticia ($P<0.01$), mientras que para el consumo no hubo variación ($P>0.01$).

Cerdos. Lozano (1979) realizó un experimento con cerdos en la etapa final para observar el comportamiento al ser sustituido el sorgo (30 y 60%) por semilla de ramón, no se encontraron diferencias al 30% de sustitución en el comportamiento animal. Cuando la sustitución fue del 60% se abatió la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia.

Santos y Abreu (1995) reportaron una disminución en el consumo voluntario y digestibilidad de la dieta basal de los cerdos, cuando se incrementaron los niveles de ramón en la dieta.

Bovinos. Ferreiro et al. (1979), evaluaron el efecto de la complementación de la pulpa de henequén ensilada (más urea) con 1 kg de pulidura de arroz o forraje de ramón (2% del PV). La mayor ganancia de peso en los toretes la obtuvieron cuando utilizaron el ramón como complemento. Los bovinos alimentados con pulpa ensilada de henequén mejoraron su ganancia diaria de peso, pasando de 99 a 282 gramos al ser complementados con 3.6 kg de MS de forraje de ramón día⁻¹. Además, señalan que las hojas, ramas tiernas y la harina de semillas del ramón, constituyen un magnífico alimento para bovinos lecheros..

La semilla de ramón puede sustituir totalmente la proteína cruda de los granos en las dietas de los rumiantes. En ganado bovino se encontró un incremento de 11.3% en la ganancia de peso de los animales al sustituir la totalidad de proteína cruda de un alimento balanceado consistente en una mezcla de vainas de *Acacia pennatula*, gallinaza, pasta de semilla de ajonjolí y una solución de urea, por proteína cruda de la semilla de ramón (Pardo y Sánchez, 1980).

Calvino (1952) alimentó vacas lecheras por 20 días con el forraje del ramón; los animales produjeron mayor cantidad de leche en este período que la que habían producido en el período similar anterior cuando fueron alimentadas con forrajes diversos.

Ovinos. Pérez y Zapata (1995), encontró que ovinos con 6 horas de pastoreo en la época de seca complementados con forraje de ramón, presentaron ganancias por animal de 70 gramos diarios, siendo estas similares (72 gramos) a las de los animales complementados con 200 gramos diarios de una mezcla de gallinaza y pulidura de arroz con 16% de PC. Por su parte, Rodríguez et al. (1985), reportaron una mejor ganancia diaria de peso por animal (81 vs 69 g) en ovinos alimentados con pulpa ensilada de henequén, cuando fueron complementados con forraje del Ramón que con zacate estrella de África (*C. plectostachyus*).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y características generales de la zona de estudio

El área de estudio está ubicada dentro de la zona henequenera del estado de Yucatán en el municipio de Mérida. La altitud oscila alrededor de 15 m.s.n.m, por lo que no existen formaciones orográficas. La topografía es de planicies onduladas. Las pendientes fluctúan entre el 3 y el 5%. El suelo está conformado por calizas permeables con fuerte disolución hídrica superficial e interna. La zona carece de corrientes y cuerpos de aguas superficiales. Las aguas de lluvia se infiltran a través de las rocas calizas formando una extensa red de mantos acuíferos subterráneos (Duch, 1991).

Suelos. Los suelos presentan características especiales, en virtud de su origen residual, producto de la descomposición de las calizas y la disolución de la roca original. "La distribución está en correspondencia con el patrón de asociación de topoformas de modo que los litosoles (*Chaltun* ó *T'zek-el*) y Rendzinas (*Box-lu'úm* y *Pus-lu'úm*) de color café oscuro y negro dominan los altillos, mientras que las planicies se caracterizan por las rendzinas de color café rojizo (*Kancab*) y rojo (*Chac-lu'úm*)" (Duch, 1988).

Los suelos son de textura media, poco o muy pedregosos, ligeramente ondulados debido a la presencia alternada de pequeñas elevaciones y depresiones. Las pendientes son del 1% en las planicies y entre el 5 y 20% en los altillos. Estos tienen las mayores limitantes para la producción, siendo aprovechados en plantaciones de maíz, henequén, huertos frutícolas y citrícolas, horticultura de riego y ganadería (Duch, 1991).

La vegetación está formada por asociaciones secundarias arbustivas y herbáceas de selva baja caducifolia en disturbio recurrente (Duch, 1991).

Clima. El clima es Awo según la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), con una precipitación promedio anual de 953 mm, concentrándose en el mes de octubre el 82% de las precipitaciones. La temperatura media anual es de 26.5 °C, siendo el mes de abril el más caluroso, cuando se alcanzan temperaturas máximas de 40 °C y mínimas de 22.3 °C, el mes más frío es el de diciembre, con una temperatura máxima de 29.2 °C y mínima de 18.8 °C. La humedad relativa varía de 66% en el mes de abril a 85% en el mes de septiembre (García, 1973).

3.2. Características generales del sitio de estudio

El sitio de estudio fue el rancho agrícola ganadero Kampepem, con 50 ha de terreno. Situado a los 20° 39' de latitud norte y los 89° 50' de longitud oeste, en el poblado de San José Tzal, municipio de Mérida estado de Yucatán (Figura 3-1).

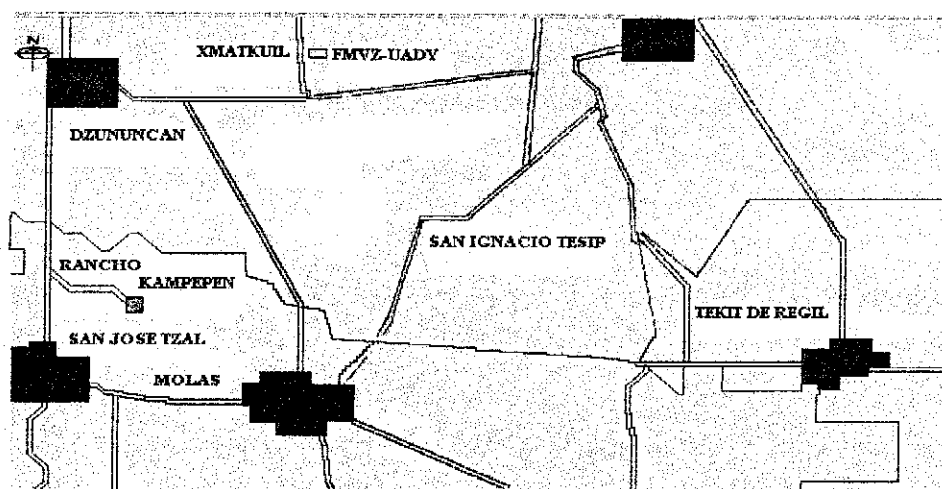


Figura 3.2.1- Mapa de localización del rancho Kampepem

3.2.1. Descripción histórica de la plantación

Antecedentes. El 90% del área del rancho, hace 40 ó 50 años, estaba dedicada a la producción de henequén y el 10% restante lo constituía una huerta de

frutales de la región [Chicozapote (*Manilkara sapota*) y Caimito (*Chrysophilum caimito*) fundamentalmente], aprovechando la fertilidad del lugar donde se depositaba el bagazo del henequén.

Al ser adquirido por el actual dueño, ya tenía más de 40 años de abandono por lo que era un área ocupada por monte típico de la región, árboles de 6 y 7 metros de altura y vegetación de selva baja caducifolia.

Se han desmontado 27 ha, permaneciendo el resto como monte. Para la transformación se utilizó maquinaria pesada, usándose solamente fuerza manual en aquellos lugares donde no podía entrar la maquinaria. La madera disponible después del desmonte se le ofreció a los vecinos del lugar y el resto se quemó.

El uso de la máquina ocasionó serios daños a la capa de suelo por arrastre, quedando grandes montículos de tierra una vez que fue quemada la vegetación. En la medida de las posibilidades se trato de recuperar el daño dispersando la tierra nuevamente, quedando una capa de suelo muy fina.

El sistema agroforestal. En el área desmontada se desarrolla actualmente un sistema agroforestal que puede clasificarse por:

1. Su estructura:

- a) Según la naturaleza de los componentes. Es un sistema agrosilvopastoril que combina árboles frutales [chicozapote (*Manilkara sapota*) y aguacate (*Persea americana*)], maderables [caoba (*Cedrella odorata*)], forrajeros y de uso múltiple [ramón (*B. alicastrum*) y huaxin (*L. leucocephala*)], cultivos [frijol terciopelo (*Mucuna deeringianum*) y pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw Britton y Rose)] y ganadería (vacuna y ovina).
- b) Basado en el arreglo de sus componentes.
 - Arreglo espacial. Es un sistema agroforestal mixto disperso donde se combinan pasturas, árboles (frutales, maderables, forrajeros y de uso múltiple) y animales.

- Arreglo de tiempo. Es un sistema agroforestal simultáneo en el que se integran simultáneamente cultivos con árboles maderables, frutales o de uso múltiple y/o ganadería.

2. Sus funciones

- a) Función productiva. Es un sistema agroforestal productivo donde se obtienen alimentos para humanos (frutos, granos, carne) y animales (frutos, forrajes arbóreos, pastos), así como leña combustible, maderas, huano, etc.
- b) Función protectora. El sistema evita la erosión del suelo utilizando árboles en franja y barreras vivas, incluye además la utilización de abonos orgánicos mejoradores de las características del suelo, proporciona sombra para cultivos, animales y hombres y constituye una barrera protectora contra plagas por la diversidad de cultivos que incluye.

3. Zona agroecológica donde se le practica

- a) Sistemas agroforestales para tierras bajas en los trópicos secos

4. Aspectos socioeconómicos y nivel de manejo.

- a) Nivel de tecnología. Es un sistema agroforestal de medios insumos.
- b) Costo/beneficio. Sistema agroforestal intermedio. El nivel de inversiones realizadas aunque no son tan elevadas como para un sistema comercial son superiores a un sistemas de subsistencia.

Dentro de este sistema se realizan varias prácticas agroforestales entre las que podemos citar:

- Cortinas rompevientos en áreas de cultivos y pasturas.
- Cultivo en callejones (Alley Cropping) con cítricos, pasturas y ganado.
- Árboles en sistemas de cultivos para la conservación del suelo.
- Bancos de proteína y/o energía.
- Árboles de uso múltiple con cultivos y animales.

La plantación de ramón. El estudio se realizó en tres parcelas de diferentes edades.

Los árboles de 8.5 años fueron sembrados en 1990 con plantas adquiridas en un vivero del estado con densidad de 289 árboles ha^{-1} (6 x 6 metros). La densidad se aumentó cuatro años después hasta 625 árboles ha^{-1} (4 x 4 metros). Al inicio, el riego fue a mano utilizando poliductos con una frecuencia semanal, tres años después, se introdujo el sistema de riego por microaspersión.

Los árboles de 6.5 y 4.5 años se sembraron en 1992 y 1994, respectivamente, con densidades de 625 árboles ha^{-1} (4 x 4 metros). Las plantas fueron desarrolladas en viveros propios del rancho, utilizando semillas colectadas en los árboles de la ciudad de Mérida. El sustrato utilizado en la bolsa de polietileno negro (23 cm x 11 cm) consistió de una mezcla de dos partes de bagazo de henequén, dos de pollinaza y una de suelo.

El trasplante se realizó a los seis meses, cuando las plantas alcanzaron de 40 a 50 cm de altura, en una poceta de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, utilizándose materia orgánica y sólo en algunos casos fertilizante químico triple 17.

Sistemas de riego. El rancho cuenta con un pozo artesanal de 9 metros de profundidad y se construyeron con maquinaria ocho pozos de 33 metros de profundidad.

Desde hace 6 años tanto el ramón como los cítricos y frutales que se encuentran en plantación se riegan con sistema de microaspersión. Las praderas se riegan mediante aspersión con cañones. Los árboles de 6.5 años se regaron una vez por semana, las demás se regaron tres veces por semana. Los microaspersores tienen un gasto promedio de 25 litros de agua hora^{-1} recibiendo cada plantación la cantidad de agua descrita en el Cuadro 3.2.2.1.

Cuadro 3.2.2.1. – Cantidad de agua aplicada por árbol semanalmente.

Plantación	Riegos semana ⁻¹	Horas riego ⁻¹	Horas semana ⁻¹	Litros hora ⁻¹	Litro semana ⁻¹
Ramón 8.5 años	3	2	6	25	150
Ramón 6.5 años	1	6	6	25	150
Ramón 4.5 años	3	2	6	25	150

3.3. Manejo de la plantación y unidades experimentales

1. Efecto de dos sistemas de poda sobre las propiedades del forraje de ramón

Con el objetivo de conocer el efecto de los sistemas de poda sobre la producción de forraje y su composición nutritiva (PC, DIVMS, FDN, FDA) se realizó un corte inicial en árboles de ramón que nunca se habían podado de 4.5, 6.5 y 8.5 años de edad (Figura 3.3.1). Se utilizaron un total de veinticuatro árboles, ocho de cada edad y de estos cuatro en cada sistema de poda. A la mitad de las plantas se le practicó la poda parcial dejándoles aproximadamente un 22% de follaje y el resto se podó total (Figura 3.3.2). A los ocho meses, los árboles se podaron nuevamente en forma total y parcial. La biomasa dejada en la poda parcial se seleccionó al azar, pudiendo haber sido cortadas en la poda a ocho meses ramas de las dejadas en la poda inicial.

El criterio de selección de las edades para el estudio de las podas se basó en los resultados obtenidos por algunos autores (Ayala y Sandoval, 1995; Tzec, 1999; Mendoza, 2000). Se planteó la edad de 4.5 años como la posible para iniciar las podas y la de 8.5 años por ser la edad en que se inicia la poda en el rancho. La edad de 6.5 años por ser intermedia entre las dos anteriores.

Los árboles conservaron el fuste y las ramas principales. Todos los árboles fueron podados primeramente de forma parcial y se pesó su biomasa. Seguidamente, se completó la poda en los de forma total, determinándose por

diferencia la biomasa promedio que quedó en los árboles de poda parcial. La altura de la poda previo acuerdo con el productor se homogeneizó por edad de la siguiente forma: 4.5 años a 3.25 m, 6.5 años a 3.40 m y 8.5 años a 5.50 m, tomando como criterio la forma tradicional de realizar la poda por los productores.

3.3.1 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental no contempló comparaciones estadísticas entre edades, debido a que las tres parcelas a pesar de encontrarse en la misma unidad de producción tuvieron manejos diferentes (densidad de siembra y riego). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para comparar los sistemas de poda dentro de cada edad. El modelo matemático aplicado fue (Steel y Torrie, 1985):

$$Y_i = \mu + \alpha_i + \varepsilon_i$$

Donde:

$$i = 1, 2$$

Y_i = Valor de las variables de respuesta.

μ = Media global

α_i = Efecto del tratamiento

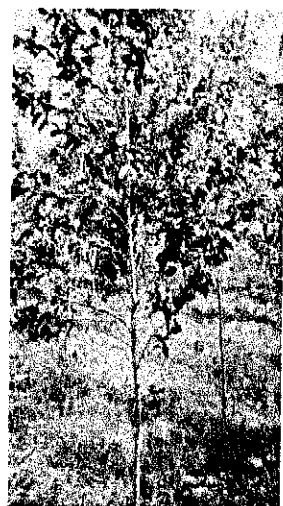
ε_i = Error experimental.

$$n = 4$$

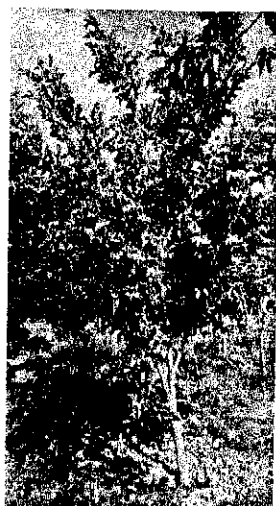
Por observarse una mayor producción forrajera (rendimiento, relación hoja: tallo, número, largo y diámetro de los brotes), en la poda parcial en el corte inicial en todas las edades, se utilizaron sus valores como covariable para los análisis estadísticos en la poda a ocho meses.

El análisis estadísticos de los datos de las variables en estudio se realizó por el procedimiento de análisis de varianza (Steel y Torrie, 1985). Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron por la prueba de Duncan (1955).

El procesamiento de los datos de cada variable estudiada se realizó utilizando la opción de cuadrados mínimos generalizados (GLM) del paquete estadístico S.A.S (1985).



4.5 años

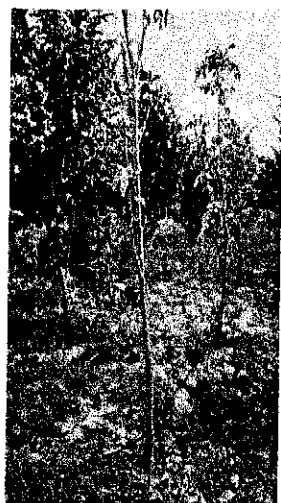


6.5 años



8.5 años

Figura 3.3.1- Ramón antes de la poda



4.5 años



6.5 años



8.5 años

Figura 3.3.2- Ramón después de la poda

Variables medidas

- **Altura de las plantas.** Esta variable fue expresada en metros y se obtuvo al medir la altura de cada planta desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama más alta.
- **Diámetro a la altura del pecho (DAP).** Esta variable fue expresada en centímetros y se obtuvo al medir los diámetros de todos los tallos a la altura del pecho, que en este estudio fue de 1.30 metros.
- **Número de brotes.** Se obtuvo por conteo de los brotes de cada planta al momento de la poda y se expresó como número de brotes por plantas.
- **Largo de los brotes:** Se expresó en metros y se obtuvo por el promedio de los largos de 10 brotes seleccionadas al azar del total de cada árbol.
- **Diámetro de los brotes.** Se expresó en centímetros y se obtuvo por el promedio de los diámetros a un cm del corte en 10 brotes seleccionadas al azar del total de cada árbol. El corte se realizó junto a la rama principal.
- **Relación hojas: tallos (RHT).** En dos ramas de cada árbol se procedió a separar las hojas de los tallos comestibles (TC) y registrar su peso en gramos, mismos que fueron llevados a base seca, registrando los pesos secos de hojas y TC por tratamientos. El resultado de dividir el peso seco de las hojas entre el peso seco de los TC expresa la RHT.
- **Producción de materia verde.** Esta variable se expresó en kg árbol^{-1} . Para obtener la biomasa por árbol, se separaron los brotes cuyo diámetro en su base fue menor de 2.00 cm (brotes de ese diámetro son molidos en la unidad y suministrados como alimento) y que constituye la biomasa comestible (BC). La biomasa total resultó de la suma de los tallos leñosos y la biomasa comestible.
- **Materia seca (%).** Las ramas de cada árbol se picaron, pesaron y llevaron a base seca, promediándose posteriormente en cada tratamiento. Se obtuvo por secado de la materia verde en estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 72 horas hasta peso constante.

Para el análisis químico se molieron las muestras de hojas y tallos hasta obtener un diámetro de partículas de aproximadamente 1 mm en un molino de Willey. Los análisis se realizaron en el laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Se realizaron análisis químicos de los componentes hojas y TC. La composición química de la BC (hojas + TC) no se analizó en el laboratorio ya que esta depende de la RHT, sus valores fueron obtenidos a partir de una fórmula que relaciona estos factores (hojas TC y RHT)

$$CQBCT = ((CQH / PSH) * 100) + ((CQTC / PSTC) * 100)$$

Donde

CQBCT = Componente químico (PC, FDN, FDA y DIVMS) de la BC expresado en porcentaje.

CQH = Componente químico (PC; FDN; FDA; DIVMS) de las hojas expresados en porcentaje.

PSH = Porcentaje que representa el peso seco de las hojas, del peso seco de la BC (hojas + TC).

CQTC = Componente químico de los TC (PC; FDN; FDA; DIVMS) expresados en porcentaje.

PSTC = Porcentaje que representa el peso seco de los TC, del peso seco de la BC (hojas + TC).

Los análisis realizados fueron:

- **Fibra detergente neutro y ácida (FDN y FDA).** Se analizaron según la técnica de microdigestión rápida (Quijano, et al. 1996).

- **Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).** Se realizó la prueba de gas *in vitro* utilizando un transductor (Druck incorporated DPI 701 555 in H20/20 psi g) para medir la presión generada por la producción de gases (Theodorou et al. 1994)

- **Proteína cruda (PC).** Se analizó por el método de Kjeldahl (Quijano et al. 1996).

4. RESULTADOS

4.1 Características de la biomasa acumulada en ramón de tres edades

Las características de la biomasa acumulada en las tres edades se muestran en el Cuadro 4.1.1. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre los sistemas de podas para ninguna de las variables en estudio, pero, se observó una gran variabilidad entre sistemas de poda dentro de cada edad. A mayor edad se observó una mayor acumulación de biomasa y este incremento se acompañó de un número mayor de brotes, con mayor longitud y diámetro. De la biomasa total producida por los árboles de 8.5 años, el 27.91% fueron tallos gruesos que se destinaron para leña. La relación hoja tallo (RHT) fue favorable a las hojas en todas las edades.

Los valores de la composición química de la biomasa acumulada en las tres edades se muestran en el Cuadro 4.1.2. Se observó que en todas las edades la PC y la DIVMS de las hojas fue superior a los TC; en cambio la FDN presentó valores invertidos. Los valores para estas variables en la BC dependen de la RHT.

Cuadro 4.1.1. – Características de la biomasa acumulada al corte inicial en ramón de tres edades

Edad (años)	Sistema de poda	N	Altura (m)	DAP (cm)	Rendimiento (kg MS árbol ⁻¹)	Número de brotes	Diámetro de brotes (cm)	Largo de brotes (cm)	Relación hoja: tallo
4.5	Total	4	4.78	5.87 ± 1.49 ^a	4.64 ± 1.83 ^a	31 ± 10.18 ^a	1.46 ± 0.28 ^a	132 ± 16.9 ^a	1.50 ± 0.22 ^a
	Parcial	4	4.65	6.16 ± 1.07 ^a	4.69 ± 1.37 ^a	32 ± 4.97 ^a	1.35 ± 0.09 ^a	126 ± 9.7 ^a	1.40 ± 0.27 ^a
6.5	Total	4	5.05	6.43 ± 1.19 ^a	4.69 ± 1.36 ^a	42 ± 9.18 ^a	1.48 ± 0.13 ^a	141 ± 27.10 ^a	1.43 ± 0.17 ^a
	Parcial	4	5.01	7.51 ± 0.57 ^a	5.89 ± 2.16 ^a	46 ± 7.14 ^a	1.52 ± 0.10 ^a	143 ± 11.15 ^a	1.40 ± 0.33 ^a
8.5	Total	4	7.29	19.88 ± 4.54 ^a	65.53 ± 35.89 ^a	215 ± 34.54 ^a	1.82 ± 0.84 ^a	174 ± 26.32 ^a	1.04 ± 0.17 ^a
	Parcial	4	7.60	21.86 ± 3.25 ^a	74.57 ± 33.80 ^a	215 ± 31.54 ^a	1.91 ± 0.37 ^a	193 ± 38.25 ^a	1.06 ± 0.07 ^a

Literales iguales en la misma columna para una misma edad no difieren estadísticamente ($P > 0.05$)

Cuadro 4.1.2. Composición química y DIVMS de las hojas, TC y BC del corte inicial en ramón de tres edades

Edad (años)	Componentes	N	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)
4.5	hojas	4	11.32	36.58	24.42	73.17
	TC	4	7.08	76.29	47.53	46.72
	BC	4	9.66	52.31	33.58	61.19
6.5	hojas	4	11.21	36.85	25.86	67.17
	TC	4	6.93	77.30	46.50	41.72
	BC	4	8.57	53.77	34.48	60.12
8.5	hojas	4	10.68	41.15	29.74	61.91
	TC	4	4.89	75.34	47.58	38.48
	BC	4	8.93	57.17	38.08	56.07

Los valores que se muestran son medias; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutra; FDA = Fibra detergente ácida; DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; TC = Tallo comestible; BC = Biomasa comestible calculada por la fórmula descrita en materiales y métodos.

4.2 Efecto de los sistemas de poda sobre la biomasa acumulada en ocho meses en ramón de diferentes edades

Árboles de 4.5 años. Se observaron diferencias ($P < 0.021$) entre sistemas de podas para la producción de materia seca. La poda parcial con $4.85 \text{ kg MS árbol}^{-1}$ fue 99% superior a la poda total que tuvo $2.44 \text{ kg MS árbol}^{-1}$. En ambos sistemas se observó el mismo número de brotes, pero ligeramente más gruesos y largo en la poda parcial. La RHT en ambos sistemas de poda favoreció al componente hoja (Cuadro 4.2.1).

En la poda total la hoja mostró un valor mayor de PC ($P < 0.019$) y DIVMS ($P < 0.002$) comparado con la poda parcial, siendo similares los porcentajes de FDN y FDA. En los TC de la poda total se encontró un valor mayor de FDA ($P < 0.030$) al de la poda parcial, siendo similares los porcentajes de PC, DIVMS y FDN entre sistemas

de podas. La BC mostró un mayor valor de FDA ($P < 0.001$) y DIVMS ($P < 0.02$) en la poda total, mientras que la PC y la FDN mostraron valores similares. En general, se observó en TC menor valor de PC y DIVMS y mayor de FDA y FDN con relación a las hojas (Cuadro 4.2.2).

Árboles de 6.5 años. No se observó diferencias ($P > 0.05$) entre los sistemas de poda para ninguna de las variables en estudio.

La producción de MS muestra una tendencia a ser mayor con la poda parcial ($4.97 \text{ kg MS árbol}^{-1}$) con relación a la poda total ($3.84 \text{ kg MS árbol}^{-1}$). Los brotes en la poda total muestran una tendencia a mayor número, pero más cortos, siendo el diámetro similar para ambos sistemas de podas. La RHT en ambos sistemas de podas favoreció las hojas mostrando una ligera tendencia a tener mayor valor en la poda total, (Cuadro 4.2.1).

En ambos sistemas de poda se observaron porcentajes similares de PC, FDN, FDA y DIVMS, para los componentes hojas, TC y BC. Los TC mostraron menor porcentaje de PC y DIVMS y mayor contenido de paredes celulares que las hojas (Cuadro 4.2.2).

Árboles de 8.5 años. No se observó diferencias $P > 0.05$ entre los sistemas de poda para ninguna de las variables en estudio.

La producción de materia seca fue ligeramente superior en la poda parcial ($37.93 \text{ kg MS árbol}^{-1}$). Se observó mayor número de brotes con la poda total, mientras que en el diámetro y largo de los brotes fue mayor en la poda parcial. La RHT fue baja, siendo mayor con la poda parcial, donde la relación favoreció las hojas, contrario a la poda total en que la relación favoreció a los tallos (Cuadro 4.2.1).

La composición química y DIVMS mostró valores similares entre sistemas de poda para los componentes hojas, TC y BC; sin embargo, los TC mostraron el 50% del porcentaje de PC y DIVMS y el doble del contenido de paredes celulares que las hojas. Los porcentajes de PC en la BC son bajos en esta edad pues la RHT fue baja (Cuadro 4.2.2).

Cuadro 4.2.1. - Características de la biomasa en dos sistemas de poda a ocho meses del corte inicial

Edad (años)	Sistema de poda	DAP (cm)	Rendimiento (kg MS árbol ⁻¹)	Número de brotes	Diámetro de brotes (cm)	Largo de brotes (cm)	Relación hoja tallo
4.5	Total	6.08 ± 1.25 ^a	2.44 ± 1.04 ^b	56 ± 32 ^a	0.83 ± 0.07 ^a	95 ± 0.06 ^a	1.21 ± 0.25 ^a
	Parcial	6.81 ± 1.54 ^a	4.85 ± 1.16 ^a	56 ± 11.32 ^a	0.87 ± 0.13 ^a	102 ± 0.17 ^a	1.17 ± 0.26 ^a
6.5	Total	7.37 ± 1.26 ^a	3.84 ± 1.31 ^a	97 ± 22.47 ^a	0.69 ± 0.05 ^a	94 ± 4.12 ^a	1.13 ± 0.22 ^a
	Parcial	8.72 ± 0.27 ^a	4.97 ± 1.55 ^a	71 ± 24.10 ^a	0.69 ± 0.06 ^a	100 ± 17.61 ^a	1.09 ± 0.14 ^a
8.5	Total	20.68 ± 4.85 ^a	25.45 ± 6.80 ^a	677 ± 262.53 ^a	0.76 ± 0.30 ^a	94 ± 35.54 ^a	0.97 ± 0.09 ^a
	Parcial	22.56 ± 3.62 ^a	37.93 ± 8.61 ^a	566 ± 159.28 ^a	1.03 ± 0.25 ^a	121 ± 19.23 ^a	1.16 ± 0.21 ^a

Literalles iguales en la misma columna para una misma edad no difieren estadísticamente (P > 0.05)

DAP = Diámetro a la altura del pecho medido a 1.30 metros.

Cuadro 4.2.2. – Composición química y DIVMS de la biomasa de la poda a ocho meses del corte inicial en ramón de tres edades en dos sistemas de poda.

Propiedad	Compo- des	4.5 años		6.5 años		8.5 años	
		Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial
PC (%)	Hoja	15.18 ± 0.98 ^a	13.42 ± 0.26 ^b	13.07 ± 0.33 ^a	13.55 ± 0.26 ^a	12.80 ± 0.31 ^a	12.51 ± 0.54 ^a
	TC	5.90 ± 0.29 ^a	5.96 ± 0.34 ^a	5.92 ± 0.51 ^a	5.40 ± 0.87 ^a	6.00 ± 0.17 ^a	6.24 ± 0.24 ^a
	BC	10.95 ± 0.49 ^a	9.96 ± 0.48 ^a	9.75 ± 0.27 ^a	9.78 ± 0.48 ^a	9.36 ± 0.13 ^a	9.42 ± 0.51 ^a
FDN (%)	Hoja	31.31 ± 2.69 ^a	31.46 ± 2.91 ^a	30.83 ± 1.18 ^a	30.97 ± 1.90 ^a	32.37 ± 0.74 ^a	31.02 ± 0.14 ^a
	TC	78.54 ± 1.41 ^a	75.73 ± 1.00 ^a	77.42 ± 0.44 ^b	79.73 ± 0.30 ^a	77.00 ± 0.51 ^a	76.70 ± 0.62 ^a
	BC	52.91 ± 2.59 ^a	52.06 ± 2.57 ^a	52.36 ± 2.29 ^a	55.15 ± 1.54 ^a	54.96 ± 1.04 ^a	53.50 ± 2.82 ^a
FDA (%)	Hoja	25.62 ± 0.95 ^a	25.82 ± 0.39 ^a	25.21 ± 1.03 ^a	26.45 ± 0.11 ^a	25.86 ± 0.91 ^a	26.31 ± 0.35 ^a
	TC	58.44 ± 0.30 ^a	54.35 ± 0.06 ^b	56.29 ± 1.44 ^a	56.10 ± 0.37 ^a	55.19 ± 0.63 ^a	54.92 ± 0.13 ^a
	BC	40.66 ± 1.42 ^a	39.18 ± 1.54 ^b	39.62 ± 1.62 ^a	40.84 ± 0.86 ^a	40.70 ± 0.82 ^a	40.67 ± 1.60 ^a
DIVMS (%)	Hoja	76.26 ± 1.83 ^a	71.64 ± 2.12 ^b	75.64 ± 1.04 ^a	75.07 ± 0.57 ^a	71.40 ± 0.70 ^a	69.09 ± 0.91 ^b
	TC	41.81 ± 0.20 ^a	40.04 ± 1.45 ^a	40.39 ± 1.16 ^a	39.03 ± 0.52 ^a	37.05 ± 2.81 ^a	39.54 ± 1.07 ^a
	BC	60.54 ± 1.84 ^a	56.94 ± 2.58 ^b	59.31 ± 1.80 ^a	57.34 ± 1.34 ^a	55.48 ± 1.80 ^a	54.59 ± 2.07 ^a

En la misma fila para una misma edad medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente ($P > 0.05$)

PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutra; FDA = Fibra detergente ácida; DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; BC = Biomasa comestible; TC = Tallo comestible;

4.3 Tasa de recuperación de los árboles en la poda a ocho meses con respecto al corte inicial

Los árboles de 4.5 años con poda parcial muestran buena recuperación, superando la MS producida en la poda inicial; sin embargo, en la poda total sólo se logra un 50% de lo producido en el corte inicial. Por su parte, los árboles de 6.5 años mantuvieron producción similar en las dos podas, mientras los de 8.5 años muestran menor recuperación. El DAP continua incrementándose en las tres edades, pero la mayor tasa de recuperación se observó a los 6.5 años (Cuadro 4.3.1).

Cuadro 4.3.1- Tasa de recuperación (%) del ramón después del corte inicial en dos sistemas de poda en tres edades

Edad (años)	Sistema de poda	Rendi- miento	DAP	Número brotes	Diámetro de brotes	Largo de brotes	Relación hoja: tallo
4.5	Total	▽ 47.41	△ 3.57	△ 36.58	▽ 40.71	▽ 26.35	▽ 15.97
	Parcial	△ 3.04	△ 2.92	△ 36.58	▽ 37.86	▽ 20.93	▽ 18.75
6.5	Total	▽ 18.12	△ 14.61	△ 120.40	▽ 54.30	▽ 32.85	▽ 19.85
	Parcial	▽ 15.61	△ 15.84	△ 61.36	▽ 54.60	▽ 28.57	▽ 22.69
8.5	Total	▽ 61.16	△ 4.02	△ 214.80	▽ 19.85	▽ 48.63	▽ 17.64
	Parcial	▽ 49.80	△ 3.65	△ 163.20	▽ 22.69	▽ 33.87	▽ 10.92

Con la segunda poda se observó mayor capacidad de emitir brotes en ambos sistemas de poda y todas las edades. Los árboles de 8.5 años muestran la mayor tasa de recuperación. El diámetro y largo de los brotes se redujo en la segunda poda (Cuadro 4.3.1).

La RHT mostró una tasa de recuperación similar para ambos sistemas de podas en las tres edades (Cuadro 4.3.1).

5. DISCUSIÓN

5.1 Características del DAP y de la biomasa en ambas poda a tres edades.

DAP. En la segunda poda el DAP mostró incrementos con relación a la primera poda. Este incremento pudiera ser un indicador de que la planta se recupera de la poda y continua desarrollándose. Los árboles de 6.5 años muestran un mayor incremento del DAP. Estos incrementos son superiores a los reportados por Mendoza (2000) en ramones de 7 años (5.35 cm) sembrados a una mayor densidad [5500 árboles ha^{-1} (1.2 x 1.5 m)], lo que pudiera deberse a la competencia interespecífica o a la falta de un suministro estable de agua.

MS. La mayor producción de MS en la segunda poda se observó en los árboles de 8.5 años (37.93 kg MS árbol $^{-1}$ en la poda parcial y 25.45 kg MS árbol $^{-1}$ en la total), por estar estos en la fase de mayor crecimiento y tener un dosel más desarrollado. Sin embargo, la mayor recuperación se observó en los árboles de 4.5 años con poda parcial, los cuales lograron producir 3.04% más que en la poda inicial. Resultados similares fueron obtenidos por Tzec (1999), estudiando tres plantaciones de ramón con diferentes densidades y edades (Cuadro 2.3.2.3.2). Mendoza (2000) obtuvo producciones de 14 kg MS árbol $^{-1}$ en la primera poda de ramones de siete años a 2 metros de altura y densidad de 5500 árboles ha^{-1} (1.2 x 1.5 m) y producciones de 6.16, 11.88, 13.75, 12.65 y 11.88 t MS ha^{-1} en cinco podas consecutivas realizadas con frecuencia anual a 1.5 m de altura e iniciadas a los 2 años de edad y densidad de 5500 árboles ha^{-1} (1.2 x 1.5 m), las que resultan superiores a las obtenidas en el presente estudio. Estos resultados permiten inferir la posibilidad de iniciar podas temprano en el ramón e incrementar la densidad de siembra; sin embargo, las producciones reportadas por Ayala y Sandoval (1995), y Peralta (1979) en densidades superiores a los 5700 árboles ha^{-1} son menores a los del presente estudio, lo cual podría indicar que el incremento de la densidad tiene un

límite, quizás influenciado por un aumento de la competencia por luz, agua y nutrimentos. Este aspecto deberá ser estudiado con más detenimiento antes de llegar a conclusiones.

El incremento de la acumulación de MS por la edad de la planta no siempre significa incremento en cantidad de MS comestible, pues este incremento se acompaña de un mayor grosor de los tallos disminuyendo la calidad y la porción comestible de la MS. Como consecuencia de esto en la poda inicial el 27.91% de la biomasa total de los árboles de 8.5 años se destinó a leña, pues el grosor de los tallos no permitió utilizarlos como alimento animal.

La poda parcial a los 4.5 años mostró mejores rendimientos que la poda total en producción de MS, aunque el número, largo y diámetro de los brotes fue similar en ambos sistemas de poda, indicando una mayor densidad de estos últimos en los árboles sometidos a poda parcial quizás por una mayor movilización de reservas por su interior. Este resultado refuerza la hipótesis de que la planta a esta edad aun no ha acumulado las reservas suficientes para iniciar un rebrote rápido, dependiendo aun de los productos de la fotosíntesis, coincidiendo con los planteamientos de Mochiutti (1995) de que sistemas de defoliación menos severos disminuyen la fase de recuperación de la planta.

Estas diferencias aunque se observaron en las edades de 6.5 y 8.5 años, no fueron tan marcadas. La producción de MS fue mayor en los árboles de poda parcial. En estas edades las plantas han acumulado las reservas suficientes para rebrotar rápidamente no dependiendo de los productos de la fotosíntesis. En este sentido no hay estudios publicados que comparen la importancia relativa de las yemas del meristemo, los carbohidratos y otras reservas de la planta con el área foliar residual después de la defoliación de árboles forrajeros (Stür et al. 1994).

A pesar de presentar la mayor producción de MS, el porcentaje de recuperación de la MS inicial en la poda a ocho meses disminuyó en los árboles de 8.5 años quizás debido a una mayor acumulación en el corte inicial por su edad. Los árboles más jóvenes muestran una recuperación mayor.

Número, largo y diámetro de los brotes. En la evaluación agronómica de arbustivas, además de conocer la cantidad de MS producida en determinado período es importante saber que presentación física tiene, ya que en función de ello se determinará la mejor forma de ofrecerlo al animal. Conocer las características de los brotes al momento de la cosecha nos describe físicamente al forraje y puede servir de indicador para estimar cantidades de biomasa sin tener que realizar las podas.

El número de brotes fue mayor en la poda a ocho meses comparados con la poda inicial en todas las edades; sin embargo, estos fueron más cortos y delgados. Donde inicialmente hubo un brote, se cuantificaron dos o tres en la segunda poda. Este incremento pudo ser debido al estímulo sobre las yemas causado por el corte (Bidwell, 1990; Lira, 1994). Tzec (1999) reporta resultados similares en plantaciones de ramón de diferentes edades (Cuadro 2.3.2.3.2). Por el contrario, Araya et al. (1994), al realizar investigaciones en sauco amarillo (*Sambucus canadensis*), encontraron que el número de brotes varió entre los 26 y los 52 días después de la siembra, aumentando en un 22%. Este incremento se perdió a los 78 días, debido posiblemente a la dominancia de brotes superiores que demandaron más nutrimentos y crearon un efecto de sombra, provocando la desaparición de los brotes inferiores.

Relación hoja: tallo. La calidad de un forraje se ve fuertemente influenciado por la relación que guardan la proporción de hojas con relación al tallo, en la medida que se tengan más hojas la calidad del forraje es mejor ya que en ellas se encuentran la mayor concentración de nutrimentos y por lo tanto, la mayor digestibilidad.

Las plantas jóvenes muestran un mejor comportamiento de la RHT en la poda inicial, pues sus tallos son más cortos y menos gruesos. Observaciones hechas en *L. leucocephala* por Ferraris y Brewbaker et al. citados por Becerra (1984), señalan que con frecuencias de corte muy largas (mayores de 120 días) las ramas inferiores comienzan a tirar sus hojas, ocasionando un incremento en el porcentaje de tallos y con esto una menor calidad de la cosecha. Tzec (1999) reportó una disminución de

la RHT para el ramón en la medida que se incrementó la edad de corte; sin embargo, en nuestro caso con la poda a ocho meses la RHT fue menor a la poda inicial. La proporción de tallos fue mayor con la poda a ocho meses, apreciándose un efecto negativo de la época de corte (seca) sobre la calidad de la biomasa. La RHT fue mejor en la medida que se incrementó la edad de los árboles, pues estos resisten mejor la seca quizás por tener mayor capacidad de extracción de nutrimentos y agua de sus raíces. Resultados similares han sido obtenidos por varios autores trabajando con diferentes especies y condiciones. Ella *et al.* (1989), estudiando en Indonesia las especies *L. leucocephala*, *G. sepium*, *C. calothyrsus* y *S. grandiflora*, reportan mayor producción de tallos leñosos no comestibles en la época de seca. Hernández (1996) reporta la misma tendencia para *L. leucocephala* en Cuba. Recientemente, el mismo comportamiento fue reportado por Barnes (1999), en Ghana estudiando trece especies de árboles forrajeros.

Contenido químico

PC, en la poda inicial el porcentaje de PC fue menor en los árboles de 8.5 años para hojas, TC y BC como consecuencia de un aumento en el proceso de lignificación por mayor madurez de la biomasa (Hernández, 1996; Tzec, 1999). Estudios hechos con ramón (Tzec, 1999) y morera (*Morus spp.*) (Rodríguez, 1994) demuestran que el contenido de PC de la BC, hojas y TC, disminuye en forma considerable a medida que la frecuencia de poda es mayor.

En la poda a ocho meses los valores de proteína son similares dentro de edades en hojas, TC y BC. Tzec (1999) reportó una disminución en el contenido de PC del ramón conforme se incrementó la frecuencia de corte de 4 a 16 meses, pero no observó variaciones entre las edades de los árboles (Cuadro 2.4.4.2); no obstante, los porcentajes de PC en las hojas son superiores a los de la poda inicial, motivado quizás por una menor edad de estas y por una mayor movilización de nutrimentos hacia el área foliar (Bidwell, 1990; Hernández, 1996). Los valores de concentración de PC obtenidos para hojas son similares a los reportados por Tzec

(1999), Sandoval-Castro et al. (1999), Roshetko et al. (1998), Morales et al. (1998) y Hernández y Benavides (1995) e inferiores a los reportados por Rodríguez et al. (1985), Valdivia (1996) y Ramírez (1998); por el contrario, el porcentaje de PC de los TC fue menor en la poda a ocho meses, quizás porque los tallos se hacen más leñosos al cumplir funciones más complejas de sostén y transporte de agua y nutrimentos durante la seca (Hernández, 1996). Tzec (1999) reportó valores menores de PC en TC de ramón de tres edades en la época de seca, mientras que en hojas los valores de PC se incrementaron en la misma época con respecto al corte inicial.

FDN representa las concentraciones de lignina, celulosa y hemicelulosa de un forraje e indica el grado de madurez alcanzado por este.

El porcentaje de FDN de las hojas disminuyó con la poda a ocho meses con respecto a la primera poda por ser aquellas más jóvenes y acumular menos paredes celulares. Los porcentajes obtenidos son menores a los reportados por Tzec (1999), Santos y Abreu (1995), Armendáriz et al. citado por Ramírez (1998) y Valdivia (1996), pero superiores a los reportados por Sandoval-Castro et al. (1999) y Ramírez (1998). Por el contrario, los TC en la segunda poda muestran mayores contenidos de pared celular, al cumplir funciones más complejas en el transporte de agua y nutrimentos que en la poda inicial, pues a pesar de estar bajo riego se ve un efecto de la seca reflejado en un mayor porcentaje de FDN (Hernández, 1996). Estas diferencias entre podas son menores en los árboles de 8.5 años, pues tienen un incremento menor de MS y han acumulado mayor cantidad de reservas en tallo y raíces lo que unido a un sistema radical profundo se ven menos afectados por la seca, pues pueden realizar una mayor extracción de nutrimentos. Estos resultados son inferiores a los reportados en ramón por Tzec (1999) lo cual pudiera estar determinado por el riego frecuente que reciben las plantas.

FDA. Estudiar la FDA es importante en los forrajes ya que esta contiene la parte no digerible. Su valor se incrementa con la edad de las plantas al tiempo que hace disminuir la concentración de PC y la DIVMS.

En los árboles de 8.5 años el porcentaje de FDA de las hojas y BC en la poda inicial fue elevado, evidenciando un incremento de la lignificación con la edad (Van Soest, 1982). Los valores obtenidos son inferiores a los reportados por Sandoval-Castro et al. (1999), Santos y Abreu (1995) y Valdivia (1996).

En los TC la concentración de FDA no tuvo variación dentro de edades, pero se incrementó con la poda a ocho meses con respecto a la poda inicial. Se evidenció un incremento de paredes celulares y lignina en los TC quizás por las funciones complejas de sostén y transporte de agua y nutrimentos que cumplen en la seca (Van Soest, 1982; Hernández, 1996). Tzec (1999) observó en ramón con frecuencia de corte de ocho meses valores mayores de FDA para los TC a los obtenidos en esta investigación quizás motivado por la falta de agua de las plantas durante la época seca.

DIVMS. Determinar la DIVMS nos permite conocer que proporción del forraje que se está ofertando es degradado y aprovechado. Su valor se ve afectado por un incremento de la FDA o por una disminución de la PC.

La DIVMS de hojas, TC y BC en la poda inicial fue menor en los árboles de 8.5 años debido a un aumento de los contenidos de carbohidratos estructurales y lignina y una disminución de la PC, lo cual concuerda con lo sugerido por Van Soest (1982). Tzec (1999) reporta una disminución en la DIVMS con el aumento de la edad de la biomasa en tres plantaciones de ramón de diferentes edades (Cuadro 2.4.4.2).

Con la poda a ocho meses la digestibilidad fue similar en todas las edades; sin embargo, los valores de DIVMS obtenidos para las hojas son superiores en la poda a ocho meses sobre la poda inicial, ya que hay mayores porcentajes de PC y menores de FDA. Los valores obtenidos resultan similares a los reportados por Tzec (1999), Roshetko et al. (1998), Ramírez (1998) y Valdivia (1996) y superiores a los de Hernández y Benavides (1995); por el contrario, en los TC y BC los resultados son similares en ambas podas pues los valores de PC son menores en la poda a ocho meses y los de FDA mayores; no obstante, los valores obtenidos para la BC son superiores a los reportados por Tzec (1999) y Duch (1994).

6. CONCLUSIONES

1. La producción de MS tuvo mejor respuesta en todas las edades cuando se dejó el 22% de la biomasa (4.85, 4.97 y 37.93 kg MS árbol⁻¹ para 4.5, 6.5 y 8.5 años, respectivamente) que cuando se podó totalmente (2.44, 3.84 y 25.45 kg MS árbol⁻¹ para 4.5, 6.5 y 8.5 años, respectivamente).
2. La producción de MS es menor en los árboles de 4.5 y 6.5 años; sin embargo, estos tienen una mayor capacidad de respuesta a la poda.
3. El número, diámetro y largo de los brotes, así como la RHT son similares en ambos sistemas de poda.
4. La composición química es similar entre sistemas de poda en ramón de 6.5 y 8.5 años, pero los valores de PC y DIVMS en hojas son superiores con la poda total en ramón de 4.5 años.
5. En ambos sistemas de poda las hojas tienen mayores contenidos de PC y DIVMS y menores de FDA y FDN que los tallos comestibles.

7. SUGERENCIAS

Los beneficios, restricciones y opciones de manejo del cultivo de ramón en plantación se muestran en la Figura 7.1.

El ramón es una planta forrajera por excelencia que responde bien a las podas y en su hábitat natural crece bajo fuerte competencia por luz, agua y nutrimentos. Es de los pocos árboles tropicales del que se aprovechan todas sus partes, brindando a los productores una gran variedad de servicios. A pesar de esto, los productores en vez de sembrarlos y cultivarlos sólo toleran las plantas una vez que se presentan en el solar. Las razones de esta conducta no están muy claras, todo parece indicar que están dadas por la falta de conocimiento de su manejo. Dentro de las restricciones de manejo del ramón para ser explotado en plantaciones podemos citar:

1. El establecimiento en condiciones de temporal entre los 6 y 10 años (Tzec, 1999).
2. La cosecha de la biomasa generalmente se inicia después de los ocho o diez años cuando la planta alcanza una altura superior a los 7 m.
3. La cosecha de la biomasa se realiza en plantas con altura superior a los 7 m y ramas flexibles. Esto hace que sea costosa porque requiere de tiempo y mucha mano de obra y además se trabaja en condiciones riesgosas.
4. Se plantea por los productores que el ramón sólo puede ser utilizado en corte y acarreo (Mendoza, 2000).

Ante esta situación y con base en los resultados obtenidos en este estudio se plantean algunas opciones de manejo que pudieran ser estudiadas:

1. La aplicación frecuente de riego, desde el transplante, pudiera reducir el período de establecimiento del ramón a cuatro años. El riego es una práctica que puede resultar cara, pero necesaria en los primeros años; sin embargo, una vez que el ramón se establece no es necesario regarlo con la frecuencia inicial, siendo recomendable sólo riegos de auxilio cada diez o quince días en dependencia de la intensidad de la sequía, haciendo más eficiente el uso del agua lo que reduce considerablemente los costo y las pérdidas por lixiviación de nutrimentos del suelo (Catzim, 2000); no obstante, esto requiere ser estudiado.

2. El inicio de la cosecha a edades tempranas en árboles forrajeros con poda parcial, representa reducir el tiempo improductivo de la plantación y por tanto los gastos. Con las densidades del estudio [625 árboles ha^{-1} (4 x 4 m)] la producción de MS a los 4.5 años es baja (3.03 t MS ha^{-1} ocho meses $^{-1}$), comparada con la producción de árboles de 8.5 años (23.70 t MS ha^{-1} ocho meses $^{-1}$). Esta puede incrementarse si se aumenta la densidad de siembra hasta 5500 árboles ha^{-1} (1.2 x 1.5 m) (Mendoza, 2000); sin embargo, densidades mayores han sido utilizadas por Ayala y Sandoval (1995) y Peralta (1979), pero los rendimientos de MS obtenido han sido bajos indicando un incremento en la competencia por luz y nutrientes. No obstante, la edad para iniciar las podas y las densidades de siembra requieren ser estudiadas.

Otras prácticas agronómicas sustentables como la aplicación de abono orgánico proveniente de los corrales o de abonos verdes intercalando con leguminosas rastreras, pudieran ser utilizadas para mejorar los nutrientes del suelo e incrementar los rendimientos en MS.

Para hacer más eficiente el uso del suelo, pudiera realizarse el intercalamiento con especies manejadas en corte y acarreo, pues según la experiencia del rancho, el ramón no soporta el pastoreo; aunque, no hay estudios que confirmen esto. La utilización del policultivo permitiría brindar a los animales una dieta más balanceada, además de evitar el monocultivo, reduciendo los riesgos de daños por plagas y enfermedades (Hernández, 1996); sin embargo, en el rancho no se reportan daños por esta causa a nueve años de cultivar el ramón, evidenciando que es una planta bien adaptada a las condiciones de la región.

3. El costo de la cosecha pudiera reducirse iniciando las podas a los cuatro años, pero esto requiere de un estudio a largo plazo; sin embargo, iniciando las podas a esa edad pudiera formarse un árbol con características apropiadas para la poda, con una altura no mayor de los 2 m (Mendoza, 2000). De esta forma se reduce el tiempo y la mano de obra, así como los riesgos de accidente; sin embargo, esto también requiere ser estudiado.

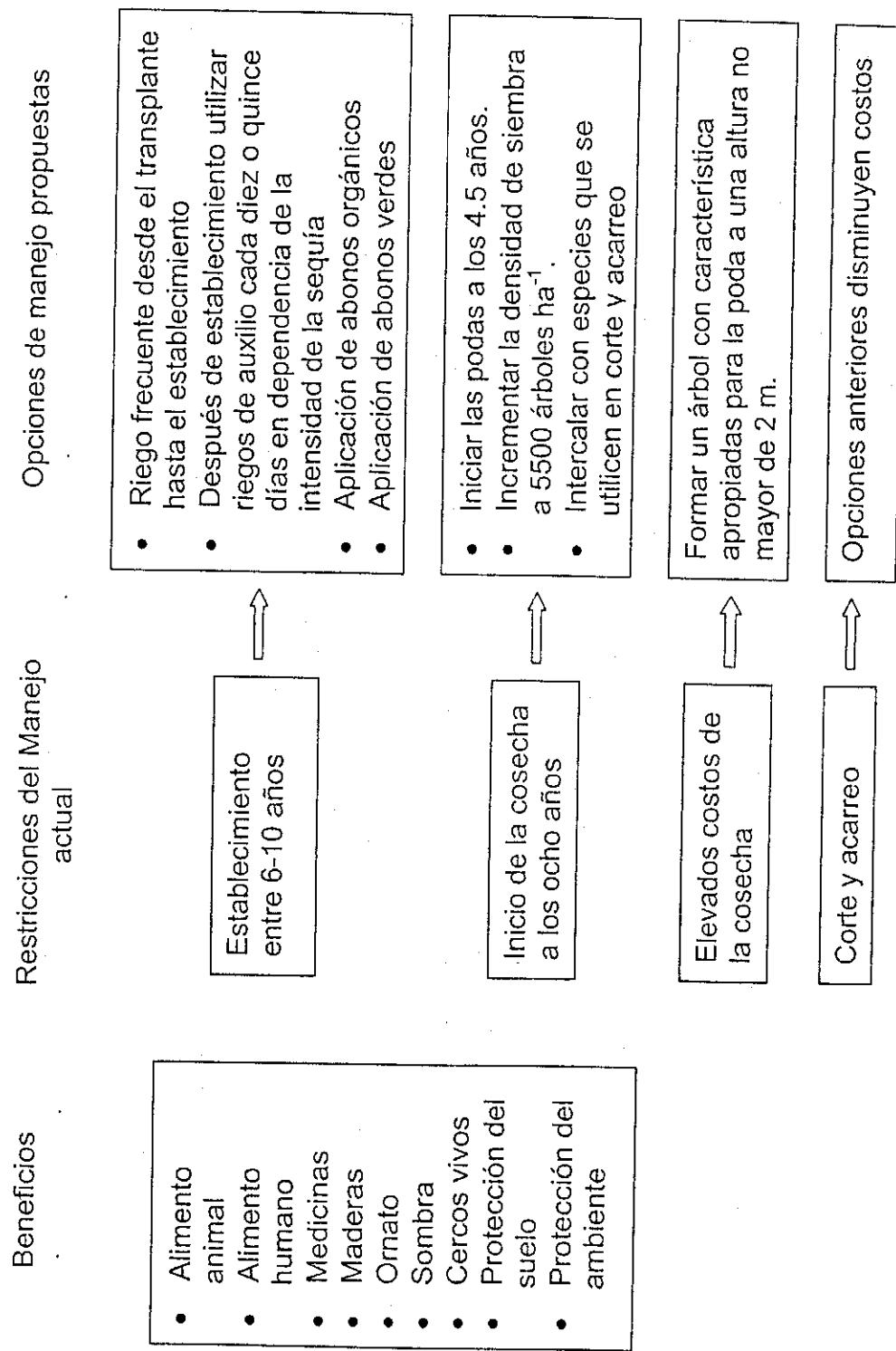


Figura 7-1 Diagrama de los beneficios, restricciones y opciones de manejo en la explotación del ramón.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Araya, J; Benavides, J. E; Arias, R; Ruiz, A. (1994). Identificación y caracterización de árboles y arbustos forrajeros en América Central.. *Serie técnica. Informe técnico CATIE* 1 (236): 31-64
- Ayala, A; Sandoval, S. M. (1995). Establecimiento y producción temprana de forraje de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz), en plantaciones a altas densidades en el norte de Yucatán, México. *Agroforestería de las Américas*. 7: 10-15.
- Barnes, P. (1995). Dry matter herbage productivity and aspects of chemical composition in four forage legumes at a subhumid site in Ghana. *Agroforestry Systems* 31: 223 – 227.
- Barnes, P. (1999). Fodder production of some shrubs and trees under two harvest intervals in subhumid southern Ghana. *Agroforestry Systems* 42: 139-147.
- 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*. 44: 27-54.
- Becerra, B. J. (1984). Efecto de la altura y frecuencia de corte en la producción de forraje de huaje o leucaena (*Leucaena leucocephala*). Tesis de licenciatura, Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Bidwell, R. G. S. (1990). Fisiología Vegetal. Agt editor México. p. 784.
- Borel, R. (1992). Critical aspects of methodologies for the nutritional evaluation of forage trees and shrubs. In Ruminant Nutrition Research. Methodological Guidelines. Manuel E. Ruiz y Susan E. Ruiz editors. San José, Costa Rica p. 38.
- Brewbaker, J. L. (1986). Leguminous trees and shrubs for Southeast Asia and the South Pacific. In: Blair, G. J; Ivory, D. A; Evans, T. R. Eds. Forages in Southeast Asia and South Pacific Agriculture. *ACIAR Proceedings Series* 12: 43-50.
- Cajas-Girón, Yasmín; Sinclair, F. L. (1999). Perspectivas para el uso de sistemas agrosilvopastoriles de estratos múltiples en la región del caribe de Colombia.

- Avances de investigación. VI seminario internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. FAO.
- Calvino, M. (1952). Plantas forrajeras tropicales y subtropicales. De. *Trucco*. México: 244 - 253.
- CATIE, (1990). Sistemas Silvopastoriles para el Trópico Húmedo Bajo. Primer Informe Anual. CATIE. 170 p.
- Catzim, C. (2000). Evaluación de la tasa fotosintética del *Brosimum alicastrum*. Departamento PROTROPICO. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. Manuscrito
- Chavelas, P. J. S; Devall, M. (1988). *Brosimum alicastrum* Sw. En: Burns, M. R. y Mosquera, M. (eds). Árboles utiles de la parte tropical de América del Norte. Comisión forestal de América del Norte. Publicación No 3. Washington, D. C.
- Costanza, R; D'Arge, R; De Groot, R; Farber, S; Grasso, Mónica; Hannon, B; Limburg, K; Naeem, S; O'Neill, R. V; Paruelo, J; Raskin, R. G; Sutton, P; Van den Belt, Marjan. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387: 252-260.
- Das, R. B; Dalvis, G. S. (1981). Effect of interval and intensity of cutting *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Research Reports*. NFTA. 2:21.
- Dixon, R. K. (1995). Sistemas agroforestales y gases invernadero. *Agroforesteria de las Américas*. 7: 22-26
- Duch, J. (1988). La conformación territorial del estado de Yucatán. Los componentes del medio físico. Editado por la Universidad Autónoma de Chapingo, México
- Duch, J. (1991). Fisiografía del estado de Yucatán. su relación con la agricultura. Editado en la Universidad Autónoma de Chapingo, México. Primera edición.
- Duch, C. T. (1994). Tasa de desaparición de follaje de ramón (*Brosimum alicastrum*) sujeto a fermentación "in vitro". Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11: 1-42

- Ella, A; Jacobsen, C; Stür, W. W; Blair, G. J. (1989). Effect of plant density and cutting frequency on the productivity of four tree legumes. *Tropical Grasslands* 23(1): 275 - 280.
- Falver, L. (1977). Dry season regrowth of six forage species following wild fire. *J. Management* 30: 37 - 39.
- Ferraris, R. (1979). Productivity of *Leucaena leucocephala* in the wet tropics of north Queensland. *Tropical Grasslands* 13: 20-27.
- Ferreiro, H. M; Preston, T. R; Herrera, F. (1979). Sub productos del henequén como alimentos para el ganado: efecto de suplementar la pulpa ensilada como pulidura de arroz y ramón (*Brosimum alicastrum*) sobre crecimiento digestibilidad y tasa de entrada de glucosa. *Producción Animal Tropical* 4: 71 - 75.
- García, Enriqueta. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, UNAM. Instituto de Geografía. México D.F.
- García-Trujillo, R. (1977). Alimentación de vacas lecheras basada en la utilización de los pastos y forrajes y sus formas preservadas (mimeografiado). Folleto de trabajo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. P. 24.
- Guevara, A. B; Whinter, S; Thompson, J. R. (1978). Influence of intrarow spacing and cutting regimes on the growth and yield of *Leucaena leucocephala*. *Agronomy J.* 7: 1022 - 1037.
- Gutteridge, R. C. (1990). Agronomic evaluation of tree and shrub species in southeast Queensland. *Tropical Grasslands* 24: 29-36.
- Gutteridge, R.C; MacArthur, S. (1988). Productivity of *Gliricidia sepium* in a subtropical environment. *Tropical Agriculture, Trinidad* 65: 275-276.
- Gutteridge, R. C; Shelton, H. M. (1994). El Campo y el potencial de las leguminosas arbóreas en la agroforestería. En: Krishnamurthy, L; Leos, J. A. eds. *Agroforestería en desarrollo: Educación, investigación y extensión. Centro de agroforestería para el desarrollo sostenible*. UACH, México. p. 17-43.

- Hernández, C. A; Alfonso, A; Duquesne, P. (1987). Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. II. Ceba final. *Pastos y Forrajes* 10: 246-255.
- Hernández, I. (1996). Manejo de podas de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje en el período seco en Cuba. Tesis de Mg. Sc. CATIE: 10-58.
- Hernández, M; Benavides, J. E. (1994). Podas estratégicas en cercos vivos de piñón cubano (*Gliricidia sepium*) para la producción de forraje en la época seca. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE. Recopilado y editado por Benavides, J. E 559 - 582.
- Hernández, S. y Benavides, J.E. (1995). Potencial forrajero de especies leñosas de los bosques secundarios de El Peten, Guatemala. *Agroforestería de las Américas*. 6: 9-14.
- Herrera, P. G. (1967). Altura de corte y de planta en guandul y acacia forrajera. *Agricultura Tropical* 23: 34-42.
- Horne, P. M; Catchpoole, D. W; Ella, A. (1986). Cutting management of tree and shrub legumes. En: Blair, G. J; Ivory, D. A; Evans, T. R. Eds. Forages in Southeast Asia and South Pacific Agriculture. *ACIAR Proceedings Series* 12: 164-169.
- Hughell, D. (1990). Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de: *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en América Central. Serie técnica. Boletín técnico No 22. CATIE. 70 p.
- Isarasanee, A; Shelton, H. M; Jones, R. M; Bunch, G. A. (1985). Accumulation of edible forage of *Leucaena* dry season feed. *Leucaena Research Reports*. NFTA 10: 46-48.
- Jama, B; Nair, P. K. R. (1989). Effect of cutting height of *Leucaena leucocephala* hedges on production of seeds and green leaf manure at Machakos, Kenya. *Leucaena Research Reports*. NFTA 5: 3-4.

- Karim, A. B; Rhodes, E. R; Savill, P. S. (1991). Effect of cutting height and cutting interval on dry matter yield of *Leucaena leucocephala* (LAM) De Wit. *Agroforestry Systems* 16: 129 – 137.
- Keens-Dumas, M. J. (1983). Feeding of sheep, a broad view of practices carried out in tobago. En: Wokshop on feeding of animal in Caribbean. Trinidad and Tobago, CARDI 47-54.
- Kinch, D. M; Ripperton, J. C. (1952). Koa Haole production and processing Hawaii *Agric. Exp. Stn. Bull:* 58 - 129.
- Krishnamurthy, K; Munegowda, M. K. (1982a). Effect of cutting and frequency regimes on the herbage yield of *Leucaena*. *Leucaena Research Reports*. NFTA 3: 31.
- Krishnamurthy, K; Munegowda, M. K. (1982b). Forage yield of *Leucaena* var. K8, under rained conditions. *Leucaena Research Reports*. NFTA 3: 25.
- Lira, R. H. (1994). Fisiología vegetal. Editorial trillas. P. 237.
- López, G. F. M. (1993). Explotación del ramón (*Brosimum alicastrum*) como fuente de forraje. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Lozano, A. O. G. (1979). Valor nutritivo de la semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) en aves y cerdos. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Mahecha, L; Rosales, M; Molina, C. H; Molina, E. J; Uribe, F. (1999). Evaluación del forraje y los animales a través del año, en un silvopastoril conformado por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*, en el Valle del Cauca. Avances de investigación. VI seminario internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. FAO.
- Martínez, O. E; González, R. (1977). Vegetación del sureste de Tamaulipas. *Biótica* (Méx.) 2: 1-45.
- Mc Donald, P; Edwards, R. A; Greenhalgh, J. F. D. (1988). Animal Nutrition. Cuarta edición. Longman. London.

- Mendoza, H. (1996). Cinco árboles forrajeros para la península de Yucatán. Identificación, establecimiento y evaluación agronómica. *Revista de geografía agrícola* 21-23: 153 - 169.
- Mendoza, H. (2000). Evaluación agronómica de cinco especies forrajeras para Yucatán. Centro Regional Universitario Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo. Manuscrito.
- Mochiutti, S. (1995). Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp. Bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo. Tesis Mg. Sc. CATIE 144 p.
- Monsreal, B. D. (1986). El ramón *Brosimum alicastrum* Sw. *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán* 2: 26 - 35.
- Morales, A; Aguirre, M. A. y Palma, J. M. (1998). Estudio químico – nutricional del follaje y fruto de diferentes especies leñosas en condiciones de trópico seco. En: Memorias III taller internacional silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería. Matanzas. Cuba: 41 – 44.
- Muñoz, Gloria. (1995). Gerardo Budowski: Promotor de la agroforestería. *Agroforestería de las Américas* 7: 6-9.
- Niembro, R. A. (1986). Árboles y arbustos útiles de México. Universidad Autónoma de Chapingo - Bosques, LIMUSA.
- Overgaard, H. (1992). The establishment of a tree nursery in Yucatán, Mexico. The promotion of an age old mayan subsistence tree. Tesis Mag. Sc. Noruega, University of Norway. Institute of Forestry Agricultural. 109 p.
- Osman, A. M. (1981). Effects of cutting interval on the relative dry matter production of four cultivars of *Leucaena*. *Leucaena Research Reports*. NFTA. 2: 33-34.
- Pardo, T. E; Gómez Pompa, A; Sosa, V. (1976). El ramón. Comunicado No 3 sobre los recursos bióticos potenciales de país. *INIREB informa*. México D. F.
- Pardo, T. E; Sánchez, M. (1980). *Brosimum alicastrum* (ramón, capomo, ojite, ojoche) recurso silvestre tropical desaprovechado. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (INIREB). Xalapa, Veracruz, México.

- Pathak, P. S; Rai, P; Roy, R. D. (1980). Forage production from koo-babool (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.). 1. Effect of plant density, cutting intensity and interval. *Forage Research* 6: 83-90.
- Pennington, T. D; Sarukhán, J. (1968). Manual para la identificación de campos de los principales árboles tropicales de México. México D. F: FAO - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.
- Peralta, M. A. (1979). Determinación de la distancia óptima de siembra de ramón (*Brosimum alicastrum*) en el suelo k'ankab. Yucatán, México. Informe anual sobre las labores del programa de forrajes del CAEUX. Manuscrito.
- Pérez, G. J. (1979). *Leucaena* leguminosa tropical mexicana, usos y potencial. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Pérez-Infante, F. (1986). Principales factores que afectan el pasto como alimento. En: Sistachs, M; Crespo, G; Febles, G; Herrera, R. S; Ruiz; T. E. eds. Los pastos en Cuba. Vol. 1. Producción. Segunda edición. EDICA. ICA. La Habana, Cuba: 753-784.
- Pérez, J. L; Sarukhan, J. (1970). La vegetación de la región de Pichucalco. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Publicación especial 5: 49-123.
- Pérez, P; Meléndez, P. (1980). The effect of height and frequency of defoliation on formation of buds of *Leucaena leucocephala* in the state of Tabasco, México. *Tropical Animal Production* 5: 278-282.
- Pérez, R. J; Zapata, B. G. (1995). Utilización del ramón (*Brosimum alicastrum* Sw) como forrajes en la alimentación de ovinos en crecimiento. *Agroforestería de las Américas*. 7: 17 - 21.
- Peters, C. M. (1983). Observations on maya subsistence and ecology of a tropical tree. *American Antiquity* 48: 610-615.
- Peters, C. M. (1991). Plant demography and the management of the tropical forest resources: A case study of *Brosimum alicastrum* in México. En A. Gómez-Pompa; T. C. Whitmore and M. Hadley eds. Rain forest regeneration and management. Vol 6. UNESCO. París, Francia

- Preston, T. R; Leng, R. A. (1990). Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Condrit, Cali, Colombia. 312 p.
- Quijano, Rosario; Rosado Cinthya; Gutierrez, Beatriz. (1996). Manual de Análisis de Alimentos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Ramachandran, P. K. (1993). An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers in cooperation with International Center for Research in Agroforestry (ICRAF). Netherlands. 499 p.
- Ramírez, C. L. (1998). Consumo, digestión ruminal y suministro de nitrógeno microbiano al deudeno en ovinos alimentados con pasto taiwan (*Pennisetum purpureum*) suplementados con follaje de árboles. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán. México.
- Ramos-Zamora, D. (1977). Morfología de los granos de polen de la familia Moraceae. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 36: 71 - 92.
- Rico-Gray, V; Gómez-Pompa A; Chan, C. (1985). Las selvas manejadas por los mayas de Yohaltun, Campeche, México. *Biótica* 10: 321-327.
- Rodríguez, A; Riley, Judith. and Thorpe W. (1985). Animal performance and physiological disturbances in sheep fed diets based on ensiled sisal pulp (*Agave fourcroydes*). 2. The effect of forage source and removal of short fibres. *Tropical Animal Production* 10: 32 - 38.
- Rodríguez, C. (1994). Efecto de la frecuencia de poda y nivel de fertilización nitrogenada, sobre el crecimiento y calidad de la biomasa de morera (*Morus sp*) en el trópico seco de Guatemala. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. CATIE. Compilado y editado por Benavides, J. E. 515 - 529.
- Roshetko, J. M.; Lantagne, D. O.; Gold, M. A. (1998). In vitro digestibility and nutritive value of the leaves of native, naturalized, and recently introduced tree species in Jamaica. In Daniel, J. N.; and Roshetko, J. M. edotors. Nitrogen fixing trees for fodderproduce. Proceedings of and international workshop. Forest, Farm

and Community Tree Research Reports (Special Issue). Fact Net, Winrock International, Morrilton, Arkansas, USA.

Russo, R. O. (1994). Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible. *Agroforesteria de las Américas* 2: 10-13.

Saiden, Hamana; Reyes, R; Capellillo Concepción. (1999). Manual de Técnicas Especiales en Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. 11-19.

Sandoval-Castro, C. A; Anderson, S and Leaver, J. D. (1999). Influence of milking and restricted suckling regimes on milk production and calf growth in temperate and tropical environments. *Animal Science*. 69: 287-296.

Santos, R. H; Abreu, J. E. (1995). Evaluación nutricia de la *Leucaena leucocephala* y del *Brosimum alicastrum* y su empleo en la alimentación de cerdos. *Veterinaria México*. 26: 51-57.

Sarukhan, K. J; Pennington, T. D. (1986). Árboles tropicales de México. FAO.

S.A.S. (1985). SAS user's guide: Statistics. Cary, USA, SAS Institute Inc. 629 p.

Semali, A; Syansimar, D; Manurung, T. (1983). Forage production of lamtoro (*Leucaena leucocephala*) at various cutting intervals. Proceedings. 5th World Animal Production Conference. Tokyo, Japan. P. 611-612.

Seresinhe, Thakshala; Manawadu, A. y Pathirana, K.K. (1998). Yield and nutritive value of three fodder legume species as influenced by the frequency of defoliation. *Tropical Agriculture* (Trinidad) 75: 337-341.

Skerman, P. J. (1977) Tropical forage legumes. FAO Plant production and Protection Series N 2. FAO, Rome, Italy. 609 p.

Snook, Ann; Santos, Victoria; Uc, C. y Diaz, Blanca. (1999). Land use dynamics: En Management of trees and land: Enabling farmers to develop agroforestry system in south-east México. Repot to the Ford Foundation of Advances up to 1998 from International Center for Research in Agroforestry. p. 5-7.

Somarriba, E. (1998). ¿Qué es Agroforestería?. En Jiménez, F. y Vargas, A. eds. Apuntes de clase del curso corto: Sistemas agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica: 1-14.

- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. (1985). Bioestadística, principios y procedimientos. Editorial Presencia Ltda. Segunda edición. Colombia.
- Stur, W.; Shelton, H. M.; Gutteridge, R. C. (1994). Defoliation and management of forage tree legumes. En: Gutteridge, R. C.; Shelton, H. M. eds. Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. Wallingford, G. B. CAB International: 144-157.
- Sumberg, J. E. (1985). A note on flowering and seed production in a young *Glinidia sepium* seed orchard. *Tropical Agriculture* 62: 17-19.
- Takahashi, M.; Ripperton, J. C. (1949). Koa haola (*Leucaena leucocephala*): its establishment, culture and utilization as a forage crop. Bulletin 100. Hawaii, Agriculture Experimental Station. 56.
- Theodorou, M. K.; Williams, B. A.; Dhanoa, M. S.; McAllan, A. B.; France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal feed science and technology*, 48: 185-197.
- Tineo, A.; Kass, J. F. D. L.; Ferreira, P. (1993). Evaluación de la pérdida de nutrientes del suelo por erosión hídrica, escorrentía y lixiviación en tierras agrícolas de ladera, San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica. En Manejo Integrado de Recursos Naturales. Resúmenes de la Semana Científica del CATIE: 131-133.
- Topark-Ngarm, A. (1983). Testing shrub legumes for forage crops in northeast Thailand. *Leucaena Research Reports*. NFTA 4: 77-78.
- Toral, Odalys; Iglesias, J. M.; Pentón, Gertrudis; Sánchez, Tania. (1999). Evaluación de árboles y arbustos forrajeros con potencial agrosilvopastoril en diferentes agroecosistemas de Cuba. VI encuentro internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. FAO
- Tzec, G. S. (1999). Producción y calidad del forraje de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) a diferente edad de rebrote. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

- Valdivia, S. V. (1996). Efecto del follaje de *Brosimum alicastum* Sw. sobre el consumo, degradación ruminal de *Panicum maximum* Jacq y suministro de nitrógeno microbiano al duodeno en ovinos. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Vandenbeldt, R. J. (1992). Agricultura en las zonas tropicales semiáridas. *Unasylva* 43: 41-47.
- Van Soest, P. J. (1982). Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, USA, O & B Books. 374 p.
- Voisin, A. (1962). Productividad de la hierba. Editorial Tecnos, S. A. Madrid.
- Yerena, F.; Ferreira, H. M.; Elliot, R.; Godoy, R y Preston, T. R. (1978). Digestibilidad del ramón (*Brosimum alicastrum*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) y pulpa de henequén (*Agave fourcroydes*). *Producción Animal Tropical*. 3: 70 - 73.

8. ANEXOS

Cuadro 8.1- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el rendimiento de MS en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	12.462	2	6.231	4.800	0.069
Intersección	4.200	1	4.200	3.235	0.132
Poda	8.829	1	8.829	6.802	0.048
Covarianza	0.798	1	0.798	0.615	0.469
Error	6.490	5	1.298		
Total	125.387	8			
Total corregido	18.953	7			

R cuadrado = 0.658 (R cuadrado corregido = 0.521)

Cuadro 8.2- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el número de brotes en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	1873.446	2	936.723	2.647	0.164
Intersección	101.043	1	101.043	0.286	0.616
Poda	411.776	1	411.776	1.164	0.330
Covarianza	1873.321	1	1873.321	5.294	0.070
Error	1769.429	5	353.886		
Total	28619.000	8			
Total corregido	3642.875	7			

R cuadrado = 0.514 (R cuadrado corregido = 0.320)

Cuadro 8.3- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el diámetro de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años

Fuente						
Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig		
Modelo corregido	2	0.001424	0.105	0.902		
Intersección	1	0.08872	6.529	0.051		
Poda	1	0.002769	0.204	0.671		
Covarianza	1	0.00003489	0.003	0.962		
Error	5	0.06794			0.01359	
Total	8	5.800				
Total corregido	7	0.07079				

R cuadrado = 0.040 (R cuadrado corregido = 0.344)

Cuadro 8.4- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el largo de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años

Fuente						
Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig		
Modelo corregido	2	177.148	1.299	0.351		
Intersección	1	92.752	0.680	0.447		
Poda	1	185.893	1.363	0.296		
Covarianza	1	256.295	1.880	0.229		
Error	5	681.705			136.341	
Total	8	78654.000				
Total corregido	7	1036.000				

R cuadrado = 0.342 (R cuadrado corregido = 0.079)

Cuadro 8.5- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para la relación hoja: tallo en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	0.07448	2	0.03724	0.814	0.505
Intersección	0.03442	1	0.03442	0.752	0.435
Poda	0.02089	1	0.02089	0.456	0.536
Covarianza	0.06628	1	0.06628	1.448	0.295
Error	0.183	4	0.04577		
Total	9.400	7			
Total corregido	0.258	6			

R cuadrado = 0.289 (R cuadrado corregido = 0.066)

Cuadro 8.6- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el rendimiento de MS en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	8.823	2	4.411	6.980	0.050
Intersección	0.346	1	0.346	0.547	0.501
Poda	0.634	1	0.634	1.002	0.373
Covarianza	4.682	1	4.682	7.408	0.053
Error	2.528	4	0.632		
Total	127.794	7			
Total corregido	11.351	6			

R cuadrado = 0.777 (R cuadrado corregido = 0.666)

Cuadro 8.7- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el número de brotes en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	2226.573	2	1113.287	2.336	0.192
Intersección	972.744	1	972.744	2.041	0.212
Poda	1908.685	1	1908.685	4.005	0.102
Covarianza	874.573	1	874.573	1.835	0.234
Error	2382.927	5	476.585		
Total	61394.000	8			
Total corregido	4609.500	7			

R cuadrado = 0.483 (R cuadrado corregido = 0.276)

Cuadro 8.8- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el diámetro de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	0.004692	2	0.002346	1.029	0.422
Intersección	0.03901	1	0.03901	17.12	0.009
Poda	0.00009963	1	0.00009963	0.044	0.843
Covarianza	0.004680	1	0.004680	2.053	0.211
Error	0.1140	5	0.022279		
Total	3.811	8			
Total corregido	0.01609	7			

R cuadrado = 0.292 (R cuadrado corregido = 0.008)

Cuadro 8.9- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el largo de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 4.5 años

Fuente					
Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig	
Modelo corregido	2	0.003398	0.282	0.765	
Intersección	1	0.112	9.302	0.028	
Poda	1	0.006432	0.534	0.498	
Covarianza	1	0.0001863	0.015	0.907	
Error	5	0.06019	0.01204		
Total	8	7.536			
Total corregido	7	0.06699			

R cuadrado = 0.101 (R cuadrado corregido = 0.258)

Cuadro 8.10- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para relación hoja. tallo en la poda a ocho meses de ramón de 6.5 años

Fuente					Suma de cuadrados		Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido		0.04708	2	0.02354	0.745	0.521				
Intersección		0.09215	1	0.09215	2.918	0.148				
Poda		0.00226	1	0.00226	0.072	0.800				
Covarianza		0.04388	1	0.04388	1.389	0.292				
Error		0.15800	5	0.03158						
Total		10.062	8							
Total corregido		0.205	7							

R cuadrado = 0.230 (R cuadrado corregido = 0.078)

Cuadro 8.11- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el rendimiento de MS en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	621.095	2	310.547	3.689	0.104
Intersección	181.075	1	181.075	2.151	0.202
Poda	54.423	1	54.423	0.646	0.458
Covarianza	379.095	1	379.095	4.503	0.087
Error	420.097	5	84.181		
Total	6876.162	8			
Total corregido	1042.002	7			

R cuadrado = 0.596 (R cuadrado corregido = 0.434)

Cuadro 8.12- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el número de brotes en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	120388.972	2	60194.486	1.606	0.289
Intersección	5677.253	1	5677.253	0.152	0.713
Poda	96640.413	1	96640.413	2.579	0.169
Covarianza	95524.472	1	95524.472	2.549	0.171
Error	187360.528	5	37472.106		
Total	3400334.000	8			
Total corregido	307749.500	7			

R cuadrado = 0.391 (R cuadrado corregido = 0.148)

Cuadro 8.13- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el diámetro de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	0.154	2	0.07699	0.888	0.468
Intersección	0.265	1	0.265	3.055	0.141
Poda	0.152	1	0.152	1.754	0.243
Covarianza	0.01087	1	0.01087	0.125	0.738
Error	0.434	5	0.08672		
Total	6.978	8			
Total corregido	0.588	7			

R cuadrado = 0.262 (R cuadrado corregido = 0.033)

Cuadro 8.14- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para el largo de los brotes en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	0.238	2	0.119	1.502	0.308
Intersección	0.02967	1	0.02967	0.375	0.567
Poda	0.07736	1	0.07736	0.976	0.368
Covarianza	0.08681	1	0.08681	1.096	0.34
Error	0.396	5	0.07923		
Total	9.879	8			
Total corregido	0.634	7			

R cuadrado = 0.375 (R cuadrado corregido = 0.126)

Cuadro 8.15- Análisis de covarianza entre sistemas de poda para la relación hoja: tallo en la poda a ocho meses de ramón de 8.5 años

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig
Modelo corregido	0.06456	2	0.03228	1.142	0.405
Intersección	0.06751	1	0.06751	2.389	0.197
Poda	0.05506	1	0.05506	1.948	0.235
Covarianza	0.0047937	1	0.0047937	0.175	0.697
Error	0.113	4	0.02826		
Total	8.005	7			
Total corregido	0.178	7			

R cuadrado = 0.342 (R cuadrado corregido = 0.079)