

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

**EVALUACION DEL POTENCIAL FORRAJERO DE ESPECIES LEÑOSAS NATIVAS
DE BOSQUES SECUNDARIOS EN EL PETEN, GUATEMALA.**

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

Magister Scientiae

por

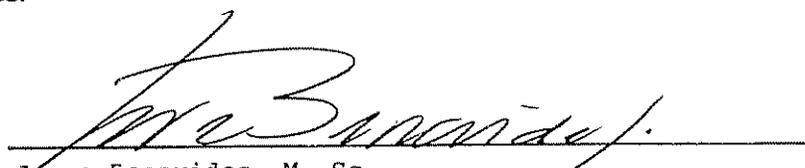
SALVADOR HERNANDEZ DAUMAS

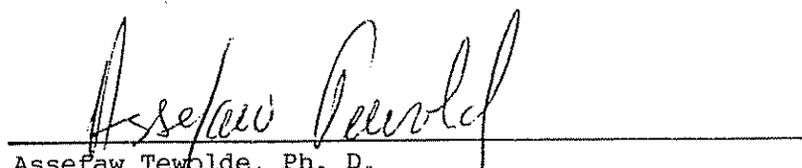
*Turrialba, Costa Rica
1993*

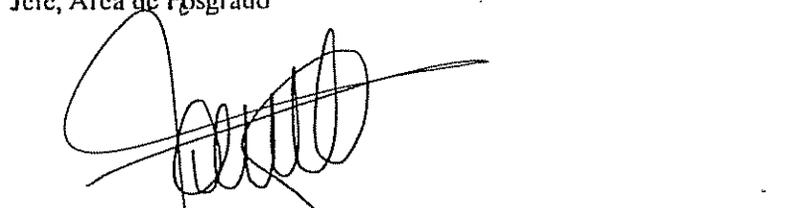
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

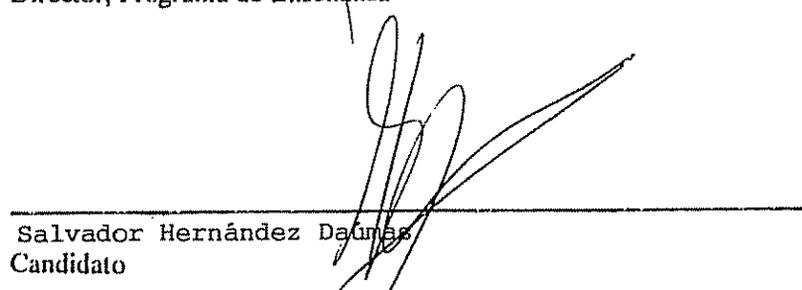
MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:


Jorge Benavides, M. Sc.
Profesor Consejero


Assefaw Tewolde, Ph. D.
Jefe, Area de Posgrado


Ramón Lastra, Ph. D.
Director, Programa de Enseñanza


Salvador Hernández Dañes
Candidato

A los campesinos pobres de México y El Petén.

A Patricia Herrera, cuando teníamos 26 años.

AGRADECIMIENTO:

A Marta Daumas (mi madre), a Tomás Schichter, al Dr. Ramón Lastra, a Jorge Benavides, a Guillermo Detlefsen, a Reginaldo Reyes.

Al Gobierno de los Países Bajos,
al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México,
al Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en
Centroamérica (OLAFO).

A muchos otros que estoy omitiendo sin querer...

CONTENIDO

Resumen	vii
Summary	ix
I. Introducción	1
II. Revisión de literatura	4
2.1 El rol del árbol en los sistemas silvopastoriles	4
2.2 Problemática en regiones de frontera agrícola	8
2.2.1 El contexto económico	8
2.2.2 El contexto ecológico	9
2.2.3 Pérdida de la capacidad productiva del suelo	11
2.3 Evaluación del potencial forrajero	12
2.3.1 Cualidades de los árboles forrajeros	12
2.3.2 Aceptabilidad y selectividad	16
2.3.3 Composición bromatológica, digestibilidad y consumo voluntario	17
2.3.4 Comportamiento productivo y reproductivo	21
2.3.5 Respuesta animal	23
2.4 Metodologías de evaluación del potencial forrajero	26
III. Materiales y métodos	32
3.1 Estimación preliminar del potencial forrajero	33
3.1.1 Composición florística	33
3.1.1.1 Definición de la zona de estudio	33
3.1.1.2 Tamaño de las unidades muestrales	36
3.1.1.3 Toma de datos	36
3.1.2 Selectividad por ovinos en pastoreo	39
3.1.3 Valoración de la aptitud forrajera	40
3.1.4 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y proteína cruda	42
3.2 Consumo voluntario por ovinos en corral	43
3.3 Capacidad de germinación de estacas	44
3.4 Germinación	45
3.5 Producción de biomasa y capacidad de rebrote	46

IV. Resultados y discusión	48
4.1 Composición florística	48
4.2 Preferencia por ovinos en pastoreo	57
4.3 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca y proteína cruda	61
4.4 Consumo voluntario por ovinos en corral	64
4.5 Capacidad de germinación de estacas	67
4.6 Germinación	69
4.7 Rebrote y producción de biomasa	71
4.8 Discusión sobre los resultados y la metodología	74
4.8.1 Valor forrajero	74
4.8.2 Metodología utilizada	76
V. Conclusiones	79
VI. Recomendaciones	80
VII. Literatura citada	83
Anexo 1	93
Anexo 2	97
Anexo 3	99

RESUMEN

El desarrollo de alternativas tecnológicas que permitan incrementar los ingresos y el nivel de vida de la población local, como estrategia de conservación de los recursos naturales, es el contexto que enmarca el presente estudio.

Se presentan los resultados de una caracterización forrajera del follaje de árboles nativos de bosques secundarios, basandose en la pauta metodológica de investigación en árboles forrajeros del CATIE. Este trabajo se realizó en el área demostrativa del Proyecto OLAFO, en El Petén, Guatemala.

Se determinó la importancia forrajera de cada especie, utilizando los valores de frecuencia de consumo y cobertura vegetal, con este índice se estima la oportunidad de selección por ovinos en pastoreo. Se analizó la digestibilidad (DIVMS) y el contenido de proteína cruda (Kjeldahl) de los forrajes preferidos por los animales. Posteriormente, ocho de las especies con valores más altos de preferencia en pastoreo y calidad nutricional fueron sometidas a una prueba de consumo en corral, encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre especies. Los forrajes más consumidos fueron *Cecropia peltata* (Guarumo) y *Brosimum alicastrum* (Ramón blanco) con niveles de 2.14 y 2.03 % del peso vivo por día respectivamente. Se evaluó el comportamiento silvicultural de algunas especies mediante pruebas de germinación de semillas sexuales, germinación de estacas, capacidad de rebrote y producción de biomasa. Se encontró que sólo las semillas de *B. Alicastrum* germinan al ser sembradas sin algún tratamiento de escarificación. Únicamente *Spondias mombin* (Jobo) produjo yemas germinativas al ser plantado mediante estacas tradicionales. Todas las especies mostraron capacidad de rebrote al ser podadas totalmente en crecimiento natural. La producción promedio máxima de biomasa en un corte, relizado 100 días después de la poda fue de 72.8, 232.1, 204.6, 156.3, 0.0, 59.3 y 344.7 gr MS/planta para *Ficus yoponensis* (Amate), *Lonchocarpus guatemalensis* (Chaperno), *S. mombin*, *Dendropanax arboreus* (Mano de león), *B. alicastrum*, *Trophis racemosa* (Ramón colorado) y *Hamelia patens* (Chichipince) respectiva-

mente. Estos resultados fueron obtenidos en parcelas naturales bajo condiciones de alta competencia por luz solar y nutrientes.

Los resultados del presente estudio fundamentan el desarrollo de sistemas de producción con base en recursos forrajeros locales. *B. alicastrum*, *H. patens*, *Bursera simaruba*, *Guazuma ulmifolia* y algunas otras, son especies con amplia cobertura, son aceptados por rumiantes mayores y menores y tienen buen valor nutritivo. Se concluye que existe una amplia lista de especies promisorias para la alimentación de rumiantes menores pero que es necesario determinar su potencial productivo, sus requerimientos nutricionales, los mecanismos de manejo agronómico, respuesta animal y contenido de sustancias tóxicas.

SUMMARY

The development of technologic alternatives in order to increase the income and life level of inhabitants as a strategy of natural resources conservation is the context which frames the present study.

Results of a fodder characterization of trees from secondary succession are presented, on the basis of the CATIE's methodological guide for research on fodder trees and shrubs.

Fodder Importance Index for each species are determined, applying consumption frequency and abundance values. With these index, selection opportunity for pasturing sheeps was estimated. Dry matter digestibility (IVDMD) and crude protein (Kjeldahl) of high preference level forages were analyzed. Thereinafter eight of the highest preference and nutritive values species were submitted to a voluntary intake test as a supplement for pasturing sheeps on *Cynodon nlemfuensis*, where were found significative differences ($p < 0.05$) between species. *Cecropia peltata* (Guarumo) and *Brosimum alicastrum* (Ramón blanco) were reach the highest intake level, with 2.14 and 2.03% life weight/day respectively. Silvicultural behavior of some species were evaluated by means of germination assays, stakes shoting, sprout capability and biomass production. Only *B. alicastrum* seeds did germinate and this could be due to the lack of a scarification process in case of the other species. Only *Spondias mombin* (Jobo) stakes shoted when they were planted by traditional stakes. All species showed sprout capability when they were pruned in natural conditions. Average biomass production in a 100 days period was 72.8, 232.1, 204.6, 156.3, 0.0, 59.3 y 344.7 gr DM/plant for *Ficus yoponensis* (Amate), *Lonchocarpus guatemalensis* (Chaperno), *S. mombin*, *Dendropanax arboreus* (Mano de león), *B. alicastrum*, *Trophis racemosa* (Ramón colorado) and *Hamelia patens* (Chichipince) respectively. These results were obtained in natural plots, under strong light and nutrients competence conditions.

This results ground the development of production systems based on local fodder resources. *B. alicastrum*, *H. patens*,

Bursera simarouba (Ch'cah), *Guazuma ulmifolia* (Caulote) and some other, are species with wide cover, are accepted by major and minor ruminants and have good nutritional value. There is a wide list of promissory species for little ruminant feeding, but it is necessary to determine their productive potential, their nutritional requirements, agronomy, animal response and toxic substances content.

INDICE DE CUADROS

1. Especies leñosas reportadas como forrajeras para rumiantes menores en el Istmo Centroamericano	14
2. Producción anual de biomasa de <i>E. poeppigiana</i> podada a diferentes frecuencias en una plantación de café en Costa Rica	22
3. Producción de leche de cabras alimentadas con <i>P. purpureum</i> x <i>P. typhoides</i> suplementadas con diferentes niveles de <i>E. poeppigiana</i> y <i>Musa</i> sp. CV "Pelipita"	25
4. Sitios y número de árboles utilizados en la medición de capacidad de rebrote y producción de biomasa	45
5. Número de especies por parcela y total de especies leñosas encontradas en diferentes comunidades vegetales en El Petén, Guatemala	47
6. Especies leñosas que sólo fueron encontradas en un tipo de comunidad vegetal, en El Petén, Guatemala	48
7. Promedios de cobertura y densidad de población de las especies leñosas nativas de los bosques secundarios en El Petén, Guatemala	50
8. Coordenadas de cada ecosistema a lo largo de los cuatro primeros ejes componentes principales para la densidad de las especies	52
9. Coeficiente de correlación para el primer eje componente principal y la densidad de especies leñosas de potreros abandonados	55
10. Índice de preferencia por ovinos en pastoreo e importancia forrajera de especies leñosas en bosques secundarios	56
11. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS) y Proteína Cruda (PC) de follajes arbóreos consumidos por ovinos en El Petén, Guatemala	59

12. Promedios de consumo voluntario de ocho especies leñosas por ovinos en corral	63
13. Brote de estacas de especies con potencial forrajero	65
14. Germinación de semillas de especies con potencial forrajero	68
15. Diámetro promedio a la altura del pecho y promedio de biomasa producida en 100 días de crecimiento en condiciones natural	69
16. Efecto del DAP sobre la producción de biomasa de una poda en condiciones de crecimiento natural	70
17. Biomasa producida después de una poda total en <i>Hamelia patens</i> en condiciones de crecimiento natural	71

INDICE DE FIGURAS

1. Pauta metodológica del CATIE para la investigación en árboles forrajeros 28
2. Area demostrativa del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible en El Petén, Guatemala y ubicación de las parcelas estudiadas 34
3. Diseño de cuadrado latino incompleto utilizado en el ensayo de consumo voluntario 42
4. Distribución de los diferentes ecosistemas a lo largo del primer y tercer ejes componentes principales 53
5. Distribución de los diferentes ecosistemas a lo largo del segundo y cuarto ejes componentes principales 53

- Aunque no se conozca, existe el número de las estrellas y el número de los granos de arena. Pero lo que existe y no se puede contar y se siente aquí adentro, exige una palabra para decirlo. Esta palabra, en este caso, sería inmensidad. Es como una palabra húmeda de misterio. Con ella no se necesita contar ni las estrellas ni los granos de arena. Hemos cambiado el *conocimiento* por la *emoción*: que es también una manera de penetrar en la verdad de las cosas.

JACINTO CANEK

I. INTRODUCCION:

La valorización de especies forestales no tradicionales mediante su transformación en bienes aprovechables directamente, o mediante su comercialización, puede ser una vía promisoría para el mejoramiento del nivel de vida de las comunidades humanas que habitan dentro o cerca de los bosques tropicales. Estos ecosistemas son capaces de soportar más carga racionalizando y diversificando su aprovechamiento. Esto es de fundamental importancia si se le mira sobre la base de las expectativas económicas de la población que depende directamente de ellos.

Partiendo del hecho de que los recursos productivos con que cuenta el campesino son su trabajo y el medio en que habita, el desarrollo de técnicas apropiadas para la explotación de los productos del bosque le pueden permitir mejorar sus condiciones de vida.

En un mundo donde predomina la economía de mercado, la conservación de los recursos naturales debe enfocarse, no sólo desde el punto de vista biológico, sino también desde la perspectiva económica. El manejo racional y productivo de los recursos naturales parece ser la única alternativa viable para la conservación, ya que involucra la satisfacción de las necesidades de la población local y por lo tanto sitúa a los productores en el papel de guardianes de estos recursos para su propio desarrollo.

Uno de los principales elementos para el desarrollo de las familias campesinas es el mejoramiento de la calidad de su dieta. La incorporación de productos de origen animal como la leche y sus derivados, permite incrementar los niveles de proteína de alta calidad en la alimentación. Asimismo, estos productos tienen aceptación a nivel de la cultura alimentaria de las familias campesinas y has demostrado su factibilidad como actividad complementaria de la economía de autoabasto. Esto es posible cuando la actividad se introduce mediante tecnologías de bajos insumos, tales como las que se han desarrollado bajo algunos sistemas agroforestales. Adicionalmente, la incorporación de especies leñosas perennes en los procesos agrícolas, permite alargar la vida útil de las parcelas, ya que con ordenamientos espaciales adecuados, los árboles previenen la erosión, aceleran el reciclaje de nutrientes e incrementan la disponibilidad de agua para los cul-

tivos. Ciertas especies de árboles, tienen funciones económicas directas como la producción de forraje.

Con base en lo anteriormente señalado, el presente trabajo persigue los siguientes objetivos:

1. Valorizar los recursos del bosque secundario en términos del potencial forrajero de las especies leñosas existentes.

2. Generar información útil para el desarrollo de alternativas de uso sostenido, que permita la diversificación económica y el mejoramiento de la calidad de vida de la población local.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL ROL DEL ARBOL EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

Pineda (1988) argumenta el valor estratégico de los forrajes arbóreos como alternativa económica ante los niveles de inversión que demanda una adecuada alimentación animal. Tales niveles son restrictivos para productores de escasos recursos o bajo condiciones ambientales adversas.

Torres (1985) plantea que el rol de las leñosas en los sistemas agrosilvopastoriles y silvopastoriles tiene dos vertientes: la productiva (leña, frutos, forraje, cercos vivos, etc.) y la de servicio o de beneficios intangibles (relaciones interfespecíficas con las herbáceas forrajeras u otros cultivos asociados, la protección mecánica a las herbáceas y al mismo ganado, reciclaje de nutrimentos, etc.).

Con respecto a la producción animal, el valor de los forrajes arbóreos está dado por su rol como fuente de nitrógeno, energía, minerales y vitaminas suplementarios. Esto representa una alternativa económica con la que es posible transitar de una situación de subsistencia a una eventual respuesta en producción de leche y ganancia de peso (Devendra, 1989; Torres, 1985; Pineda, 1988).

Algunas de las posibles ventajas del aprovechamiento de forrajes arbóreos apuntadas por Devendra (1989) son:

- accesibilidad a nivel de finca
- diversificación de la dieta
- reducción de los costos de alimentación, en especial aquellos correspondientes a los concentrados
- efecto laxante en el sistema alimentario

Valencia (1991) enumera algunas de las ventajas del pastoreo en áreas arboladas para tal efecto, como son:

- el aprovechamiento de áreas marginales
- la extensión de la estación de pastoreo
- el amortiguamiento del impacto de los animales dentro del ecosistema, pues los árboles retienen una parte de la biomasa y nutrimentos disponibles, impidiendo su movilización demasiado rápida.

La importancia de las leñosas en la dieta de rumiantes menores está documentada en toda la franja tropical. En África del norte, por ejemplo, el ramoneo sustenta el 60 - 70 % de la producción y los forrajes arbóreos representan hasta un 40 % de la disponibilidad total de forraje de la región (Devendra, 1989). Tal importancia se acentúa en las regiones áridas y semiáridas y en situaciones de déficit forrajero, gracias a que su sistema radicular más profundo las hace

menos susceptibles a cambios estacionales (Trollope, 1981; citado por Torres, 1985). Calub (1991) añade al concepto del uso de árboles para suplementar la dieta de rumiantes, especialmente durante la estación seca, su papel fundamental para prevenir la erosión en las pendientes y el sobrepastoreo.

En un análisis de varios trabajos en Asia, Devendra (1989) concluye que el valor potencial del uso de suplementos forrajeros arbóreos con rumiantes se resume en los siguientes aspectos:

- incremento consistente en la producción de leche y ganancia de peso de los animales
- reducción en los costos de producción
- tendencia a aumentar la velocidad de arado en animales de tiro

En cuanto a la relación árbol-pastura, Bronstein (1984) en Costa Rica, trabajando con una asociación de laurel (*Cordia alliodora*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y una de poró (*Erythrina poeppigiana*) y pasto estrella, encontró que la producción de biomasa del pasto fue mayor bajo la influencia de los árboles que en monocultivo, incluso en el caso de la que no fija nitrógeno (9.3, 4.9 y 2.6 ton/ha para los socios *E. poeppigiana*, *C. alliodora* y el testigo sin árboles respectivamente). Colateralmente las parcelas arboladas sufrieron menor incidencia de malezas. Asimismo, debido al

reciclaje de nutrimentos producto de la poda y caída natural de hojas y ramas, así como a la fijación de nitrógeno (en el caso de *E. poeppigiana*) se favoreció el crecimiento del pasto a pesar de la menor incidencia de radiación solar sobre éste (60 % del testigo). En ese mismo trabajo se reportó un aumento significativo en el contenido de proteína cruda del pasto asociado con *E. poeppigiana* comparado con la parcela que incluía *C. alliodora* y el testigo (9.5, 6.4 y 6.1 % respectivamente).

Algunos de los efectos benéficos del árbol están dados por la sombra moderada y la poda y caída natural de hojas como medio de fertilización nitrogenada (Bronstein, 1984).

Libreros (1990) encontró que la adición de material de poda de *E. poeppigiana* sobre el suelo, incrementó la producción de pasto en términos de materia seca, materia seca digestible y proteína cruda del pasto. En cambio, cuando todo el material de poda se exporta, en este tipo de asociaciones, el balance de nutrimentos diferentes al nitrógeno no es tan favorable como en el caso en que el material de poda es dejado sobre el terreno. Análisis de potasio, fósforo y magnesio reportados por Rodríguez (1985) indican importantes descensos debidos a la exportación de biomasa cosechada en una asociación *E. poeppigiana* con *Pennisetum purpureum P.typhoides*.

Blair (1989) sugiere que los programas de mejoramiento forrajero deben basarse en la maximización del uso de recursos alimentarios básicos, tales como rastrojos y bagazos y en la suplementación con ingredientes ricos en nitrógeno como las leguminosas. Devendra (1989) añade a este planteamiento la intensificación de los sistemas productivos, mediante la estabulación y una estrategia de corte y acarreo del forraje. En la India, por ejemplo, durante 14 años, el déficit alimentario disminuyó de 37.6 a 32.5 % en términos de energía metabolizable y de 61.9 a 54.0 % en proteína cruda digestible debido al aprovechamiento de follajes arbóreos y a la intensificación de los sistemas de producción (Devendra, 1989; tomado de Reddy, 1987). Este último también remarca la necesidad de investigar estrategias de manejo para balancear la calidad y cantidad de forraje en dos dimensiones: entre la productividad y la estabilidad y entre el pastoreo y el ramoneo.

2.2 PROBLEMATICA EN REGIONES DE FRONTERA AGRICOLA

2.2.1 EL CONTEXTO ECONOMICO

La rápida invasión de los bosques tropicales por la agricultura y la ganadería es consecuencia de la escasez de tierra en las zonas más antiguamente pobladas. En el caso de El Petén, este fenómeno se ha dado por el mejoramiento de la infraestructura de comunicación y por la política de reparto agrario del gobierno (Leonard, 1986). El mismo autor, citando

a James y Minkel (1985) refiere que el gobierno guatemalteco ha implementado un programa masivo de inversión en infraestructura y distribución gratuita de tierras para asegurar el asentamiento de población en El Petén y la Franja Transversal del Norte. La pavimentación del nuevo camino a El Petén y la construcción de un puente sobre el Río Dulce, han hecho de la ganadería y la agricultura, actividades comerciales tentadoras, al facilitar la extracción de sus productos al mercado.

2.2.2 EL CONTEXTO ECOLOGICO

La colonización que el campesino hace de las selvas tropicales húmedas, se da comúnmente mediante el sistema de roza-tumba-quema, el cual conforme pasa el tiempo se va modificando hasta convertirse en una agricultura de tipo permanente (Toledo, 1976). Según este autor, ecológicamente el hombre lleva a cabo las siguientes modificaciones:

- disgregación del componente biótico (y desaparición de una gran cantidad de especies),
- utilización del componente edáfico y macroclimático,
- introducción de elementos bióticos domesticados.

De esta forma también ocurren los siguientes fenómenos colaterales por la sola remoción del componente biótico:

- aumento aparente del promedio anual de temperatura máxi-

- ma del aire y mayor amplitud de la oscilación térmica del aire y del suelo y
- cambios en algunas características fisicoquímicas del suelo como el pH y el contenido de materia orgánica.

La falta de mecanismos de autorregulación del agroecosistema (salvo el trabajo) y la relativamente alta capacidad de regeneración del bosque tropical húmedo, hacen que el campesino dedique una cantidad de energía a la preservación del sistema, aunque escapan de su control las pérdidas por lixiviación. Las causas de abandono subsecuente de terrenos dedicados a pastoreo se deben usualmente a la acción conjunta de varios factores, entre los que destacan la compactación del suelo, la invasión de malezas, la pérdida progresiva de nutrientes y la erosión (Budowski, 1983).

El abandono trae consigo, dentro de ciertos límites, la restitución del ecosistema o sucesión secundaria (Toledo, 1976). Dentro de este contexto, Gómez-Pompa y Rico (1976) afirman que es importante conocer el comportamiento de las especies secundarias, el cual es diferente al de las primarias, ya que aquellas en general son heliófitas y de rápido crecimiento. Además, sus semillas son viables durante mucho tiempo, se producen en abundancia y sus mecanismos de dispersión son muy eficientes.

2.2.3 PERDIDA DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO

La mayoría de los bosques secundarios del trópico americano, son producto del abandono de tierras que fueron utilizadas para cultivos agrícolas o ganadería. Budowski (1983) señala que el proceso se inicia comúnmente con algunos años de cultivo (de uno a tres) y luego sigue un periodo más largo de pastos. La baja potencialidad agrícola (determinada fundamentalmente por factores edáficos) de las regiones tropicales de baja altitud, provoca que las comunidades humanas se trasladen periódicamente hacia sitios de mayor productividad. También provocan que la población sea pequeña e inestable, dando lugar a una ausencia de especialización entre los individuos y finalmente determinando un avance tecnológico mínimo y muy lento (Toledo, 1976).

Luego del abandono, se presenta el proceso de regeneración natural de la cobertura vegetal, que se presenta en una sucesión de etapas, las cuales se caracterizan por el tipo de especies que las dominan. Las primeras tres están respectivamente dominadas por hierbas y arbustos, seguidos por árboles heliófitos efímeros (intolerantes a la sombra y con longevidades hasta de diez o quince años) y por árboles heliófitos durables (intolerantes a la sombra y de 50 hasta 150 años de vida). Los individuos de los tres grupos ecológicos se establecen alrededor del inicio de la sucesión, pero el efecto

sucesional se da por las diferentes velocidades de crecimiento, madurez y decaimiento de cada grupo (Finegan, 1992).

Las características de rápida colonización de los abandonos agrícolas, la mayor relación hoja/tallo y la alta tasa reproductiva, hacen de los árboles que dominan los primeros estadios sucesionales, un reservorio de especies con algún potencial silvicultural. Estas especies poseen la siguiente característica: tasa fotosintética hasta de 20-25 mg CO₂/dm² h, (en comparación con los 10-15 mg CO₂/dm² h de bosques no perturbados, Kira y Kumura, 1983).

2.3 EVALUACION DEL POTENCIAL FORRAJERO

2.3.1 CUALIDADES DE LOS ARBOLES FORRAJEROS

Ivory (1989) expone que el uso de forrajes de leñosas ha sido una tradición histórica, aprovechando especies generalmente más apetecibles que las herbáceas y de valor nutritivo razonable, para subsanar carencias en épocas de escasez. Una ventaja adicional de las leñosas, es que a diferencia de las herbáceas, la digestibilidad y la proteína de las hojas casi no varían a través de las estaciones (Wilson, 1977).

Las especies leñosas forrajeras que han despertado mayor interés son las leguminosas, esto se debe a sus ventajas adicionales a la producción de forraje, entre las que destacan

la capacidad de asociación con bacterias nitrificantes y su utilización como abono verde (Devendra, 1989; Ivory, 1989). Las especies no leguminosas son normalmente aprovechadas en su ambiente natural y rara vez, si acaso, han sido plantadas como forrajeras. Recientemente, el CATIE ha venido desarrollando proyectos de evaluación y validación de algunas leñosas forrajeras en Costa Rica. Entre ellas destacan *Morus* sp., *Hibiscus rosacinensis*, *Cnidocolus* sp., *Spondias purpurea* (Araya, 1991; Rojas y Benavides, 1992; Benavides y Lachaux, 1992) y *Malvabiscus arboreus* (Hernández y Benavides, datos no publicados).

A pesar del gran número de leguminosas leñosas con potencial para la alimentación animal, son sólo pocas las especies que han sido investigadas con profundidad. Destacan las pertenecientes a los géneros *Acacia*, *Calliandra*, *Gliricidia*, *Leucaena*, *Sesbania*, *Prosopis* (Ivory, 1989) y *Erythrina* (Benavides, 1983).

Blair (1989) presenta un listado de 269 especies y 78 géneros de leñosas con potencial forrajero, compendiadas de los trabajos de Skerman (1977), ILCA (1985), Brewbaker (1986) y Turnbull et al. (1986). Dentro de las cuales, existen varias no fijadoras de nitrógeno y que sin embargo son altamente productivas como: *Bauhinia* sp., *Cassia* sp., *Ceratonia* sp., *Cerdicium* sp., *Gleditschia* sp. y *Parkinsonia* (entre las leguminosas) y *Artemisa* sp., *Arthrocarpus* sp., *Atriplex* sp.,

Azidirachta sp., *Ficus* sp., *Haloxilon* sp., *Morus* sp. y *Quercus* sp.

En Centroamérica existe un conjunto importante de especies con potencial forrajero. Araya (1991) registró mediante una encuesta un listado de 52 árboles y arbustos reportadas por productores en el trópico seco de Costa Rica. Benavides (1983, 1991), Mendizábal (1991) y otros autores han contribuido también a documentar la flora forrajera arborescente de Centroamérica (Cuadro 1).

Las características agronómicas que son relevantes para determinar el potencial forrajero de árboles y arbustos dependen del tipo de productor y del sistema de producción, así como de la existencia de forrajes alternativos (Ivory, 1989).

Entre las características agronómicas más importantes están:

- alta relación hoja-tallo
- alta tasa de crecimiento
- facilidad de establecimiento (adecuada producción de semilla o propagación vegetativa)
- buena competitividad contra malezas (particularmente durante el establecimiento)

Cuadro 1. Especies leñosas reportadas como forrajeras para rumiantes menores en el Istmo Centroamericano.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	FUENTE
<i>Acacia farnesiana</i>	Subín	Benavides (1991)
<i>Acnistus arborecens</i>	Güitite	Araya (1991)
<i>Alnus</i> sp.	Aliso	Benavides (1983)
<i>Boudeya nivea</i>	Salvia	Benavides (1991)
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco	Pineda (1988)
<i>Bursera simaruba</i>	Jiote	Araya (1991)
<i>Caesalpinia velutina</i>	Aripín	Benavides (1983)
<i>Cassia laevigata</i>	Candelillo	Araya (1991)
<i>Cassia siamea</i>	Siamea	Araya (1991)
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Araya (1991)
<i>Cordia alba</i>	Upay	Benavides (1983)
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Pito	Mendizábal (1991)
<i>E. costarricensis</i>	Poró criollo	Araya (1991)
<i>Ficus costarricana</i>	Higuerón	Araya (1991)
<i>Ficus glabrata</i>	Amate	Benavides (1983)
<i>Ficus padifolia</i>	Cush	Aguilar (1946)
<i>Gliricidia sepium</i>	Madre cacao	Benavides (1983)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	Araya (1991)
<i>H. appendiculatus</i>	Burío	Araya (1991)
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Clavelón	Araya (1991)
<i>Inga paterna</i>	Paterna	Aguilar (1946)
<i>Inga</i> sp.	Cuajinicuil	Araya (1991)
<i>Inga</i> sp.	Guaba	Araya (1991)
<i>Malvabiscus arboreus</i>	Amapola	Araya (1991)
<i>Melilotus indica</i>	Alalfa de vara	Mendizábal (1991)
<i>Cnidocolus</i> sp.	Chicasquil	Araya (1991)
<i>Opuntia</i> sp.	Nopal	Aguilar (1946)
<i>Pithecelobium dulce</i>	Chaguay	Benavides (1983)
<i>Prosopis juliflora</i>	Mezquite	Aguilar (1946)
<i>Quercus benthamii</i>	Encino	Benavides (1983)
<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo	Mendizábal (1991)
<i>Roupala complicata</i>	Zorrillo	Benavides (1991)
<i>Sambucus canadiensis</i>	Sauco amarillo	Benavides (1991)
<i>Sambucus mexicanus</i>	Sauco negro	Araya (1991)
<i>Senecio salignus</i>	Chilca	Benavides (1991)
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	Pineda (1988)
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Araya (1991)
<i>Threma mycranta</i>	Capulín	Araya (1991)
<i>Verbesina</i> sp.	Tora	Araya (1991)

- adaptación a las condiciones climáticas y edáficas particulares del sitio
- demanda de fertilización escasa o nula
- resistencia a plagas y enfermedades locales

2.3.2 ACEPTABILIDAD Y SELECTIVIDAD

La aceptabilidad de los forrajes por el ganado es el atributo indispensable que garantiza que el follaje sea consumido en niveles satisfactorios para que el animal exprese su potencial y por lo tanto para que una especie sea considerada como forrajera. Es interesante notar que esta característica no va ligada necesariamente a la calidad bromatológica. Wilson (1977) encontró que forrajes con alto contenido de nitrógeno y materia orgánica digestible como *Geigera parviflora*, no son consumidos por el ganado, mientras que *Casuarina cristata*, con sólo 6.5 % de proteína cruda y baja digestibilidad, es muy aceptado por ovinos y caprinos en jaula metabólica.

En cambio, el mismo autor correlaciona directamente los valores de energía con la aceptabilidad y afirma que en el caso de los forrajes arbóreos aparentemente no es aplicable el supuesto de que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) es un buen indicador de la energía digestible como en el caso de las herbáceas. Este autor basa su razonamiento en el entendido de que el follaje de las leñosas pre-

senta mayores niveles de lignina que las forrajeras herbáceas. Argumenta que Van Soest (1965) encontró que la posible relación entre el consumo voluntario y la digestibilidad de la materia seca es función de la energía digestible de los constituyentes de la pared celular. Forrajes de alta digestibilidad de la pared celular presentan consumos que aparentemente no están relacionados a esa variable. Mientras que con forrajes de pared celular menos digestible, se observa mayor correlación negativa con el consumo. Esta afirmación es discutible considerando los planteamientos de Malechek y Provenza (1983), quienes afirman que la aceptabilidad del follaje de las leñosas, no está tan directamente asociada con la cantidad de energía que proporciona, sino con la presencia de metabolitos secundarios que le confieran sabor u olor.

2.3.3 COMPOSICION BROMATOLOGICA, DIGESTIBILIDAD Y CONSUMO VOLUNTARIO

El valor nutritivo está determinado por tres variables: la calidad bromatológica, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y el consumo. Es decir que el valor nutritivo de cualquier forraje no depende sólo de su composición química, sino también de la cantidad consumida y asimilada por el animal (Torres, 1985).

Torres (1985), basado en los trabajos de Wilson (1977) y Wilson y Harrington (1980) afirma que rara vez las especies de mayor digestibilidad tienen niveles de consumo elevados,

tal vez por su baja palatabilidad, lo cual puede contribuir a que no sean ramoneadas en exceso. Provenza y Balph (1987) sugieren que el animal selecciona sus bocados **evitando** ingerir las partes de la planta que contienen altos niveles de repelentes, inhibidores de la digestión y metabolitos secundarios tóxicos, como los terpenos, resinas, taninos o alcaloides (hedifagia). La proteína cruda, la fibra o las grasas sólo se relacionan con el consumo indirectamente. Los animales no tienen medios sensoriales para detectar estas fracciones (Malechek y Provenza, 1983).

Estos autores plantean que el rumiante silvestre o en pastoreo extensivo no está limitado a conseguir dietas de mejor calidad nutritiva, ya que su organismo está adaptado para transformar ingestas de baja calidad. Bajo estas circunstancias, la tendencia natural del rumiante, estriba en reconocer y evitar metabolitos peligrosos de las plantas, más que en seleccionar las parte más nutritivas (Provenza y Balph, 1987). Por otro lado, la preferencia, que mide la proporción de cada especie en la composición de la dieta bajo libre pastoreo, es una conducta que depende, entre otras cosas, de la densidad de la especie consumida (Begon *et al.*, 1986), es decir, de la energía necesaria para llegar hasta ella. Mientras la selectividad, es función principalmente de los siguientes factores: genética, aprendizaje o conocimiento anterior, estado nutricional y fisiológico y la disponibilidad relativa de la especie en el medio.

Malechek y Provenza (1983) analizan especialmente en torno a la conducta hedifágica o eufágica de los caprinos en libre pastoreo y sugieren la posibilidad de una coevolución predador-presa en la que aparecieron correlaciones entre la preferencia por sabor y sus consecuencias nutricionales.

Rodríguez (1989) tuvo resultados afines a los anteriormente citados en la relación digestibilidad-consumo con *Glycerhiza sepium* y asume que la variación en los niveles de consumo, puede deberse a la presencia de sustancias químicas derivadas de la cumarina que afectan la aceptabilidad de este forraje y que están asociadas a las fracciones más jóvenes del follaje.

Según Wilson (1977), en el caso de las forrajeras leñosas, el contenido de lignina no determina la disponibilidad de las fracciones constituyentes de la pared celular para la digestión como en el caso de las gramíneas. Esto puede deberse a aspectos tanto de composición como de estructura de la lignina en las hojas de las leñosas. Mientras en las gramíneas existe una alta correlación entre el contenido de lignina y la digestibilidad de la materia seca, en el caso de alfalfa (*Medicago sativa*) dicha correlación no es significativa. *M. sativa* tiene niveles de lignina mayores a los de gramíneas con digestibilidades similares. Esto sugiere que la porción de la pared celular a la que está ligada la lignina

es menor en la leguminosa que en los zacates (Van Soest, 1964).

En cuanto a los niveles de minerales, en general los forrajes arbóreos presentan altos contenidos (Pineda, 1988). Devendra (1989), cita la revisión de Murugan y colaboradores (1987) donde se reporta que la mayoría de las especies arbóreas contienen niveles más altos de calcio que las herbáceas, posiblemente debido a capacidad de los árboles para extraer nutrimentos a profundidades mayores que los pastos y otras plantas forrajeras tradicionales.

Es importante mencionar también las restricciones nutricionales que suelen presentarse con el uso de leñosas en la alimentación animal. Duke (1981; citado por Blair, 1989) publicó una lista de 97 sustancias tóxicas encontradas sólo en leguminosas. La mimosina de *Leucaena sp.* produce caídas en los niveles séricos de tiroxina en novillos alimentados sólo con *Leucaena*, lo cual produjo disminución del consumo voluntario (Jones et al., 1985). Este problema se enfrentó con relativo éxito mediante la suplementación con zinc (0,3 g de sulfato de zinc por día, vía oral).

La suplementación mineral o la selección de procedencias (Brewbaker y Hylin, 1965) pueden contribuir a resolver el problema de la presencia de sustancias tóxicas.

Blair (1989) reconoce las diferencias entre especies de rumiantes con respecto a la tolerancia a sustancias antinutritivas. Asimismo reporta que se han inoculado exitosamente cabras con microorganismos del rumen de animales adaptados, para hacerlas resistentes a la mimosina de *Leucaena* sp., aunque no menciona el tipo de microorganismos.

2.3.4 COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO

Son varios los parámetros silviculturales que pueden tomarse en cuenta para definir la aptitud forrajera de una especie, sin embargo tal vez el más interesante sea el incremento en biomasa comestible. Russo (1984) encontró que la biomasa total producida por árboles de *E. poeppigiana* como sombra en cafetales se reduce al intensificar las podas. Sin embargo la biomasa comestible se incrementa con podas más frecuentes (Cuadro 2), aunque esto puede ser atribuido a la caída de hojas en el intervalo más largo. La tendencia es igual en el caso del volumen de nutrimentos reciclados con las podas. Pezo et al. (1989) plantean que si tales volúmenes de biomasa son aprovechados como forraje, será necesaria la aplicación de fertilizantes para asegurar la permanencia del sistema. En este sentido, el estiércol de cabra, con niveles de nitrógeno de 2.24%, puede ser aprovechado como fertilizante de los cultivos de forraje. En el caso de morera (*Morus* sp.) se obtuvieron incrementos lineales en la producción de biomasa como respuesta a niveles de estiércol equivalentes

hasta a 480 kg de nitrógeno/ha/año (Benavides y Lachaux, datos sin publicar).

Cuadro 2. Producción anual de biomasa (kg/ha) de *E. poeppigiana* podada a diferentes frecuencias en una plantación de café en Costa Rica*.

PODAS/AÑO	HOJA	TALLO	TOTAL
1	3,270	15,200	18,470
2	3,900	7,700	11,800
3	4,343	3,510	7,850

* 280 árboles/ha (6*6m).
Fuente: Russo (1984).

Rodríguez (1985) obtuvo resultados similares a los de Russo (1984) al evaluar una asociación de *E. poeppigiana* con *Pennisetum purpureum*, donde se encontraron diferencias significativas ($p < 0,005$) en la producción de materia seca (ton/ha/año) a favor del asocio (26,8 ton) contra el pasto solo (19,8 ton.).

En cuanto a otros atributos silviculturales, Martínez y Vargas (1983) obtuvieron un alto porcentaje de establecimiento de *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* en plantaciones para leña y forraje (2*2 m) durante el primer año asociadas con maíz. No encontraron diferencias significativas en crecimiento al comparar estacas de ambas especies.

2.3.5 RESPUESTA ANIMAL

La respuesta animal es una variable dependiente del valor forrajero. Torres (1985) revisó varios trabajos que reportan que en condiciones de sabana (zonas áridas y semiáridas), el contenido proteínico de los forrajes en general determinó entre un 54 y un 78 % de la variación diaria de peso del animal, mientras que la digestibilidad sólo explicó el 32 % de dicha variación. Lo anterior se explica, al menos parcialmente, por las limitaciones de proteína cruda bajo esas condiciones.

Pineda (1986) encontró que la suplementación proteínica de terneros con niveles hasta del 65 % de los requerimientos diarios, con follaje de *E. poeppigiana* no provocó disminuciones en la tasa de crecimiento en comparación con el uso de concentrados. Además, produce ganancias de peso aceptables y tiene efectos aditivos en el consumo total de materia seca y produce un incremento en el beneficio económico en relación a dietas basadas en concentrados.

Vargas (1987) obtuvo resultados afines con toretes suplementados con *Erythrina cocleata* y encontró que la adición de un complemento energético tiene efectos aditivos al suplemento proteínico sobre la ganancia de peso.

En el caso específico de *Gliricidia sepium*, Torres (1985) documenta ampliamente su valor forrajero en la producción de leche de vaca, el aumento de peso de vaquillas y corderos.

Benavides (1992), reporta que la suplementación de dietas de baja calidad con follaje de *E. poeppigiana* aumenta satisfactoriamente la producción de leche de cabra en sistemas alimentarios de corte y acarreo, alcanzando niveles de hasta 1.26 kg/animal/día (Rodríguez, Z. et al., 1987). Sin embargo, se ha encontrado que *Morus* sp. y *Malvabiscus arboreus* alcanzan niveles aún mayores. En un trabajo en el que se compararon diferentes niveles de suplementación con *Morus* sp., se alcanzaron promedios de producción de leche de hasta 2.47 kg/animal/día (Rojas y Benavides, datos sin publicar). A su vez, cabras suplementadas con amapola (*Malvabiscus arboreus*) pueden alcanzar niveles de hasta 1.9 kg/animal/día, con niveles de consumo de 0.89 kg MS/animal/día (Hernández y Benavides, datos sin publicar).

Castro (1989) encontró diferencias significativas ($p < 0,01$) entre distintos niveles de suplementación con Poró gigante (*E. poeppigiana*) y plátano verde (*Musa* sp.) en producción de leche con cabras de baja producción. Sin embargo detectó una interacción entre niveles de consumo de las fuentes proteínica y energética. Los mayores niveles de producción se obtuvieron cuando las proporciones de ambas fuentes esta-

ban en equilibrio. Sus resultados enfatizan la importancia de un adecuado balance en la relación proteína/energía (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción de leche (kg/animal/día) de cabras alimentadas con *P. purpureum* x *P. typhoides* suplementadas con diferentes niveles de *E. poeppigiana* y *Musa* sp. CV "Pelipita" (kg MS/animal/día).

NIVEL DE PORO	NIVEL DE PLATANO	PRODUCCION	OBSERVACIONES
Mayor	Mayor	1,27	
Mayor	Menor	1,09	Posible incrementó del nivel de amoniaco en rumen*
Menor	Mayor	1,09	Posible incremento de los ácidos grasos volátiles en rúmen*
Menor	Menor	1,13	

* Ambos fenómenos causaron desbalance en la relación proteína/energía a nivel ruminal.

2.4 METODOLOGIAS DE EVALUACION DEL POTENCIAL FORRAJERO

El aprovechamiento agronómico de los árboles forrajeros es más reciente que su uso en forma natural y las especies explotadas tienen usualmente otros usos, adicionales a los de las nativas tradicionalmente forrajeras. En este contexto, es importante identificar nuevas especies, conocer sus características biológicas, agronomía y valor nutritivo para que la producción y el aprovechamiento de esos forrajes sea más eficiente (Ivory, 1989; Pineda 1988).

Ivory (1989) propone un desglose detallado de los criterios que deben evaluarse para determinar el valor forrajero de las especies leñosas:

- mecanismos de establecimiento
- productividad y manejo
 - densidad de plantación
 - manejo de cortas
 - edad a la primera corta
 - altura de corta
 - frecuencia de corta
 - estación de corta
 - requerimientos de fertilización
- características de la planta y uso
 - como banco de proteína
 - asociaciones con cultivos en callejones
 - ramoneo *in situ*
- producción de semilla
- valor nutritivo
 - digestibilidad
 - composición química (incluyendo toxinas y factores "antinutritivos")

En la evaluación de especies, las condiciones de manejo durante la evaluación deben permitir a cada especie expresar su máximo potencial (Blair, 1989).

En sistemas de pastoreo se deben identificar las especies forrajeras superiores con atención a su productividad, su valor nutritivo y persistencia bajo pastoreo (Devendra, 1989). Cualquiera que sea la función y forma biológica, la relación con la pastura que crece debajo del árbol debiera ser un factor determinante en el proceso de selección (Torres, 1985).

La pauta metodológica desarrollada por el CATIE (Figura 1) consiste en una serie de pruebas que permiten seleccionar el material con las mejores características en términos de disponibilidad, valor nutritivo y manejo silvicultural (Benavides 1991).

Esta pauta reúne las evaluaciones propuestas por otros autores y las generadas por la experiencia propia del CATIE, ordenando en forma secuencial los pasos, de tal manera que las pruebas más obvias, más rápidas y más económicas antecedan a las más complejas y costosas.

La metodología del CATIE es una metodología lógica, de tal manera que cuando son conocidos o predecibles ciertos atributos de los forrajes a evaluar, es factible alterar el orden del esquema planteado. De esta manera se obtienen resultados aplicables más rápidamente.

1. IDENTIFICACION

- a) Identificación de especies
- b) Distribución
- c) Identificación del modo de utilización
- d) Evaluación preliminar de la producción de biomasa

2. VALOR NUTRITIVO

- a) Proteína cruda
- b) Digestibilidad *in vitro*

3. RESPUESTA ANIMAL

- a) Aceptabilidad y consumo
- b) Crecimiento
- c) Producción de leche

4. AGRONOMIA
(Silvicultura)

- a) Producción de biomasa
- b) Métodos de siembra y poda
- c) Asociación con cultivos y pasto
- d) Fertilización

5. EVALUACION DE DIETAS

- a) Pruebas *in vivo*
- b) Degradabilidad
- c) Relación N/Energía

VALIDACION DE TECNOLOGIAS

Figura 1. Pauta metodológica del CATIE para la investigación en árboles forrajeros.

Fuente: Benavides (1991).

Esta metodología se basa en un principio de discriminación sucesiva, combina estratégicamente criterios de aceptación por el animal, calidad nutricional, características agronómicas y costos comparativos de la experimentación para cada uno de los pasos planteados.

Entre otras experiencias, Calub (1991) realizó un trabajo de evaluación de leñosas locales para la producción de forraje en Filipinas, aplicando una metodología práctica consistente en las siguientes pruebas:

a) Germinación y producción de biomasa

Semillas de siete especies de árboles de uso múltiple, recolectadas de sitios naturales y sin ningún proceso de es-carificación, fueron sembradas directamente en callejones. El autor recomienda espaciamientos de 0.5 m entre matas para lograr mayor sobrevivencia. Cinco meses después, los árboles se podaron con intervalos de 70 - 75 días a una altura de un metro.

b) Composición química

Muestras de hojas se sometieron a análisis proximal (proteína cruda, extracto etéreo, cenizas y extracto libre de nitrógeno).

c) Preferencia

Al final se liberaron cabras en las parcelas para determinar la preferencia de las especies cultivadas mediante el ramoneo.

En este trabajo se antepusieron las pruebas silviculturales al análisis bromatológico y éste a su vez a la prueba de aceptabilidad.

Pineda (1988) adaptó la metodología de evaluación de forrajes del CATIE en las siguientes cuatro etapas:

a) Identificación y caracterización de los follajes potencialmente útiles como alimento para los rumiantes; lo cual realizó básicamente a partir de información secundaria (bibliografía y productores).

b) Evaluación nutricional de los follajes a nivel de laboratorio (materia seca, análisis proximal completo y DIVMS).

c) Evaluación biológica de los follajes arbóreos más promisorios. Para esta prueba se utilizaron parejas de bovinos, ovinos y caprinos (seis animales), a los que se les suministraron los forrajes *ad libitum* durante siete días, los cuatro primeros fueron de adaptación.

d) Evaluación agronómica de las especies más promisorias (capacidad de rebrote y producción de biomasa).

Puede notarse que tanto en el trabajo de Calub como en el de Pineda se contemplan básicamente los mismos tres aspec-

tos, sin embargo es importante notar que la secuencia de las pruebas es diferente. Este aspecto tiene relevancia desde el punto de vista del costo de la investigación. Resulta económicamente más adecuado anteponer las pruebas de aceptación y valor nutritivo a la evaluación silvicultural y la respuesta animal, tal como lo plantea la metodología del CATIE (Benavides, 1992).

III. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el área demostrativa que el Proyecto de Conservación para el Desarrollo Sostenible en Centroamérica (OLAFO) del CATIE en Guatemala. El área está ubicada al norte del departamento de El Petén, dentro de la Reserva de la Biosfera Maya, entre los paralelos 17°07' y 17°25' N y los meridianos 89°53' y 90°03' O de Greenwich. La zona de vida a la que pertenece es de bosque subtropical húmedo (Holdridge, 1987), con estación seca de febrero a mayo. La precipitación media anual es 1 552 mm, la temperatura media anual es de 23°C y la humedad relativa anual promedio es de 77% (CATIE, 1992).

Los estudios de composición florística, pastoreo y valor nutritivo se realizaron durante la estación seca. El experimento de consumo voluntario y el de producción de biomasa *in situ* se realizaron al inicio de la época lluviosa.

Este trabajo fue diseñado bajo la lógica de una metodología probada para la evaluación del potencial forrajero de especies leñosas, citado en el último acápite de la revisión bibliográfica (Benavides, 1991;1992), en la cual, mediante una serie de pasos, se evalúan las cualidades biológicas y agronómicas de las especies de interés. Esta metodología, que normalmente puede arrojar resultados concluyentes después de los dos primeros años de investigación, fue adaptada a un

período de ocho meses, ya que el presente trabajo se propone solamente ofrecer valorizaciones preliminares, que permitan concentrar posteriores esfuerzos de investigación en las especies de mayor potencial aparente.

3.1 ESTIMACION PRELIMINAR DEL POTENCIAL FORRAJERO.

3.1.1 COMPOSICION FLORISTICA.

3.1.1.1 DEFINICION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La zona de estudio fue definida por el conjunto de bosques secundarios de la parte norte del área de trabajo del Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central, CATIE/Guatemala¹. Los ecosistemas estudiados fueron definidos atendiendo a dos factores condicionantes: el manejo o efecto antrópico y los aspectos fisiográficos, resumidos en el relieve. El relieve condiciona el tipo de suelo, encontrándose los dos grupos principales siguientes (Colli-net, 1990):

- Suelos bien desarrollados de las colinas: De origen calcáreo, 35-45% de arcilla, Rendolls (USDA), poco profundos, con buen drenaje interno.

¹Area aledaña al poniente del biotopo El Zotz, El Petén, Guatemala.

- Suelos con drenaje lento de los valles: Profundidades superiores a los 170 cm, color oscuro en la superficie (asociado a la descomposición de la materia orgánica y a la formación de complejos muy estables con las arcillas y óxidos de hierro) y más claro en profundidad, con algunas intrusiones humíferas. Texturas arcillolimosas, con más de 50% de arcilla del tipo de las montmorillonitas. Clasificados como Chromuderts (USDA).

En tal sentido se definieron los siguientes ambientes de estudio: a) potreros que no han sido limpiados por más de seis meses, por lo que la proliferación de leñosas provenientes de los bosques aledaños está conformando una nueva comunidad vegetal; b) barbechos agrícolas -guamiles- de siete años y c) bosques incendiados -quemadales- menores de tres años. Cada uno de éstos ambientes tuvo tres repeticiones en sitios de ladera y sitios de bajura, resultando un total de 18 unidades muestrales (Figura 2). No hubo un criterio para la elección de sitios, éstos fueron seleccionados en fincas de productores colaboradores.

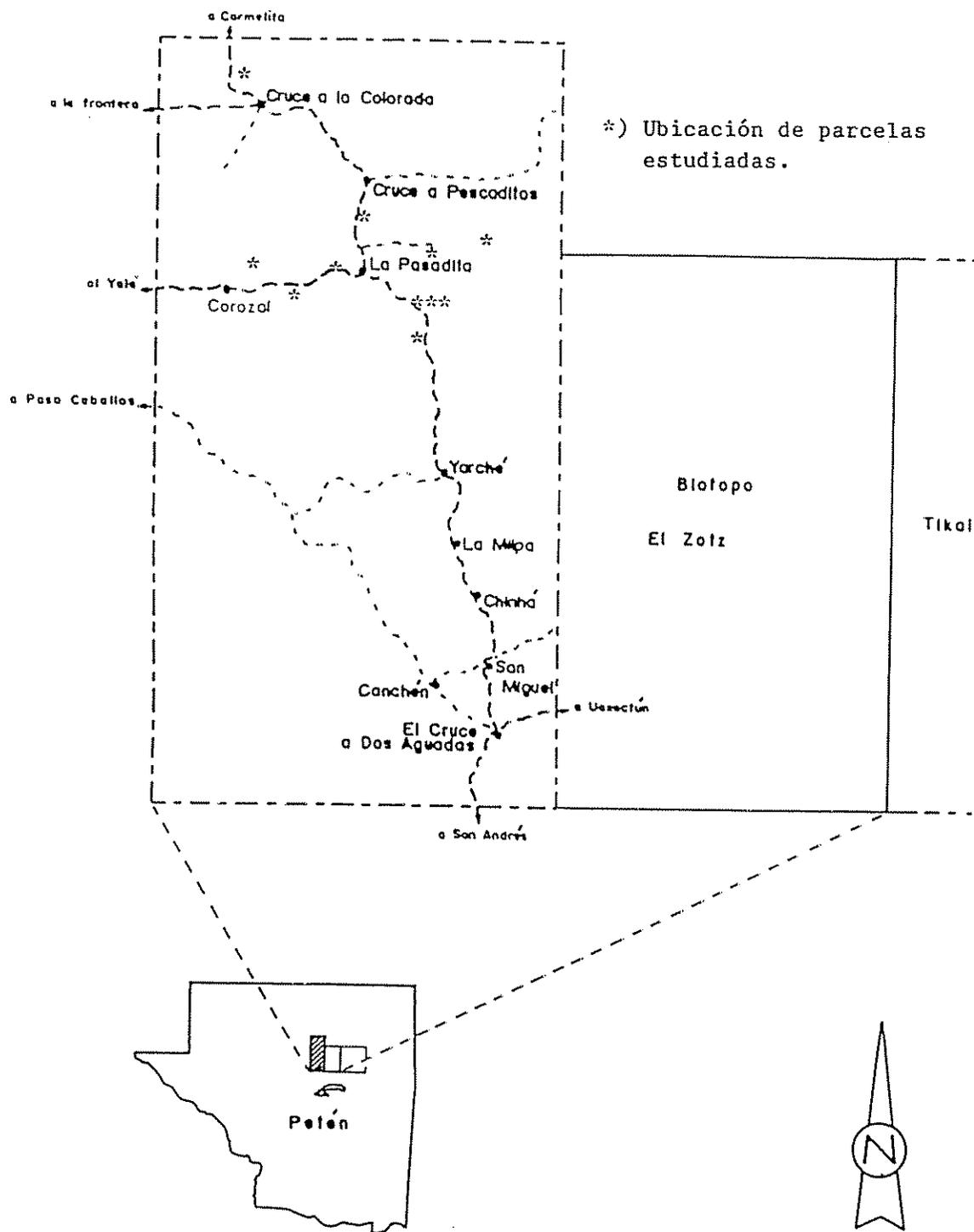


Figura 2. Area demostrativa del Programa de Conservación para El Desarrollo sostenible en El Petén, Guatemala y ubicación de las parcelas estudiadas.

3.1.1.2 TAMAÑO DE LAS UNIDADES MUESTRALES.

En cada sitio se trazaron cuatro transeptos de 20 m, con una separación de 10 m entre cada uno, basados en la metodología descrita por Pieper (1978). Por lo tanto cada unidad muestral fue un transepto de 80 m seccionado en cuatro partes iguales.

En el caso de los potreros abandonados se aplicó el método de determinación de tamaño óptimo de parcela descrito por Matecucci y Colma (1982) que consiste en la duplicación sucesiva de una parcela hasta que se minimice el número de especies nuevas aparecidas en relación al tamaño de parcela. En el anexo I se describe más detalladamente el procedimiento aplicado.

3.1.1.3 TOMA DE DATOS.

En los ecosistemas de guamil y quemadal, en cada transepto se contabilizó el número de individuos por especie¹ con altura superior a 150 cm con la ayuda de un campesino que conocía los nombres comunes de las especies. Los individuos registrados fueron aquéllos cuyas copas cruzaron el transepto² (Pieper, 1978). Las identificaciones fueron hechas con

¹Bejucos y lianas leñosos fueron excluidos del estudio.

²En el caso de individuos que tocaban dos secciones del transepto, sólo se contabilizaron en una ocasión.

base en el libro La Flora de Guatemala (Standley et al., 1954), en la mayoría de los casos sin herborizaciones. Aquellas especies para las que se cita el nombre científico, son aproximaciones hechas por eliminación de especies no presentes en El Petén. Por lo tanto, no deben tomarse como identificaciones definitivas, sino como aproximaciones. En los casos de *Dendropanax arboreus*, *Cecropia peltata*, *Hamelia patens*, *Lonchocarpus guatemalensis* y *Ficus yoponensis* se realizó la identificación rigurosamente, con el apoyo de el Proyecto Bio-Itzá, de San José, Petén, el laboratorio de taxonomía vegetal de la Universidad del Valle de Guatemala y el Herbario del Museo de Historia Natural de Costa Rica.

Con el número de individuos interceptados y la longitud de la cobertura sobre el transecto se construyó un estimador de la densidad, definido por la relación entre el número de individuos y la superficie muestreada (Grieg-Smith, 1983). Al adaptar este estimador a la metodología de Pieper, queda expresado por:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Total de individuos que tocan el transecto} \cdot 100}{\text{longitud total del transecto}}$$

Además, se estimó la cobertura por especie, definida como la proyección vertical de las partes aéreas de la planta sobre el suelo (Brown, 1954; citado por Pieper, 1978), mediante esta fórmula:

$$\text{Cobertura} = \frac{\text{Intersección total sobre el transepto} \cdot 100}{\text{longitud total del transepto}}$$

La determinación de densidad en los ecosistemas de potrero abandonado se efectuó en parcelas de 64 x 64 m, por medio de conteos totales de los individuos pertenecientes a especies leñosas. La cobertura no se determinó, debido a que resultaba insignificante para cualquier especie en relación con la cobertura del pasto.

Los datos de cobertura y densidad obtenidos fueron analizados por separado para cada grupo de variables por ecosistema mediante la técnica de componentes principales (IICA, 1977). Los componentes principales son nuevas variables de máxima varianza (Johnson y Wichern, 1982) es decir, miden qué tan diferentes son los sitios estudiados en términos de las variables originales. No indican algún parámetro ecológico como abundancia o importancia y su relación con las variables originales es correlativa. Por lo tanto, lo que se aprecia con este análisis es la diferencia estadística entre ecosistemas y cuáles son las especies leñosas que establecen tal diferencia. También es posible apreciar la variabilidad dentro de cada ecosistema. No se tomaron en cuenta para el análisis aquellas especies que sólo aparecen en un sitio o en sólo dos sitios de diferentes ecosistemas. Los ejes componentes principales fueron calculados a partir de la matriz de covarianzas.

Los coeficientes de correlación (r_{ij}) entre los componentes principales (I_j) y las variables (a_{ij}) se calcularon mediante la fórmula

$$r_{ij} = (a_{ij} * (I_j)^{-0.5}) / S_i \quad . . \quad (\text{Morrison, 1976})$$

donde S_i es la desviación típica de la variable a_i .

3.1.2 SELECTIVIDAD POR OVINOS EN PASTOREO.

Una vez estimada la importancia de cada especie, se liberaron cinco ovinos en algunas de las parcelas estudiadas anteriormente. En ella se cortaron ramas de todas las especies presentes, para que la oportunidad de selección fuera proporcional a la cobertura de cada especie. La estrategia consistió en llevar a los animales un primer día al sitio y realizar cada dos minutos el registro de todas las actividades (comer, caminar, descansar), como mecanismo de acostumbramiento del animal al ambiente y a la presencia de observadores. Este periodo duró dos horas cada día, de las siete a las nueve horas de la mañana. Vale mencionar que en esta experiencia, el carácter dócil del ovino permitió un corto periodo de acostumbramiento (un día por sitio), lo cual se comprobó por la intensa actividad de pastoreo -a pesar del notorio cambio de ambiente- y la consistencia de los datos del segundo y tercer día de observaciones. En éstos, las actividades fueron las mismas que en el primer día, pero los registros se tomaron como observaciones definitivas. No se

realizó el experimento en los potreros abandonados debido a que la oportunidad de selección de especies arbóreas está más determinada por la probabilidad de encontrar un individuo en el recorrido que por una preferencia real. Esto se debió a que la cobertura del zacate, sobrepasaba con mucho la de todas las leñosas juntas. Además, los ovinos son más pastoreadores que ramoneadores.

3.1.3 VALORACION DE LA APTITUD FORRAJERA.

Se utilizaron dos características cuantificables de cada especie y para cada ecosistema:

- cobertura
- selección en pastoreo

La cobertura o superficie ocupada por cada especie, se toma como un indicador adecuado y de fácil determinación de la disponibilidad del follaje de las diferentes especies para animales en libre pastoreo.

Chesson (1983), propuso un modelo para estimar la probabilidad de que una especie aparezca en la dieta seleccionada por una animal en libre pastoreo. A lo que en el presente trabajo se denomina Importancia forrajera (P_i), mediante una expresión del tipo:

$$P_i = \alpha_i n_i / \sum \alpha_j n_j$$

donde:

α_i es un número positivo entre 0 y 1 que indica la relación entre la cantidad de la especie i en la dieta y su importancia en el ambiente, cuando la densidad de todas las especies es la misma.

n_i = número de individuos de la especie i .

El mismo autor propuso un estimador de α_i cuando las densidades de las especies son diferentes -como en el caso de los bosques secundarios-:

$$\alpha_i = (r_i/n_i) / \sum (r_j/n_j)$$

donde:

r_i = número de individuos de la especie i en la dieta.

Este modelo asume que la densidad de cada especie no cambiará significativamente debido al pastoreo y que la conducta del animal también permanecerá constante.

3.1.4 DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA Y PROTEINA CRUDA.

Muestras de hoja basal y apical de las especies seleccionadas fueron tomadas de individuos en crecimiento natural y deshidratadas enteras en una estufa con una lámpara incandescente aproximadamente a 60 °C. Se enviaron al laboratorio de nutrición animal del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Ahí

fueron molidas y secadas hasta llevarlas a peso constante para análisis de digestibilidad de la materia seca por el método de Tilley y Terry (1963) en dos etapas y contenido de proteína cruda con Micro-kjeldahl.

3.2 CONSUMO VOLUNTARIO POR OVINOS EN CORRAL.

Con base en los resultados del estudio de estructura, selección en pastoreo y análisis bromatológico, se seleccionó un conjunto de especies para ser sometido a una prueba de consumo voluntario por ovinos en corral. Los forrajes evaluados se ofrecieron como suplemento a animales que pastoreaban en zacate estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) durante dos horas diarias (14:00-16:00 hrs). El suplemento se ofreció *ad libitum*¹ para ser consumido el resto del día, renovando el follaje por lo menos dos veces diarias (7 y 16 hrs.).

Los animales permanecieron confinados en corraletas individuales (2*1 m) salvo las dos horas de pastoreo, en las que se manejaron juntos, se les suministró agua y premezcla mineral (una vez por semana, 3,3 gr/animal/día).

El follaje se colectó de los guamiles aledaños y se ofreció en forma de manojos, pues se observó que de esta forma resultaba más aceptado por los animales. Se registró el

¹Niveles mínimos de rechazo del 30%.

peso del material ofrecido y rechazado cada vez que se renovaba el pienso. Cada animal permaneció quince días bajo el mismo tratamiento, nueve de los cuales fueron de adaptación y seis para lecturas definitivas.

Se estableció un experimento bajo un diseño de cuadro latino (Steel y Torrie, 1989) incompleto, con ocho tratamientos y cinco períodos (Figura 3).

A N I M A L E S								
PERIODOS	1	2	3	4	5	6	7	8
1	3	6	1	5	2	7	8	4
2	8	4	3	6	1	5	2	7
3	5	2	7	8	4	3	6	1
4	2	7	8	4	3	6	1	5
5	4	3	6	1	5	2	7	8

TRATAMIENTO	
1	<i>H. patens</i> (chichipince)
2	<i>S. mombin</i> (jobo)
3	<i>C. peltata</i> (guarumo)
4	<i>T. racemosa</i> (ramón colorado)
5	<i>L. guatemalensis</i> (chaperno)
6	<i>B. alicastrum</i> (ramón blanco)
7	<i>F. yoponensis</i> (amate)
8	<i>D. arboreus</i> (mano de león)

Figura 3. Diseño del cuadrado latino incompleto utilizado en el ensayo de consumo voluntario.

Los ocho animales utilizados fueron ovinos encastados de Pelibuey y Black Belly, con peso promedio de 25,6 k ($s=7,3$). Los promedios de consumo por tratamiento y periodo fueron comparados mediante un análisis de varianza (Steel y Torrie, 1989).

3.3 CAPACIDAD DE GERMINACION DE ESTACAS.

Se establecieron en plantación, estacas de 1.8 a 2.0 m, provenientes de ramas primarias y secundarias de las mismas especies de árboles seleccionadas para el experimento de consumo. Las estacas se plantaron a una distancia de 2.5 m entre estacas y entre líneas. A cada estaca se le hicieron ranuras en la base, para permitir el brote de las raíces. Se aplicó riego cuando fue necesario para garantizar la humedad de la tierra. Las estacas primarias se obtuvieron principalmente de guamiles de uno a dos años de antigüedad.

3.4 GERMINACION.

Se colectaron semillas de las especies estudiadas que presentaron fructificación entre los meses de mayo y la primera quincena de julio. Con este material se establecieron almácigas para medir el porcentaje de germinación bajo condiciones controladas (humedad del suelo, profundidad de siembra).

Las almácigas se construyeron con materiales rústicos y contenían tierra negra y aproximadamente 50 kg de estiércol seco de ovino por metro cúbico de tierra. Las semillas se sembraron a una profundidad proporcional a cinco veces el diámetro. Las semillas de *C. peltata* y *H. patens*, por ser menores de un milímetro de diámetro, sólo se cubrieron con una delgada capa de tierra fina.

3.5 PRODUCCION DE BIOMASA Y CAPACIDAD DE REBROTE.

Arboles de las especies estudiadas fueron podados completamente y se limpió con mediana intensidad alrededor de ellos para reducir la competencia por luz. Individuos de las especies estudiadas que se presentaron a menos de dos metros de distancia fueron raleados dejando el más vigoroso o de mejor porte. Originalmente se trató de establecer las parcelas eliminando la competencia vegetal para obtener el máximo rendimiento de las plantas en su medio natural. Sin embargo esto trajo consigo el ataque de plagas de insectos y roedores, que resultaron más perjudiciales a los rebrotes y la raíz respectivamente, que la competencia de las plantas asociadas naturalmente. Por lo tanto se decidió realizar un aclareo de los arbolitos que compitieran más cercanamente por luz. Se dejaron rebrotar durante un periodo de 100 días y se volvieron a podar por completo para medir el volumen de biomasa (hojas, tallo comestible y tallo leñoso) producido en ese intervalo. Debido a las diferentes abundancias de cada especie en un mismo sitio, se realizaron repeticiones de las especies más escasas (Cuadro 4).

Para las parcelas con más de 20 individuos se construyeron ecuaciones de regresión para evaluar el efecto del diámetro a la altura del pecho (DAP) inicial sobre la producción de biomasa.

Cuadro 4. Sitios y número de árboles utilizados en la medición de capacidad de rebrote y producción de biomasa.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	Nº DE SITIO	INDIV
<i>Hamelia patens</i>	Chichipince	1	28
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	1	5
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	2	10
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	1	22
<i>Trophis racemosa</i>	Ramón colorado	1	37
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Chaperno	1	26
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Chaperno	2	13
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco	1	21
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco	2	20
<i>Ficus yoponensis</i>	Amate	1	5
<i>Ficus yoponensis</i>	Amate	2	5
<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de león	1	14

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 COMPOSICION FLORISTICA.

Las comunidades definidas como "quemadales" están originadas a partir de bosques primarios intervenidos para la extracción de maderas comerciales (Cedro y Caoba), además de productos no maderables con valor comercial (xate, pimienta, resina para chicle, etc.). Tales sitios sufrieron recientemente incendios involuntarios debidos a quemas agrícolas fuera de control. Esto ha propiciado la proliferación de brinzales y bejucos gracias a la penetración de luz solar directa a través de los claros formados por las copas afectadas. De tal forma, en los quemadales no se excluye la presencia de individuos más antiguos que la alteración causada por el fuego y por lo tanto con fustes desarrollados (se encontraron árboles con diámetros a la altura del pecho superiores a los 60 cm).

En los quemadales de bajura, normalmente inundados durante la época de lluvias, se registraron 42 especies leñosas en total, con un máximo de 32 especies en el mismo transepto (80 m). En los quemadales de ladera se detectaron 65 especies leñosas diferentes y hasta 40 en un transepto (Cuadro 5).

Los guamiles son producto directo de la actividad agrícola. Son terrenos abandonados después del proceso de roza,

quema y explotación, durante uno a tres ciclos con el cultivo de maíz. La regeneración natural, en el caso de las parcelas seleccionadas tenía siete años de iniciada y estaba compuesta por individuos aparecidos después del abandono, con diámetros menores de diez centímetros.

Cuadro 5. Número de especies por parcela y total de especies leñosas encontradas en diferentes comunidades vegetales en El Petén, Guatemala.

COMUNIDAD	REPETICION	Nº DE ESPECIES	TOTAL
Quemadales de bajura	1	32	42
	2	21	
	3	23	
Quemadales de ladera	1	36	65
	2	33	
	3	40	
Guamiles de bajura	1	20	48
	2	38	
	3	20	
Guamiles de ladera	1	22	39
	2	25	
	3	24	
Potreros de bajura	1	25	43
	2	38	
Potreros de ladera	1	28	51
	2	29	
	3	37	

En los guamiles de bajura se localizaron 48 especies diferentes y un máximo de 38 en el mismo transepto. En las laderas, existen al menos 39 especies leñosas y hasta 25 diferentes en el mismo transepto.

Los potreros abandonados son, en otras palabras, la primera etapa de la sucesión secundaria establecida en comunidades artificiales (monoespecíficas) dedicadas inicialmente a la ganadería bovina extensiva. Las especies leñosas tienen portes máximos de un metro de altura y la especie dominante sigue siendo la herbácea.

Los potreros de bajura cuentan con 43 especies diferentes, encontrándose parcelas (64 * 64 m) hasta con 38 especies leñosas diferentes. Los potreros establecidos en terrenos de ladera contienen al menos 51 leñosas distintas y 37 de ellas fueron identificadas en una misma parcela.

En total se reconocieron 104 especies leñosas diferentes, siendo encontradas algunas de ellas en un solo tipo de ecosistema, sugiriendo la existencia de especies características (Cuadro 6).

- Análisis de componentes principales.

El análisis practicado para las variables de densidad de cada especie (Cuadro 7) produjo un primer componente principal (63.0% de la varianza total del sistema) que separa a los sitios de potrero de bajura del resto de los ecosistemas (Figura 4), aunque con mucha variabilidad entre sitios.

Cuadro 6. Especies leñosas que sólo fueron encontradas en un tipo de comunidad vegetal, en El Petén, Guatemala.

COMUNIDAD	ESPECIE	NOMBRE COMUN
Quemadal de bajura	?	Amapola
	?	Cedrilla
	?	Palo del golpe
	<i>Mastichodendron</i> sp.	Tempisque
Quemadal de ladera	?	Laurelillo
	<i>Bucida burseras</i>	Pucté
	?	Varío
	?	Mora de montaña
	<i>Pimenta dioica</i>	Pimienta blanca
	<i>Aspidosperma</i> sp.	Malerio blanco
	<i>Aspidosperma</i> sp.	Malerio colorado
	?	Jaboncillo
	?	Manzano de montaña
	<i>Ficus</i> sp.	Chimón
?	Cuero de sapo (b)	
	<i>Lantana camara</i>	Cinco negritos
Guamil de bajura	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Santa María
Guamil de ladera	?	Calcetín
	?	Cajuilote
Potrero de bajura	?	Jocote cimarrón
	<i>Erythrina</i> sp.	Pito
Potrero de ladera	?	Tulipan
	<i>Astroneum graveolens</i>	Jobillo
	?	Aguacatillo

Cuadro 7. Promedios de cobertura y densidad de población de las especies leñosas nativas de los bosques secundarios en El Petén, Guatemala (% del total de especies leñosas).

TIPO DE BOSQUE ESPECIES	COBERTURA	DENSIDAD
Guamil de bajura		
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	15,9	8,5
<i>Cecropia peltata</i>	7,6	3,9
<i>Heliocarpus donnell-smithii</i>	4,5	12,8
Frijolillo	5,9	5,2
Mora de montaña	5,3	6,5
Cuero de sapo	4,8	5,9
<i>Cupania glabra</i>	4,9	4,3
Laurelillo	4,4	4,6
<i>Trophis racemosa</i>	3,1	2,3
Otras 38 especies	31,4	46,1
Claros	9,7	
Guamil de ladera		
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	17,9	12,8
Frijolillo	9,9	9,1
<i>Heliocarpus donnell-smithii</i>	8,4	9,7
<i>Spondias mombin</i>	7,0	4,6
Aguacatillo	5,4	4,3
<i>Vatairea lundellii</i>	4,9	4,3
Tabaquillo (b)	4,9	10,8
<i>Dendropanax arboreus</i>	4,0	4,6
<i>Cecropia peltata</i>	3,0	1,1
Otras 30 especies	29,4	38,9
Claros	5,9	
Quemadal de bajura		
<i>Vitex gaumeri</i>	10,3	2,1
<i>Ficus yoponensis</i>	8,8	0,7
<i>Dendropanax arboreus</i>	7,0	3,5
Cuero de sapo	6,7	9,7
<i>Ardisia paschalis</i>	6,4	6,9
<i>Spondias mombin</i>	4,2	5,2
<i>Chrysophila sp.</i>	4,1	4,9
Otras 35 especies	45,3	67,0
Claros	7,2	

Cuadro 7. (Continuación) Cobertura y densidad de población de las especies leñosas nativas de los bosques secundarios en El Petén, Guatemala (% del total de especies leñosas).

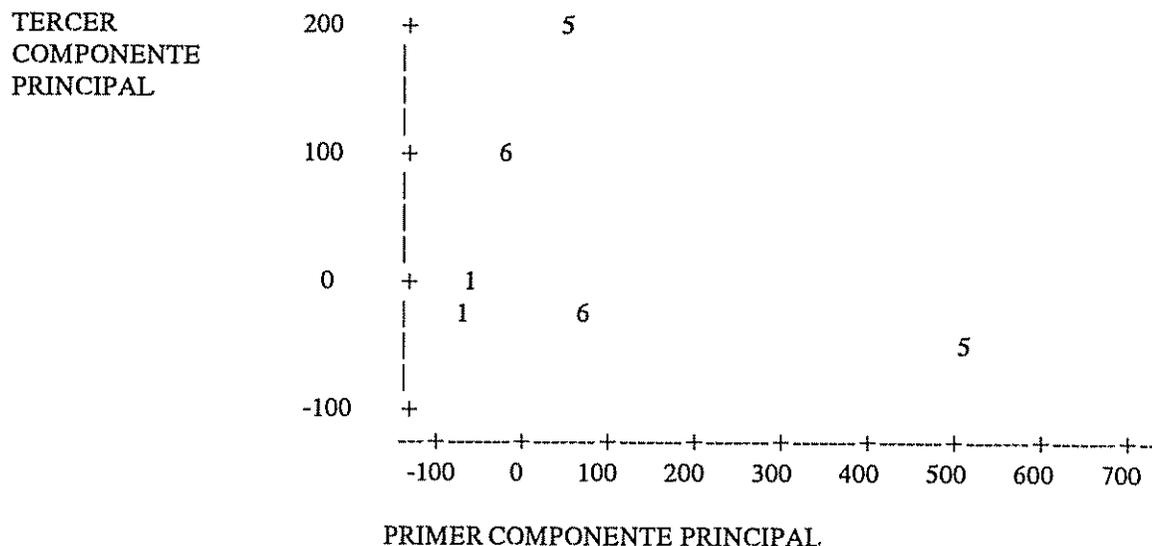
TIPO DE BOSQUE	ESPECIES	COBERTURA	DENSIDAD
Quemadal de ladera			
	<i>Pouteria</i> sp. (negro)	9,1	6,4
	<i>Trophis racemosa</i>	6,7	2,8
	Copal	6,0	3,1
	<i>Chrysopilla</i> sp.	5,5	7,0
	Laurelillo	4,8	7,3
	<i>Ardisia paschalis</i>	4,4	7,0
	<i>Pouteria</i> sp.	3,7	4,0
	<i>Vitex gaumeri</i>	3,5	2,5
	Guayabillo negro	3,4	4,3
	<i>Manilkara</i> sp.	3,3	2,1
	<i>Brosimum alicastrum</i>	3,3	1,2
	Otras 54 especies	46,4	52,3
	Claros	0,1	
Pastizal de bajura			
	<i>Thevetia ahouai</i>		21,9
	Quina		21,5
	<i>Spondias mombin</i>		12,7
	<i>Hamelia patens</i>		7,4
	Tabaquillo (b)		6,0
	Mora de montaña		4,4
	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>		4,2
	Cuero de sapo		4,2
	<i>Heliocarpus donell-smithii</i>		2,8
	Otras 34 especies		14,9
Pastizal de ladera			
	Tabaquillo		28,8
	<i>Hamelia patens</i>		18,6
	<i>Spondias mombin</i>		6,5
	<i>Trichilia</i> sp.		6,3
	<i>Cupania glabra</i>		5,3
	<i>Cedrela odorata</i>		4,1
	<i>Guazuma ulmifolia</i>		3,3
	<i>Cecropia peltata</i>		2,9
	Otras 43 especies		24,3

Nombres técnicos y vernaculares de algunas especies aparecen en el ANEXO II.

Cuadro 8. Coordenadas de cada ecosistema a lo largo de los cuatro primeros ejes componentes principales para la densidad de las especies.

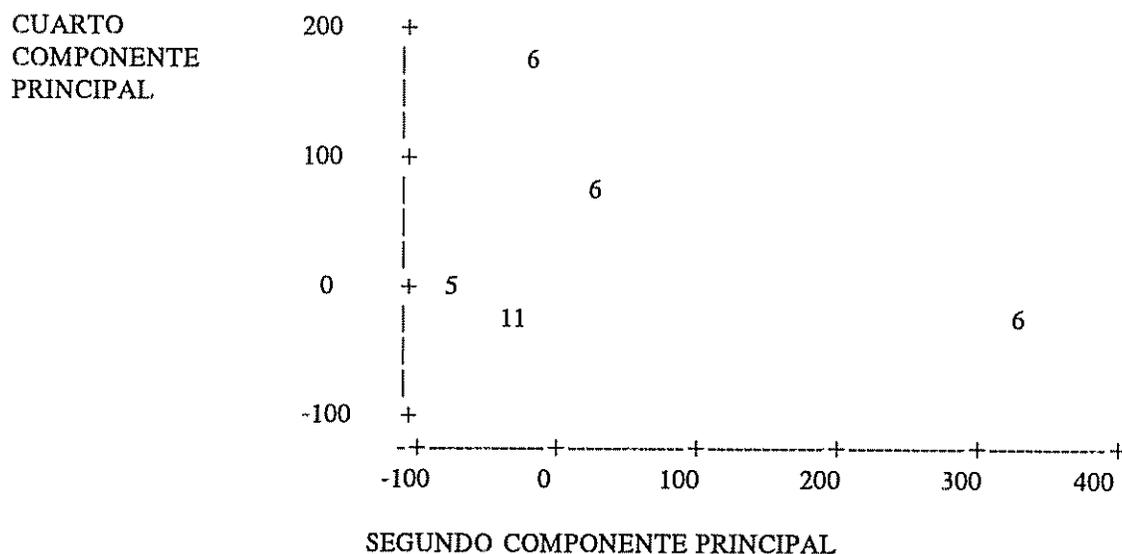
ECOSISTEMA	REP.	1º	2º	3º	4º
Guamil de bajura (1)	1	-58.3	-26.9	-20.9	-19.6
	2	-63.5	-23.5	-19.9	-16.5
	3	-65.0	-24.2	-12.0	-15.4
Guamil de ladera (2)	1	-60.2	-26.2	6.2	-19.9
	2	-59.5	-23.8	-10.9	-16.7
	3	-62.4	-22.9	-18.8	-17.7
Quemadal de bajura (3)	1	-62.4	-24.2	-21.0	-16.1
	2	-57.6	-26.9	-20.6	-18.8
	3	-62.4	-24.4	-15.5	-13.7
Quemadal de ladera (4)	1	-65.8	-23.5	-21.1	-15.4
	2	-65.1	-23.6	-20.7	-15.9
	3	-65.8	-22.8	-21.9	-14.6
Potrero de bajura (5)	1	-77.3	-29.0	-94.1	-25.0
	2	641.5	-81.5	-41.3	2.7
Potrero de ladera (6)	1	-57.9	-9.9	-28.6	170.2
	2	96.8	372.8	-17.2	-17.6
	3	-9.8	40.4	90.1	69.9

El aglutinamiento de los ecosistemas de guamil y quemadal sugiere que la densidad de las especies que los componen no explica las eventuales diferencias que existan entre ellos, es decir que estos sitios no son diferentes en términos de densidad (Cuadro 8). Los potreros de bajura son los únicos con coordenadas positivas sobre el primer eje componente principal, aunque éstos son más diferentes entre ellos que la repetición 1 con el resto de los ecosistemas. Esto refuerza la idea de que en torno a la densidad, es más importante la variabilidad dentro de ecosistemas que entre unos y otros.



NOTA: 11 observaciones ocultas.

Figura 4. Distribución de los diferentes ecosistemas a lo largo del primer y tercer ejes componentes principales.



NOTA: 11 observaciones ocultas.

Figura 5. Distribución de los diferentes ecosistemas a lo largo del segundo y cuarto ejes componentes principales.

El segundo componente principal (20,5 % de la varianza)

separa el ecosistema de potrero de ladera (Figura 5). En primera instancia estos resultados indican que, en general, no es alta la variabilidad de la densidad entre los ecosistemas de mayor edad (quemadales y guamiles).

Los ambientes con etapas sucesionales más jóvenes (potreros abandonados) se encuentran colonizados por un mayor número de especies (con promedios de 35.7 y 35.5 especies leñosas que fueron diferenciadas en ladera y en bajura respectivamente) en comparación con los ecosistemas de guamil (21.7 y 25.7 especies diferenciadas, en el mismo orden) y los de quemadal (35.7 y 24.0 especies en promedio). Sin embargo, a pesar del mayor número de especies, existe un reducido grupo que se ha propagado con mayor eficiencia, alcanzando abundancias notablemente mayores (Cuadro 4). Estas son las especies colonizadoras. Hubo especies que presentaron altos niveles de correlación positiva ($p < 0,0001$) con los ejes componentes principales revisados (Cuadro 9). Llama la atención que no corresponden precisamente a las especies de mayor densidad. Ya se expuso que los componentes principales no tienen las mismas unidades de las variables originales sino que miden la variabilidad de estas.

Un segundo análisis de componentes principales para las coberturas de los ecosistemas de guamil y quemadal no mostró diferencias notables entre los ecosistemas. Sin embargo permitió visualizar la heterogeneidad de cada ecosistema.

Las implicaciones de manejo que estén asociadas a estas características se analizarán junto con los resultados de valor forrajero y valor nutritivo.

Cuadro 9. Coeficiente de correlación para el primer eje componente principal y la densidad de especies leñosas de potreros abandonados.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	r*
Primer componente principal (Pastizal de bajura)		
<i>Thevetia ahouai</i>	Huevo de chucho	0,96
?	Quina	0,96
<i>Cordia bicolor</i>	Sombra de ternero	0,96
<i>Inga</i> sp.	Pepeto	0,96
?	Cuero de sapo	0,94
?	Quebracho	0,93
?	Limoncillo	0,92
?	Mora de montaña	0,91

* Coeficiente de correlación de Pearson ($p < .0001$).

4.2 PREFERENCIA POR OVINOS EN PASTOREO.

Los datos obtenidos confirman el potencial de explotación de este tipo de ambientes para la producción animal, pero demanda de un manejo hacia la propagación de las especies más aceptadas y con mayor valor nutritivo. La probabilidad de cada especie de "participar" en la dieta del animal (P_i), combina la aceptabilidad y la presencia en un ambiente específico. Especies como *Pouteria* sp., *Trophis racemosa*, *Bursera simaruba*, y *Ficus yoponensis* son especies aceptadas por animales en pastoreo y están presentes comúnmente en los bosques secundarios estudiados (Cuadro 10).

Cuadro 10. Índice de preferencia por ovinos en pastoreo (α_i) e importancia forrajera (P_i) de especies leñosas en bosques secundarios.

QUEMADAL DE BAJURA

ESPECIE	NOMBRE COMUN	α_i	P_i
<i>Pouteria</i> sp.	Zapotillo	0,35	0,13
?	Laurelillo	0,15	0,03
<i>Bursera simarouba</i>	Jiote	0,14	0,03
<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de león	0,09	0,29
<i>Ficus yoponensis</i>	Amate	0,02	0,29

Heliocarpus donell-smithii, Copal, Zapotillo blanco, *Pouteria* sp., *Chrysophila* sp., *Tevetia ahouai*, *Trophis racemosa*, Barajo, *Aspidosperma* sp., Cordoncillo, *Astroneum graveolens*, Julubal, Aguacatillo, Cuero de sapo y *Ardisia paschalis* tuvieron valores de α_i menores o iguales a 0,039 y valores de P_i de 0,097

GUAMIL DE BAJURA

ESPECIE	NOMBRE COMUN	α_i	P_i
<i>Trophis racemosa</i>	Ramón colorado	0,19	0,36
<i>Pouteria</i> sp.	Zapotillo	0,18	0,09
<i>Trema micrantha</i>	Capulincillo	0,17	0,08
?	Julubal	0,11	0,05
<i>Bursera simaruba</i>	Jiote	0,10	0,05
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	0,07	0,03

Chrysophila sp., *Ficus yoponensis*, Quebracho, *Hamelia patens*, Chichipince, *Dendropanax arboreus*, *Spondias mombin*, *Cecropia peltata*, Cojón, Quina, *Bucida burseras*, *Sabal morisiana*, Cafecillo, *Chrisophyllum cainito*, Aguacatillo, Limoncillo, *Cassia bicapsularis*, *Heliocarpus donell-smithii*, Cuero de sapo y Mora de montaña tuvieron valores de α_i iguales o menores de 0,045 y de P_i iguales o menores de 0,080.

QUEMADAL DE LADERA

ESPECIE	NOMBRE COMUN	α_i	P_i
<i>Chrysophila</i> sp.	Escobo	0,42	0,31
<i>Pouteria</i> sp.	Zapotillo	0,13	0,20
<i>Ficus yoponensis</i>	Amate	0,09	0,05
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco	0,07	0,15

Cordoncillo, Guayabillo, Julubal, *Vitex* sp., *Pouteria* sp., *Sabal morisiana*, *Chamaedorea* sp., *Aspidosperma* sp., Copó, Aguacatillo, Laurelillo, Copal y *Dendropanax arboreus* tuvieron valores de α_i iguales o menores de 0,062 y de P_i iguales o menores de 0,092.

Es importante destacar la cantidad de especies aceptadas por los ovinos utilizados. De un total de 105 especies leñosas detectadas en ecosistemas de bosque secundario, 42 fueron seleccionadas al menos en una ocasión. De ellas, siete tuvieron alto nivel de aceptación al menos en un sitio.

Con base en los datos de cobertura y los índices de preferencia, es posible especular acerca de los mecanismos adecuados de manejo que permitan aprovechar estos recursos. El raleo para liberar el crecimiento de las especies deseadas, la explotación de guamiles en sistemas de corte y acarreo, la conservación y acondicionamiento de bosquetes para sombra y ramoneo dentro de los potreros son estrategias que cuentan con la base de recursos naturales potencialmente útiles. Un posible manejo silvopastoril, podrá establecerse a partir del aprovechamiento racional y la propagación de las especies presentadas en este trabajo. A partir de estos recursos, el diseño de alternativas depende de las condiciones particulares del sitio y de las necesidades y posibilidades del productor. Uno de los factores que puede condicionar el aprovechamiento de los recursos es la abundancia actual. La mayoría de las especies seleccionadas eran escasas con relación al resto. Si bien no se debe descartar la posibilidad de una interacción entre la menor abundancia y un mayor valor α_i , lo cual rebasa los alcances de este experimento, es esperable que una intervención de aclareo, eliminando especies

sin interés, incrementaría el valor forrajero. Esto se logra al liberar de competencia los individuos deseados ya que el valor forrajero (P_i) está definido por el índice de preferencia (α_i) y un estimador de la abundancia.

El modelo de probabilidad de selección de Chesson, (índice de importancia forrajera), permite evaluar con base en dos parámetros las expectativas de aprovechamiento de las especies. Sin embargo es importante señalar sus limitaciones con el fin de enmarcar su uso en estudios prácticos y reemplazarlo por un instrumento más potente cuando el trabajo lo requiera. El modelo asume que no se darán cambios apreciables en la disponibilidad de forraje durante el tiempo de medición por efecto del pastoreo y sobre este supuesto se construye el estimador del índice de preferencia (α_i). En el presente estudio, se trabajó en tres sitios diferentes y no fue posible comparar los datos entre sitios, dado que la composición florística es diferente, aún cuando esto no se debió al efecto del animal. Por último, por no estar ajustado mediante parámetros fisiológicos, el modelo funciona lineal e indefinidamente. Esto produce una sobreestimación de las especies cuyo estimador de disponibilidad (cobertura) sea pequeño. Probablemente este problema se haga más evidente con animales de amplio espectro de aceptabilidad como los rumiantes menores, pues es usual que prueben al menos en una ocasión una gran cantidad de especies. En el estimador de α_i tiene el mismo valor una relación de cien bocados sobre una especie con

abundancia 50 que un evento de consumo único sobre una especie de abundancia 0,5.

4.3 DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LA MATERIA SECA Y PROTEÍNA CRUDA.

Los resultados aquí presentados, son producto de un solo muestreo, por lo tanto deben tomarse como datos preliminares, debido a la dificultad de hacer llegar al laboratorio en Turrialba, Costa Rica, una cantidad satisfactoria de muestras. Sin embargo, los trabajos realizados con follajes de árboles muestran en general menores variaciones en el tiempo en sus niveles de proteína y digestibilidad en comparación con las gramíneas (Cuadro 11).

Las experiencias con leñosas forrajeras más exitosas en Centroamérica se han tenido con *Erythrina* spp., *Morus* sp., *Hibiscus rosa-sinensis* y *Malvabiscus arboreus* como suplementos para la alimentación de caprinos y bovinos (22.7, 24.2, 19.9 y 21.0% de proteína cruda y 51.8, 89.2, 71.2 y 68.3% de DIVMS respectivamente). Algunas especies nativas como el *Cnidocolus* sp., *L. guatemalensis* y *Verbesina* sp. contienen niveles comparables en ambos parámetros. *Ficus yoponensis*, *Hamelia patens* y *Brosimum alicastrum* son también especies nutricionalmente sobresalientes ya que superan la calidad de las pasturas tropicales tradicionales, las cuales no alcanzan normalmente más de 55% de DIVMS y 8% de proteína cruda. Si estos forrajes arbóreos se comparan con alimentos balanceados

de calidad bormatológica similar, la ventaja relativa de los primeros está dada por su disponibilidad a bajo costo y el aprovechamiento de recursos ajenos al consumo humano.

Cuadro 11. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y Proteína Cruda (PC) de follajes arbóreos consumidos por ovinos en El Petén, Guatemala (% MS).

ESPECIE		Hoja DIVMS	apical P.C.	Hoja DIVMS	basal P.C.
<i>Hibiscus</i> sp.	Clavel	79,0	20,4	67,1	18,1
<i>Cnidoscolus</i> sp.	Chaya	74,3	27,1	74,8	27,1
<i>L. guatemalensis</i>	Chaperno	73,7	20,2	25,1	18,7
<i>Verbesina</i> sp.	Tora	70,8	15,9	68,0	16,0
<i>Ficus yoponensis</i>	Amate	69,9	14,6	72,6	14,6
<i>Hamelia patens</i>	Chichipince	69,6	18,5	53,7	16,4
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco	67,7	13,4	66,6	12,0
<i>Trophis racemosa</i>	R. colorado	57,7	13,4	55,3	12,3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote	54,9	17,1	53,7	14,1
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	54,3	21,2	49,2	18,4
<i>D. arboreus</i>	Mano de león	53,9	12,7	51,4	11,4
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	53,4	12,6	45,7	9,1
<i>Chrisophila</i> sp.	Escobo	48,0	17,7		
<i>Trema micrantha</i>	Capulincillo	43,3	14,6	29,1	13,6
?	Morrito	42,6	9,5	36,8	8,3
?	S. de ternero	40,0	15,5	35,0	11,4
?	Zapotillo	35,2	14,1	31,5	11,7

Los resultados de aceptabilidad y valor nutritivo obtenidos, muestran consistencia con los trabajos de identificación, caracterización y evaluación preliminar realizados en Honduras (Medina et al., 1991) y Costa Rica (Araya, 1991).

Especies como Escobo, Capulincillo, Mano de León y Zapotillo, que mostraron gran aceptabilidad durante las pruebas de pastoreo, resultaron mediocres en el laboratorio. Otras especies como Amate, Ramón Blanco y Ramón Colorado fueron altamente preferidas y también poseen aceptables cualidades

nutricionales. Estos resultados corroboran la tesis de que no existe una correlación directa entre el valor nutritivo y la aceptabilidad de los forrajes (Malechek y Provenza, 1983; Torres, 1985; Wilson, 1977).

La presencia de especies de alto valor nutritivo y buenos niveles de aceptación es un elemento básico para el mejoramiento de los sistemas pastoriles tradicionales, aunque para esto es necesario evaluar la aceptabilidad de los forrajes por bovinos. Especies como Ramón blanco, Caulote, Guarumo, Madre cacao y Chichipince son conocidas y manejadas incipientemente por los productores para suplir deficiencias de forraje en el periodo de sequía.

Es notorio el descenso en el nivel de digestibilidad (DIVMS) de *L. guatemalensis* (Cuadro 11), lo cual coincide con otras leguminosas como *Erythrina* sp., en la que las hojas pierden digestibilidad durante el crecimiento.

4.4 CONSUMO VOLUNTARIO POR OVINOS EN CORRAL.

Los mejores forrajes en términos de valor nutritivo se sometieron a pruebas de consumo en corral y agronómicas. Estas pruebas fueron diseñadas como fases finales del trabajo por ser las más costosas y complicadas. Vale la pena aclarar que algunos de los mejores forrajes como el Clavel, la Chaya o el Caulote, no se encontraron en cantidades suficientes para ser incluidos en la prueba de consumo.

Con base en los resultados de laboratorio (Cuadro 11), se seleccionaron las siguientes especies para ser sometidas a un experimento de consumo voluntario: *Ficus yoponensis* (Amate), *Lonchocarpus guatemalensis* (Chaperno), *Hamelia patens* (Chichipince), *Cecropia peltata* (Guarumo), *Spondias mombin* (Jobo), *Brosimum alicastrum* (Ramón blanco), *Trophis racemosa* (Ramón colorado), Tora, Sombra de ternero, Tabaquillo y *Pouteria* sp. (Zapotillo).

Tora, Sombra de ternero, Tabaquillo y Zapotillo se eliminaron del experimento debido a que al inicio del trabajo se observó que sus niveles de consumo en corral resultaron prácticamente nulos. Una posible explicación de este fenómeno es que los animales son sumamente selectivos, por lo que pueden recuperar las partes más aceptables de la rama, como las hojas tiernas o las puntas de las hojas. Mientras el animal se encuentra ante una gran cantidad de follaje, como en el

ensayo de pastoreo, puede ser observado frecuentemente seleccionando la misma especie. Cuando se le ofrece en corral, el animal selecciona sólo las partes con mejor sabor y rechaza el resto. Esto obligó a reiniciar el experimento sin estas especies e incorporando otra que mostró buen comportamiento durante las pruebas en pastoreo: *Dendropanax arboreus*.

Los resultados del análisis de varianza (Anexo 3) indican que los promedios de consumo de materia seca por especie (% PV) son significativamente diferentes ($p < 0.05$, Cuadro 12).

Cuadro 12. Promedios de consumo voluntario de ocho especies leñosas por ovinos en corral (materia seca como % P.V.).

ESPECIE	NOMBRE COMUN	CONSUMO*
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	2.14 ^a ±0.4
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco	2.03 ^{ab} ±0.9
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Chaperno	1.43 ^{bc} ±0.4
<i>Hamelia patens</i>	Chichipince	1.33 ^{bc} ±0.3
<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de león	1.14 ^c ±0.4
<i>Trophis racemosa</i>	Ramón colorado	1.14 ^c ±0.7
<i>Ficus yoponensis</i>	Amate	0.47 ^d ±0.2
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	0.27 ^d ±0.2

* Las letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Los promedios fueron comparados mediante la prueba de amplitud múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1989).

Las especies que presentaron mejor comportamiento en esta prueba, sobrepasan niveles de consumo del 2.0 % del peso vivo, lo cual se considera satisfactorio tratándose de un suplemento para animales en pastoreo. Las cuatro especies más

consumidas, con niveles superiores a 1.3 %, satisfacen entre 50 y 75 % de los requerimientos diarios de energía digestible para mantenimiento (1 kg de NDT = 4.409 Mcal ED). Estas mismas especies, al nivel de consumo alcanzado, satisfacen completamente los requerimientos de proteína cruda total para mantenimiento. Los consumos de las cuatro especies restantes no permiten rebasar un 35 % de las necesidades de energía y un 60 % de la proteína para mantenimiento. A pesar de sus menores niveles de consumo, estos forrajes pueden utilizarse como suplemento proteínico.

Estos resultados sugieren que dietas elaboradas con base en especies como las estudiadas en el presente experimento, pueden balancearse con ingredientes ricos en energía, que satisfagan los requerimientos para mantenimiento, ganancia de peso y/o producción de leche del animal. *B. alicastrum* es tal vez la más equilibrada en este sentido.

Es conveniente llamar la atención sobre ciertas características que pueden deprimir el consumo de una especie en corral. Durante la manipulación del follaje, en *F. yoponensis* se percibió una ligera sensación irritante al tacto, lo cual puede determinar el bajo nivel de consumo logrado. En este sentido, *S. mombin* provoca una fuerte sensación ácida.

En Costa Rica se ha practicado un método que, mediante un principio de adaptación forzada, maximiza el nivel de

consumo de forrajes de baja aceptabilidad en corral. El Guácimo o Caulote (*Guazuma ulmifolia*), en un ensayo en el que se restringía paso a paso la variedad de especies ofrecidas como suplemento de *Brachiaria ruziziensis* picado, retirando la más seleccionada, tuvo un nivel inicial de consumo del 0,2%.

Después de 28 días de adaptación alcanzó un nivel de consumo de 1,57% del peso vivo (Vallejo et al., 1992), lo cual sugiere que pueden incrementarse los niveles de consumo mediante un proceso de adaptación más prolongado.

4.5 CAPACIDAD DE GERMINACION DE ESTACAS.

Los resultados obtenidos muestran que sólo *S. mombin* presentó brotes nuevos y sobrevivió al ser plantado en forma de estacas (Cuadro 13). Esto significa una gran desventaja del resto de las especies, en términos de propagación y establecimiento en plantaciones para ser explotadas en fincas como forrajes cultivados. Esta afirmación se refiere al hecho de que las especies capaces de propagarse por medio de estacas tradicionales, pueden llegar al momento adecuado de poda más prematuramente que las que requieren propagación por medio de estacas juveniles o semillas.

C. peltata no se incluyó en este experimento debido a que su tipo de tallo, hueco, es muy propenso a la pudrición, por lo que se presupuso un fracaso en la brotación.

Cuadro 13. Brote de estacas de especies leñosas con potencial forrajero.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	No. DE ESTACAS	DIAMETRO (cm)	EXITO (%)
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	22	3,3	81,8
<i>Ficus yoponensis</i>	Amate	12	4,4	0,0
<i>L. guatemalensis</i>	Chaperno	10	5,1	0,0
<i>L. guatemalensis</i> *	Chaperno	13	3,8	0,0
<i>Hamelia erecta</i>	Chichipince	19	3,8	0,0
<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de león	19	3,8	0,0
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco	10	5,4	0,0
<i>Brosimum alicastrum</i> *	Ramón blanco	10	3,6	0,0
<i>Trophis racemosa</i>	Ramón colorado	20	4,7	0,0

* Estacas obtenidas de ramas secundarias.

El fracaso en el resto de las especies puede ser explicado, al menos parcialmente, por el estado de lignificación y crecimiento secundario que tenían las estacas utilizadas. Otros factores que se reportan como limitantes de la capacidad de enraizamiento son el contenido de carbohidratos, el contenido de nitrógeno, el potencial hídrico y la presencia de auxinas y otros reguladores del crecimiento (Leakey y Mesen, s.f.), comunes en estacas juveniles. Vale la pena mencionar que con el fin de establecer un cerco vivo, se plantaron 100 postes de *Gliricidia sepium* de donde se obtuvo una germinación del 80%. En este caso fueron más vigorosos los brotes de los postes de las laderas que los que quedaron ubicados en bajura. Por haberse realizado la siembra al principio del verano se puede sugerir que los suelos de ladera retienen mayor cantidad de agua útil que los de bajura, los cuales presentan agrietamientos muy conspicuos. El suelo de la parcela donde se estableció el ensayo de brote de estacas,

era de ladera. Collinet (1990) afirma que ambos tipos de suelos presentan niveles satisfactorios de agua útil. Sin embargo, los agrietamientos provocaron resecamiento de las raíces, disminuyendo su desarrollo y a veces nulificándolo.

4.6 GERMINACION.

Al probar el potencial de germinación de semillas bajo condiciones de almáciga, se encontró que sólo *B. alicastrum* germinó en alguna medida (Cuadro 14).

C. peltata y *H. patens* presentan semillas muy pequeñas (1 mm) en bayas indehiscentes, por lo que para obtenerlas, se abrieron frutos frescos, separando y secando las semillas que serían sembradas. El fracaso en la germinación de estas especies se puede explicar por dos razones, las cuales deben tenerse en cuenta al probar este tipo de propagación. La falta de madurez fisiológica de las semillas extraídas de frutos frescos y la necesidad de un proceso de escarificación que tal vez ocurra en el aparato digestivo de algún animal o por la putrefacción del fruto.

En el caso de *Trophis racemosa*, no hubo fructificación durante el período mencionado, sin embargo se encontraron semillas al pie de algunos árboles. La falta de germinación pudiera deberse a que las semillas hayan permanecido el tiempo suficiente a la intemperie para perder su viabilidad.

La notoria diferencia en el porcentaje de germinación de las dos clases de semilla de *B. alicastrum* pudo haber sido producida por que las semillas ya germinadas, al romper el estado de latencia son más susceptibles al medio, muriendo por pudrición o deshidratación de la raíz.

Cuadro 14. Germinación de semillas de especies con potencial forrajero.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	EPOCA DE* FRUCTIF.	No. DE SEMILLAS	EXITO (%)
<i>B. alicastrum</i> **	Ramón blanco	May-jun	200	58.0
<i>B. alicastrum</i>	Ramón blanco		200	71.5
<i>H. patens</i>	Chichipince	Todo el año	200	0.0
<i>C. peltata</i>	Guarumo	Jun-ago	200	0.0
<i>Trophis racemosa</i>	Ramón colorado	No observada	200	0.0

* Epoca en que se observaron árboles fructificando.

** Semillas que germinaron antes de ser colectadas, cuyo brote radical era ya conspicuo.

Dendropanax arboreus comenzó la etapa de floración en agosto, por lo que no pudo ser incluido en la prueba. Se observaron los primeros frutos verdes de *Ficus yoponensis* en la segunda quincena de julio. *S. mombin* después de perder todo su follaje al inicio del verano, comenzó a reverdecir a inicios de mayo y no se observaron flores ni frutos en ningún momento. *L. guatemalensis* tampoco mostró floración en el período mencionado².

²Durante los meses de marzo y abril de 1993 se observaron abundante floración y fructificación en *L. guatemalensis*.

4.7 REBROTE Y PRODUCCION DE BIOMASA.

La competencia por luz solar tuvo un efecto importante sobre la tasa de rebrote de los árboles estudiados, impidiendo probablemente que manifestaran completamente su potencial. El resultado más interesante de este trabajo fue el comprobar la capacidad de rebrote, al menos en una primera poda (Cuadro 15).

Cuadro 15. Diámetro promedio a la altura del pecho y promedio de biomasa producida en 100 días de crecimiento en condiciones naturales (gramos M.S./planta/100 días).

ESPECIE	P*	N. COMUN	No. PLANTAS	DAP (cm)	BIOMASA COMESTIBLE	BIOMASA TOTAL
<i>L. guatemalensis</i>	2	Chaperno	13	3,6	158,6	232,1 ±80,3
<i>S. mombin</i>	2	Jobo	10	3,2	151,7	204,6 ±94,6
<i>S. mombin</i>	1	Jobo	5	3,6	120,8	129,2 ±145,5
<i>D. arboreus</i>		Mano de león	14	6,6	96,0	156,3 ±121,8
<i>Ficus yoponensis</i>	2	Amate	5	8,1	53,0	72,8 ±48,9
<i>Ficus yoponensis</i>	1	Amate	5	4,4	9,5	13,0 ±21,2
<i>B. alicastrum</i>	1	Ramón blanco	21	13,8		0,0
<i>B. alicastrum</i>	2	Ramón blanco	20	8,1		0,0

* Número de parcela.

() Desviación standard del promedio de biomasa total.

En el caso de *L. guatemalensis*, *C. peltata* y *T. racemosa* se realizaron podas en árboles con diferente promedio de diámetro a la altura del pecho (DAP) para analizar el efecto en la capacidad de rebrote y producción de biomasa.

L. guatemalensis y *C. peltata* mostraron un incremento en biomasa significativo ($p < 0.0001$) y proporcional al incremento

en el DAP inicial en una poda a 100 días. Este resultado debe ser considerado al establecer nuevos ensayos de mayor cobertura temporal. *T. racemosa* mostró una relación significativa ($p < 0.008$) entre el DAP inicial y la producción de biomasa, sin embargo el efecto del DAP inicial sobre la producción de biomasa es mínimo (Cuadro 16).

Cuadro 16. Efecto del diámetro a la altura del pecho sobre la producción de biomasa de una poda en condiciones de crecimiento natural.

ESPECIE	NOMBRE COMUN	COEFICIENTE DE REGRESION	Pr>F	R ² *
<i>C. peltata</i>	Guarumo	18.5	0.0001	0.84
<i>L. guatemalensis</i>	Chaperno	40.1	0.0001	0.63
<i>T. racemosa</i>	Ramón colorado	1.9	0.0082	0.17

Pr>F Nivel de significancia estadística.

* Coeficiente de determinación.

En el caso de *H. patens* se eligieron individuos presentes en un guamil de seis meses; su porte era de alrededor de 80 cm y fueron podados completamente, dejando de dos a siete tallos a 39 cm de altura en promedio (Cuadro 17).

El análisis de varianza no mostró efectos significativos del número de ramas en la producción de biomasa de *H. patens* en crecimiento natural, sin embargo se notó una ligera tendencia positiva.

Los datos presentados no pueden ser comparados entre especies, debido a que pertenecen a parcelas diferentes. Las dos parcelas de *Ficus yoponensis* se encontraban en un quema-

dal a borde de brecha. La de *L. guatemalensis*, *C. peltata*, *S. mombin* y *D. arboreus*, estaban en guamiles de uno a dos años de edad. *B. alicastrum* y *T. racemosa* se estudiaron en quemadales con escasa incidencia de luz directa. *H. patens* se trabajó en un guamil muy reciente, con plena incidencia de luz solar directa. En todos los casos a excepción de *H. patens*, la poda se hizo entre los 151 y 203 cm de altura y en las parcelas ubicadas en quemadales sólo se eliminaron los árboles pequeños, que compitieran por luz con el individuo estudiado.

Cuadro 17. Biomasa producida después de una poda total en *H. patens* en condiciones de crecimiento natural (gramos M.S./planta/100 días).

No. DE PLANTAS	No. DE PIES*	HOJA	TALLO TIERNO	TALLO LEÑOSO	BIOMASA TOTAL
3	2	47,2	14,1	39,3	100,6±38,1
7	3	113,6	33,9	94,7	242,3±115,8
8	4	113,4	33,9	94,6	241,8±111,9
9	5	117,5	35,1	98,0	250,6±91,4
4	6	104,9	31,3	87,4	223,6±97,0
5	7	161,6	48,3	134,8	344,7±56,5

* Cantidad de guías de la misma mata que fueron dejadas al momento de la poda inicial.

El resultado más importante de este experimento es que se comprobó la capacidad de rebrote que presentaron todas las especies. Los pobres resultados en producción de biomasa no deben asumirse de manera concluyente ya que la competencia por luz solar y nutrimentos afectó notablemente todas las parcelas, excepto la de *Hamelia patens*.

Los resultados obtenidos están limitados para su interpretación por la falta de control sobre la competencia, sin embargo, Medina et al. (1991) con una metodología similar pero con menor competencia por luz solar, obtuvo rendimientos entre 375 y 3 375 g en 90 días (promedio de cuatro podas) con siete leguminosas, *G. ulmifolia* y *Cordia dentata* en crecimiento natural. Estos resultados superan notablemente los obtenidos en el presente trabajo. Los niveles de producción de *H. patens* y *L. guatemalensis* son los más promisorios.

4.8 DISCUSION SOBRE LOS RESULTADOS Y LA METODOLOGIA.

4.8.1 VALOR FORRAJERO

Cecropia peltata es una especie muy abundante y bien distribuida en bosques secundarios, representa una buena alternativa para ser manejada como suplemento del pastoreo en épocas de escasez; a pesar de su bajo nivel de DIVMS.

Brosimum alicastrum es una especie abundante y de satisfactorio valor nutricional, además tiene aceptación por animales tanto en corral como en pastoreo. Ha sido utilizada tradicionalmente por los chicleros para alimentar sus bestias dentro del bosque; son también conocidos sus usos en la dieta humana. Los productores están interesados en manejar esta especie para suplementar su ganado. Es necesario conocer formas de propagación vegetativa que permitan su explotación

en forma intensiva. Al parecer, su principal desventaja es la mínima capacidad de rebrote.

Con respecto a las cuatro especies que alcanzaron niveles de consumo intermedios, *Lonchocarpus guatemalensis* y *Hamelia patens* tienen valores nutritivos notables (DIVMS de las hojas tiernas mayores de 69 % y Proteína Cruda mayores de 18 %). *Trophis racemosa* y *Dendropanax arboreus*, presentan niveles de consumo en corral similares a las dos primeras, sin embargo su valor nutritivo es menor. La abundancia en ciertos ecosistemas y la aceptabilidad en pastoreo de esta especie las puede convertir en elementos útiles en la planificación de sistemas silvopastoriles.

Ficus yoponensis no alcanzó niveles de consumo satisfactorios en corral a pesar de su buen valor nutritivo (DIVMS > 69 %). En cambio, se comprobó que al cortar ramas y ofrecerlas a animales en pastoreo en el bosque, fue una especie consistentemente seleccionada, lo cual sugiere que el animal selecciona una fracción específica del follaje. Pruebas con periodos largos de adaptación a follajes de baja aceptabilidad, han logrado incrementos en el nivel de consumo al reducir la diversidad de la dieta (Vallejo, 1992). Por otro lado, se ha hablado del efecto irritante, el cual puede ser más intenso en la fracción rechazada. Ofrece más interés, por lo tanto, explorar su potencial de manejo dentro del bosque, que como especie cultivada.

Spondias mombin es una especie importante en los bosques secundarios de El Petén, sin embargo no tiene un valor nutricional satisfactorio. Su aptitud para reproducirse vegetativamente y el reverdecimiento en verano, son características interesantes para su manejo silvopastoril. Tanto en *F. yoponensis* como en esta especie se puede esperar un mayor nivel de consumo a través de un mayor período de acostumbramiento.

4.8.2 METODOLOGIA UTILIZADA

La aplicación de procedimientos de evaluación a corto plazo para la identificación de recursos del bosque es ampliamente eficiente en cuanto a la cantidad y calidad de la información que se puede generar. Es decir que a un costo relativamente bajo, es posible valorar especies relativamente desconocidas.

Con base en este tipo de evaluaciones es posible desarrollar proyectos de investigación más específicos, con menor margen de riesgo y de esta forma hacer más eficiente la asignación de recursos. Las ventajas percibidas en la metodología utilizada fueron:

- Produce información sobre una gran cantidad de especies simultáneamente,

- Aplica diversas técnicas con una secuencia flexible en el tiempo, lo cual permite acondicionarla al tiempo y a la operatividad del equipo de trabajo,
- Es una metodología extrapolable a diferentes condiciones ecológicas.

La aplicación de esta metodología en períodos reducidos presenta las siguientes limitaciones:

- El tiempo disponible para realizar el trabajo y la carencia de infraestructura limitaron la posibilidad de incrementar el número de repeticiones en los diferentes ensayos,
- Debido a la amplia variedad de estudios y evaluaciones realizados, se requiere de una capacitación teórica y práctica previa para el investigador y el equipo de trabajo.

De cualquier manera, es recomendable tener en cuenta que:

- Dada la estacionalidad de algunas variables, se requiere de la realización de muestreos al menos para la época seca y la época de lluvias,

- La variedad de follajes seleccionados en pastoreo sólo es confiable cuando es ofrecido a animales de la misma especie y bajo condiciones similares.

V. CONCLUSIONES

- a) Los bosques secundarios de El Petén, son comunidades vegetales complejas, donde se pueden encontrar desde veinte hasta cuarenta o más especies leñosas diferentes en un sitio, encontrándose más variabilidad dentro de cada ecosistema que entre unos y otros.
- b) Todos los ecosistemas estudiados tienen potencial para ser utilizados como fuente de forraje.
- c) Las especies más consumidas por ovinos en pastoreo dentro del bosque coinciden frecuentemente con las más importantes ecológicamente en algunos de los sitios estudiados.
- d) Existen especies leñosas en los bosques secundarios que por su abundancia, aceptabilidad y valor nutritivo, tienen potencial para su aprovechamiento en sistemas de producción animal intensivos con rumiantes menores.
- e) Algunas de las especies existentes, como *B. alicastrum* y *L. guatemalensis*, por sus cualidades nutricionales y gustosidad pueden ser aprovechadas dentro de un sistema de manejo silvopastoril, por medio del cual se mejoren las técnicas actuales de crianza de bovinos bajo pastoreo extensivo.

VI. RECOMENDACIONES

- a) Concentrar futuros esfuerzos de investigación en las especies que fueron identificadas como más promisorias para la producción de forraje, por su valor nutritivo y aceptabilidad.
- b) Continuar con la evaluación de *B. alicastrum*, *L. guatemalensis*, *H. patens*, *D. arboreus*, *F. yoponensis*, *S. mombin* y *T. racemosa* mediante la metodología de investigación en árboles forrajeros del CATIE realizando estudios que determinen con más precisión el potencial productivo, posibilidades de propagación, respuesta animal, requerimientos de fertilización, la posible presencia de sustancias tóxicas y el estudio de la fenología de cada especie.
- c) Continuar realizando evaluaciones preliminares de valor forrajero de especies leñosas en comunidades vegetales de bosque secundario, dando especial importancia a la preferencia animal.
- d) Al aplicar una metodología de evaluación bajo condiciones similares a las de El Petén, es conveniente contar con los siguientes materiales e instalaciones:
 - estufa de amplias dimensiones (1.0 - 1.5 m²) para el secado de muestras, la cual puede funcionar con leña,

- corraletas individuales para pruebas de respuesta animal,
 - un rebaño homogéneo de al menos ocho animales secos y vacíos.
- e) En las pruebas agronómicas se recomienda aplicar técnicas de propagación con estacas juveniles.
- f) Realizar muestreos estacionales para el estudio de estructura de la vegetación, la preferencia en pastoreo y la determinación de digestibilidad de la materia seca y contenido de proteína.
- g) En las pruebas de pastoreo y respuesta animal, se deben utilizar animales de la misma especie que se piense explotar con fines productivos.
- h) Capacitar previamente al personal que colaborará en la investigación.
- i) Dadas las condiciones ecológicas y la presencia de una ganadería bovina extensiva, es recomendable evaluar la factibilidad de mejorar dicho sistema a través de prácticas silvopastoriles con base en los forrajes nativos identificados, ya sea introduciéndolos en los potreros, protegiéndolos durante las prácticas de limpia de potreros o

abriendo al pastoreo áreas de barbecho, manejadas para favorecer las especies leñosas forrajeras.

- j) Otra variante de gran potencial que debe ser probada en la zona de estudio es el sistema de corte y acarreo para la producción de leche con caprinos, en módulos intensivos a pequeña escala. Este tipo de explotación resulta muy recomendable dada la abundancia natural del recurso durante todo el año, el tipo de productor predominante, en el sentido de la satisfacción que puede generar la leche en el nivel nutricional de la familia y en la complementariedad del trabajo familiar propia de la economía campesina.

VII. LITERATURA CITADA

- AGUILAR, I. 1946. Forrajes y plantas forrajeras. México, D.F. Méx. Ediciones Agrícolas Trucco. p. 295-310.
- ARAYA, J. 1991. Identificación y caracterización de especies de árboles y arbustos con potencial forrajero en la región de Puriscal, C.R. In Seminario Internacional de Investigación en Cabras (1, 1991, F. Morazán, Honduras), El Zamorano, F. Morazán, Honduras. 8 p.
- BEGON, M.; HARPER, J.; TOWNSEND, C. 1986. Ecology. Individuals, populations and communities. London, G. B. Blackwell Scientific Publications. p. 521-522
- BENAVIDES, J. 1983. Investigación en árboles forrajeros. In Curso corto intensivo "Técnicas Agroforestales" (1983, Turrialba, C.R.) Turrialba, C.R, CATIE. 28 p.
- BENAVIDES, J. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras, en América Central: un enfoque agroforestal. El Chasqui 25:6-35.
- BENAVIDES, J. 1992. Agroforestería y alimentación de cabras en América Central. In Taller sobre sistemas silvopastoriles (1992, Vilcabamba, Ec.). Memorias. s.h.t. sin publicar.
- BENAVIDES, J.; LACHAUX, M. 1992. Resultados preliminares sobre el efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de morera (*Morus* sp.) In Seminario Nacional de Caprinocultura; Seminario Centroamericano de Agroforestería con Rumiantes Menores (2., 1992;1., 1992, Esquipulas, Gua.). Memorias. s.n.t. 20 p. sin publicar.

- BLAIR, G. 1989. The diversity and potential value of shrubs and tree fodders. In Shrub and tree fodders for farm animals. (1989, Denpasar, Indonesia). Proceedings of a workshop. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., International Development Research Center. p. 2-11.
- BREWBAKER, J.; HYLIN, J. 1965. Variations in mimosine content among *Leucaena* species and related Mimosaceae. Crop Science (EE.UU.) 5:348-349.
- BRONSTEIN, G. 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodon plectostachyus*, asociada con árboles de *Cordia alliodora*, con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Thesis Mg. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. p.62.
- CASTRO, A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides* suplementadas con diferentes niveles de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y de fruto de Banano verde (*Musa* sp. CV "pelipita"). Thesis Mg. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p. 24-26.
- CALUB, B. 1991. Evaluation of local multipurpose trees for fodder production. In Research on multipurpose tree species in Asia. (1991, Los Baños, Philippines) Proceedings of a workshop held. Ed. by Taylor, D. and Mc-Dicken. Bangkok, Thailand. Winrock International Institute of Agricultural Development. p. 24-33.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA.
PROYECTO CONSERVACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN CENTROAMERICA. 1992. Pautas para un plan de desarrollo sostenible en un área de uso múltiple de la reserva de la biosfera Maya. CATIE. Serie técnica. Informe técnico No. 119.

- COLLINET, J. 1990. Diagnósticos, potencialidades y factores limitantes de algunos sistemas de suelos representativos de la zona de estudio Biotopo San Miguel la Palotada, El Petén, Guatemala. (Informe de Consultría, 2. pt.) Turrialba, C. R. CATIE. 27 p.
- CURTIS, J.; McINTOSH, R. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* (EE.UU.) 31(3):434-450.
- CHESSON, J. 1983. The estimation and analysis of preference and its relationship to foraging models. *Ecology* (EE.-UU.) 64(5):1297-1304.
- DEVENDRA, C. 1989. The use of shrubs and tree fodders by ruminants. *In* Shrub and tree fodders for farm animals. (1989, Denpasar, Indonesia). Proceedings of a workshop. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., International Development Research Center. p. 42-60.
- FINEGAN, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques tropicales húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico. No. 188. p. 11.
- GOMEZ-POMPA, A.; RICO, V. 1976. Estudio de las primeras etapas sucesionales de una selva alta perennifolia en Veracruz, México. *In* Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Ed. por Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, C., Del Amo, S. y Butanda, A. México, D.F., Méx., Continental. p. 641-671.
- GRIEG-SMITH, P. 1983. Quantitative plant ecology. s.l., Blackwell Scientific Publications. 359 p. (Studies in Ecology No. 9).

REUNION TECNICA SOBRE TIPIFICACION DE EMPRESAS AGROPECUARIAS. (1977, MOTEVIDEO, URU.) 1977. Ed. por H. Cohan. Montevideo, Uru., IICA. p. 12-22.

IVORY, D. 1989. Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. In Shrub and tree fodders for farm animals. (1989, Denpasar, Indonesia). Proceedings of a workshop. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., International Development Research Center. p. 22-38.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. 1982. Applied multivariate statistical analysis. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall, Inc. p. 361-364.

JONES, R.; BLINT, C.; NURNBERG, B. 1978. The effect of iodine and mineral supplements on penned steers feed a sole diet of *Leucaena*. Australian Veterinary Journal (Australia) 54:387-392.

KIRA, T.; KUMURA, A. 1983. Dry matter production and efficiency in various types of plant canopies. In Plant research and agroforestry. P. Ed. by Huxley. ICRAF. 347-364.

LEAKEY, R; MESEN, F. s.f. Métodos de propagación vegetativa en árboles tropicales: enraizamiento de estacas suculentas. Manual de mejoramiento genético forestal (cap. 10). Ed. por J. Cornelius, F. Mesen y E. Corea. Turrialba, C.R. CATIE. p. 117.

LEONARD, H. 1986. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central. Un perfil ambiental regional. Trad. por G. Budowsky; T. Maldonado. Sn. José, C. R. Instituto Internacional para el Ambiente y el Desarrollo/Earth-

scan. p. 112.

- LIBREROS, H. 1990. Efecto de depositar en el suelo material de poda de Poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y la calidad de la biomasa de King grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) establecidos en asocio. Thesis Mg. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. p.
- LUNDELL, C. 1937. The vegetation of Peten. Studies of Mexican and Central America plants I. Carnegie Institution of Washington. Washington, D. C. 244 p.
- MALECHEK, J.; PROVENZA, F. 1983. Comportamiento alimentario y nutrición del ganado caprino en pastizales. Revista Mundial de Zootecnia. 47:38-48.
- MARTINEZ, H. 1983. Comportamiento inicial de tres leguminosas plantadas para producción de forraje y leña, asociadas inicialmente con maíz, en La Nueva Concepción, Guatemala. In Curso corto agroforestal. (1983, Turrialba, C.R.). Turrialba, C.R., CATIE. p. 114-121.
- MATECUCCI, S.; COLMA, A. 1982. Metodologías para el estudio e la vegetación. Secretaría General de la OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- MEDINA, J.; ROUYER, B.; TEJADA, M.; LAYUS, M.; BOIRON, B. 1991. Evaluación preliminar de producción de biomasa de nueve especies de árboles en plantaciones naturales. In Seminario Internacional de Investigación en Cabras (1, 1991, F. Morazán, Honduras), El Zamorano, F. Morazán, Honduras. 9 p.

- MENDIZABAL, G. 1991. Utilización del follaje de plantas silvestres en la alimentación de rumiantes en el Altiplano occidental de Guatemala. *In* Seminario Internacional de Investigación en Cabras (1, 1991, F. Morazán, Honduras), El Zamorano, F. Morazán, Honduras. 18 p.
- MORRISON, D. 1976. Multivariate statistical methods. McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. McGraw-Hill Books Company. p. 271.
- PEZO, D.; KASS, M.; BENAVIDES, J.; ROMERO, F.; CHAVEZ C. 1989. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. *In* Shrub and tree fodders for farm animals. (1989, Denpasar, Indonesia). Proceedings of a workshop. Ed. by C. Devendra. Ottawa, Can., International Development Research Center. p. 163-175.
- PIEPER, R. 1978. Measurement techniques for herbaceous and shrubby vegetation. Las Cruces, N. M., EE.UU., New Mexico State Univ. 148 p.
- PINEDA, O. 1986. Utilización del follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) en la alimentación de terneros de lechería. Thesis Mg.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p. 37-46.
- PINEDA, O. 1988. Identificación y evaluación de follajes arbóreos en la región de Las Verapaces, potencialmente útiles para la alimentación de rumiantes. Centro Universitario del Norte, Cobán, Gua. USAC. 26 p.
- RODRIGUEZ, R. 1985. Producción de biomasa de Poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) intercalados, en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del Poró. Thesis Mg. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. p. 19.

- RODRIGUEZ, Z. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con dos especies de leguminosas forrajeras arbóreas: Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Madero negro (*Gliricidia sepium*) suplementadas con plátano Pelipita (*Musa* sp. CV. "pelipita"). Tesis I.A.Z. San José, C.R., Univ. de Costa Rica. p. 51.
- ROJAS, H.; BENAVIDES, J. 1992. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de morera (*Morus* sp.) In Seminario Nacional de Caprinocultura; Seminario Centroamericano de Agroforestería con Rumiantes Menores (2., 1992;1., 1992, Esquipulas, Gua.). Memorias. s.n.t. 18 p. sin publicar.
- RUSSO, R. 1984. Studies on *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook, a versatile tree in Costa Rican farms. Thesis Ph. D. New Orleans, La., EE.UU. Southeastern University. p. 87.
- STEEL, R; TORRIE, J. 1989. Bioestadística. Principios y procedimientos. México, D.F., Méx. MacGraw-Hill. p. 181-182.
- TILLEY, J.;TERRY, R. 1963. A two stages technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. of the British Grassland Society. (G.B.) 18:104-111.
- TOLEDO, M.V.M. 1976. El ejido y la selva tropical húmeda: Una contradicción económica y social. In Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Ed. por Gómez-Pompa, A., Vázquez-Yanes, C., Del Amo, S. y Butanda, A. México, D.F., Méx., Continental. p. 641-671.

- TORRES, F. 1985. El papel de las leñosas perennes en los sistemas silvopastoriles. INFORAT. Turrialba, C. R. CATIE. 121 p.
- VALENCIA, I. 1991. El potencial forrajero de algunas especies leñosas adaptables en la sierra ecuatoriana. Reporte preparado para el Proyecto de Apoyo al Sector Forestal. Subsecretaría Forestal y de Recursos Naturales, MAG, s.l., Ec. DESFIL. 13 p.
- VALLEJO, M.; LAPOYADE, N.; BENAVIDES, J. 1992. Evaluación de la aceptabilidad de forrajes arbóreos por cabras estabuladas en puriscal, Costa Rica. In Seminario Nacional de Caprinocultura; Seminario Centroamericano de Agroforestería con Rumiantes Menores (2., 1992; 1., 1992, Esquipulas, Gua.). Memorias. s.n.t. 13 p. sin publicar.
- VAN SOEST, P. 1964. Symposium on nutrition and forage and pastures: new chemical procedures for evaluating forages. Journal of Animal Science. (EE.UU.) 23:838-845.
- VAN SOEST, P. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. Journal of Animal Science (EE.UU.) 24:834-843.
- VARGAS, A. 1987. Evaluación del forraje de Poró (*Erythrina coccleata*) como suplemento proteico para toretes en pastoreo. Thesis Mg. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. p. 62.
- WILSON, A.D. 1977. The digestibility and voluntary intake of the leaves of trees and shrubs by sheep and goats. Australian Journal of Agricultural Research (Australia). 28:501-508.

ANEXOS

- ANEXO 1 -

PROCEDIMIENTO APLICADO PARA LA DETERMINACION DEL TAMAÑO OPTIMO DE PARCELA EN EL ESTUDIO DE VALOR DE IMPORTANCIA ECOLOGICA EN POTREROS ABANDONADOS.

Hyder *et al.* (1963), citado por Pieper (1987) encontró que la ganancia en nuevas especies, en relación al tamaño de la unidad muestral, decrece al aumentar el tamaño del marco y concluye que el marco de tamaño óptimo es aquel en que la función entre el tamaño de parcela y el promedio de especies por parcela comienza a decrecer (a lo que llama punto tangencial). Bajo este principio, se aplicó la metodología de duplicación secuencial de la parcela muestral, disponiendo las nuevas parcelas alrededor de las anteriores en forma de espiral.

Los datos levantados mediante este procedimiento provienen de dos parcelas promediadas, en las que la suma de las subparcelas menores se tomo como una repetición, por lo que los datos son el promedio de cuatro repeticiones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de especies presentes en un ecosistema de pastizal abandonado según tamaño de la parcela.

PARCELA	TAMAÑO (m ²)	(%) DE ESPECIES
I	16	14.96
II	32	21.12
III	64	23.64
IV	128	38.93
V	256	53.44
VI	512	63.10
VII	1024	77.91
VIII	2048	100.00

Se encontró que el modelo de regresión de "crecimiento exponencial negativo" fue el que mejor describía el comportamiento de la relación número de especies (como porcentaje del total de especies encontradas) vs. tamaño de parcela.

$$y=75.82*(1-\exp(-0.005x)) \quad (r^2 = 0.88)$$

En este caso la curva se vuelve asintótica en 75.36%, lo que se considera satisfactorio, por lo que teóricamente, el tamaño óptimo de parcela es de 842.7 m² para un porcentaje de recuperación del 70.0%.

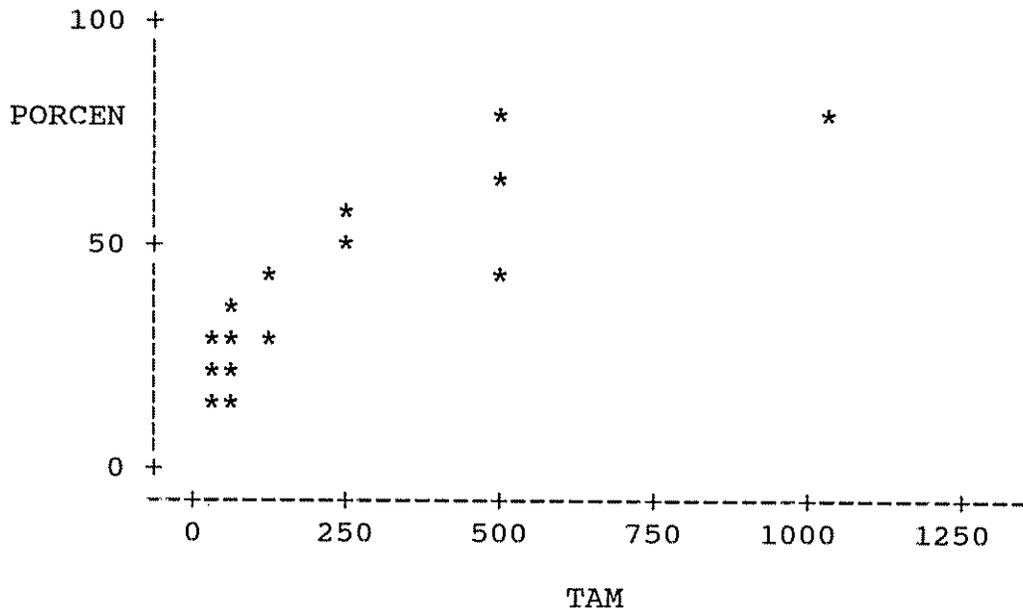


Figura 1. Porcentaje de especies encontradas por tamaño de parcela por el método de duplicación de parcelas para determinación del tamaño óptimo de unidad muestral.

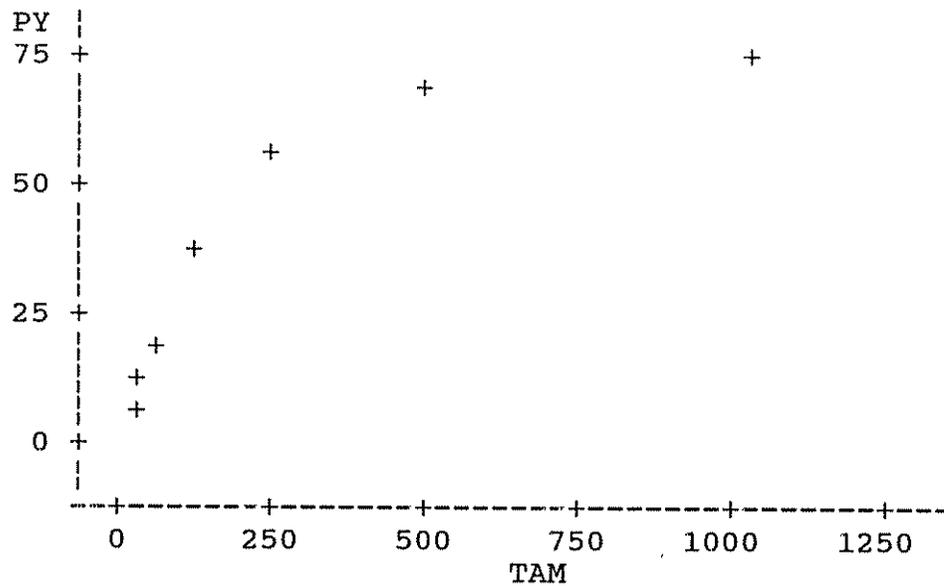


Figura 2. Curva de valores predichos por el modelo para tamaño óptimo de parcela.

En la Figura 1 se observa que la tendencia en la aparición de nuevas especies es a disminuir a medida que aumenta el tamaño de la unidad muestral, por lo que el tamaño de la parcela puede representarse como una función del porcentaje de especies que se desea recuperar durante el muestreo.

- ANEXO 2-

LISTA DE NOMBRES COMUNES, NOMBRES TECNICOS Y FAMILIAS DE LA FLORA ARBORESCENTE ENCONTRADA EN LOS BOSQUES SECUNDARIOS DEL AREA DEMOSTRATIVA DEL PROYECTO CATIE-OLAFO GUATEMALA.

NOMBRE COMUN	NOMBRE TECNICO	FAMILIA
Jobo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae
Jobillo	<i>Astroneum graveolens</i>	Anacardiaceae
Anonillo		Anonaceae
Cojón		Apocynaceae
Malerio blanco	<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae
Malerio colorado	<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae
Huevo de chucho	<i>Thevetia ahouai</i>	Apocynaceae
Mano de león	<i>Dendropanax arboreus</i>	Araliaceae
Escobo	<i>Chrysophila</i> sp.	Arecaceae
Guano macho	<i>Sabal mexicana</i>	Arecaceae
Guano hembra	<i>Sabal morisiana</i>	Arecaceae
Sombra de ternero	<i>Cordia bicolor</i>	Boraginaceae
Jiote	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
Frijolillo	<i>Cassia bicapsularis</i>	Caesalpiaceae
Pucté	<i>Bucida buceras</i>	Combretaceae
Chechén blanco	<i>Sesbania longicuspis</i>	Euphorbiaceae
Santa María	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guttiferae
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
Chaltecoco	<i>Trichilia</i> sp.	Meliaceae
Ixcanal	<i>Acacia</i> sp.	Mimosaceae
Sare	<i>Acacia</i> sp.	Mimosaceae
Pepeto	<i>Inga</i> sp.	Mimosaceae
Pimienta	<i>Pimenta dioica</i>	Myrtaceae
Ramón blanco	<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Moraceae
Amate	<i>Ficus yoponensis</i>	Moraceae
Chimón	<i>Ficus</i> sp.	Moraceae
Matapalo	<i>Ficus</i> sp.	Moraceae
Manax	<i>Pseudolmedia</i> sp.	Moraceae
Ramón colorado	<i>Trophis racemosa</i>	Moraceae
Morrito	<i>Ardisia paschalis</i>	Myrsinaceae
Quebracho		Oleaceae
Cuero de sapo		Papilionaceae
Pito	<i>Erythrina</i> sp.	Papilionaceae
Chaperno	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Papilionaceae
Palo de zope	<i>Vatairea lundellii</i>	Papilionaceae
Son	<i>Alseis yucatanensis</i>	Rubiaceae
Testap	<i>Guettardia combsii</i>	Rubiaceae
Chichipince	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae
Puntero	<i>Sickingia salvadorensis</i>	Rubiaceae
Cola de pava	<i>Cupania glabra</i>	Sapindaceae

(Continuación) LISTA DE NOMBRES COMUNES, NOMBRES TECNICOS Y FAMILIAS DE LA FLORA ARBORESCENTE ENCONTRADA EN LOS BOSQUES SECUNDARIOS DEL AREA DEMOSTRATIVA DEL PROYECTO CATIE-OLAFO GUATEMALA.

NOMBRE COMUN	NOMBRE TECNICO	FAMILIA
Coloc	Talisia floresii	Sapindaceae
Zapotillo n.		Sapotaceae
Caimito	Chrysophyllum sp.	Sapotaceae
Chicozapote	Manilkara sp.	Sapotaceae
Tempisque	Mastichodendron sp.	Sapotaceae
Silillón	Pouteria sp.	Sapotaceae
Zapotillo	Pouteria sp.	Sapotaceae
Pasac	Simarouba glauca	Simarubaceae
Caulote	Guazuma ulmifolia	Sterculiaceae
Majagua		Tiliaceae
Mecate		Tiliaceae
Capulincillo	Trema micrantha	Ulmaceae
Cinco negritos	Lantana camara	Verbenaceae
Yaxnic	Vitex gaumeri	Verbenaceae
Zol	Vitex sp.	Verbenaceae

Anexo 3. Análisis de varianza para el experimento de consumo voluntario de ocho especies leñosas, como suplemento al pastoreo.

FUENTE	G.L.	CUADRADOS MEDIOS	Pr>F
ANIMAL	7	0.03874	0.1736
PERIODO	4	0.02001	0.5054
TRATAMIENTO	7	0.25504	0.0001